

Mars  
2013



*Les filières industrielles  
stratégiques de l'économie*

*verte : enjeux et perspectives*

**Collection « RéférenceS » de la Délégation au développement durable (DDD) du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD)**

Titre du document : Les filières industrielles stratégiques de l'économie verte : enjeux et perspectives

Directeur de la publication : Jean-Paul Albertini, Commissaire Général au Développement Durable

Rédacteur en chef : Catherine Larrieu (CGDD / DDD)

Coordination éditoriale : Alain Griot (CGDD / DRI)

Maquette-réalisation : DDD

Date de publication : Mars 2013

L'élaboration de ce rapport a été pilotée par une équipe-projet, coordonnée par le CGDD (direction de projet : DDD ; conduite de projet : DRI) et associant les services suivants :

- Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie (MEDDE) : CGDD (DDD, DRI, SEEIDD), DGEC (DE, SC), DGPR, DGALN (DEB, DHUP), DGITM
- Ministère du Redressement Productif (MRP) : DGCIS

Ce rapport met à la disposition de l'ensemble des acteurs du secteur une analyse actualisée des filières industrielles stratégiques de l'économie verte, notamment au regard de leur positionnement dans le contexte concurrentiel international. Il constitue une base de travail et d'échanges pour la définition de priorités partagées pour le développement de ces filières.

## Objectifs de l'étude et éléments de méthode

La France se trouve aujourd'hui confrontée au défi de la croissance, dans un environnement économique difficile et un contexte de concurrence internationale accrue avec notamment la montée en puissance des économies émergentes. Face à ces défis, la France s'est engagée dans la transition de son modèle économique vers une « économie verte et équitable »<sup>1</sup>, qui peut être définie comme une économie entraînant « une amélioration du bien-être humain et de l'équité sociale tout en réduisant de manière significative les risques environnementaux et la pénurie de ressources »<sup>2</sup>. Dans ce contexte, le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, en lien avec le Ministère en charge de l'Industrie, a initié en 2009 une consultation publique sur le développement de 18 filières industrielles stratégiques de l'économie verte, porteuses de croissance et d'emplois. L'étude issue de cette démarche a été publiée en mars 2010. Ces travaux ont contribué à différentes initiatives, dont notamment l'élaboration par le comité d'orientation stratégique des éco-industries (COSEI) d'une feuille de route « Ambition Ecotech ». Ils ont plus largement contribué à l'orientation de politiques publiques telles que le programme des investissements d'avenir.

Depuis 2009, de nombreux éléments ont fait évoluer le potentiel de développement de ces filières :

- ▶ Les évolutions des marchés mondiaux (crise économique, développement des pays émergents,...),
- ▶ La modification des dispositifs réglementaires et tarifaires encadrant le développement de ces filières (en France ou en Europe),
- ▶ Les modifications des dispositifs de soutien et d'accompagnement au déploiement des filières,
- ▶ La restructuration et la concentration de certains secteurs industriels,
- ▶ L'émergence de nouveaux entrants,
- ▶ Les évolutions technologiques,
- ▶ Les pressions accrues sur les ressources en matières premières, etc.

A titre d'exemple, le positionnement des acteurs industriels français a ainsi fortement évolué depuis 2009 dans plusieurs domaines tels que l'éolien offshore (structuration des acteurs, création de consortiums dans le cadre d'appels d'offres...), le solaire (faillites et restructuration d'entreprises, prises de participation et émergence de nouveaux acteurs sur le solaire CPV...), la chimie verte (implication croissante des industriels ...) ou les matériaux biosourcés (augmentation des applications des matériaux composites dans le bâtiment, dynamique industrielle sur les biopolymères...).

Suite aux multiples évolutions enregistrées depuis trois ans, le Ministère en charge de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE) a souhaité réactualiser et compléter l'étude publiée en mars 2010 afin de mettre à la disposition de l'ensemble des acteurs du secteur une nouvelle analyse des filières industrielles stratégiques de l'économie verte, notamment au regard de leur positionnement dans le contexte concurrentiel international. Une mission d'appui à la réalisation de l'étude a été confiée, suite à un appel d'offres, à un prestataire externe (Ernst & Young), notamment pour enrichir les éléments d'analyse et de positionnement dans un contexte international. Les travaux, réalisés au 2<sup>ème</sup> semestre 2012, se sont appuyés sur une exploitation de la bibliographie existante sur ces filières stratégiques ainsi que sur la conduite d'entretiens ciblés avec des acteurs institutionnels, des experts et des entreprises des secteurs concernés.

Sur la base des classifications de l'OCDE (1999) et des travaux conduits par la Commission européenne, les 19 filières de l'étude peuvent être regroupées selon trois catégories principales :

- ▶ **Production d'énergie à partir de sources renouvelables** : Biocarburants, Biomasse énergie, Energies marines<sup>3</sup>, Eolien<sup>4</sup>, Géothermie, Solaire
- ▶ **Filières d'optimisation des consommations de ressources naturelles** : Bâtiment à faible impact environnemental, Chimie verte, Hydrogène et piles à combustibles, Logistique et gestion de flux, Matériaux biosourcés, Optimisation des procédés industriels, Réseaux énergétiques intelligents, Stockage de l'énergie et batteries, Véhicule décarboné
- ▶ **Gestion du cycle de vie des ressources naturelles** : Captage, stockage et valorisation du CO<sub>2</sub>, Eau, assainissement et génie écologique, Métrologie et instrumentation, Recyclage et valorisation des déchets

Ce rapport de synthèse présente de manière transversale les principales évolutions enregistrées depuis trois ans, ainsi que le positionnement des acteurs français dans une perspective internationale. Il comporte en deuxième partie un descriptif de chacune des filières et de leurs points-clés, opportunités, risques et enjeux.

---

<sup>1</sup> Stratégie Nationale de Développement Durable 2010-2013

<sup>2</sup> UNEP, 2011, Vers une économie verte- Pour un développement durable et une éradication de la pauvreté

<sup>3</sup> Technologies : énergie des marées, éolien flottant, hydrolien, houlomoteur, ETM (thermique), osmotique (gradients de salinité)

<sup>4</sup> Eolien recouvre ici : éolien onshore, offshore et micro-éolien. L'éolien flottant est abordé dans les énergies marines

# Sommaire

## Première partie : analyse transverse et synthèse

1. Evolution du contexte depuis 2009 .....	5
2. Les enjeux de développement pour les filières de l'économie verte ..	14
Des enjeux transverses en termes de politiques publiques .....	14
Des enjeux spécifiques par filière .....	16
3. Principales évolutions des filières stratégiques de l'économie verte depuis trois ans .....	20
Des filières globalement en progression .....	20
Des filières françaises qui s'inscrivent dans un contexte international dynamique.....	22
Les évolutions des filières et leurs objectifs à horizon 2020 .....	25
4. Le potentiel et les perspectives de développement des filières françaises.....	27
5. Quelques éléments sur les politiques stratégiques de six pays en matière d'économie verte.....	34
Les Etats-Unis	
L'Allemagne	
Le Royaume-Uni	
Le Japon	
La Chine	
La Corée du Sud	

## Deuxième partie : fiches par filière

<b>Filières de production d'énergie à partir de sources renouvelables.....</b>	<b>44</b>
1-Biocarburants .....	45
2 -Biomasse énergie .....	57
3 -Energies marines.....	69
4 -Eolien .....	82
5 -Géothermie.....	93
6 -Solaire.....	101
<b>Filières d'optimisation des consommations de ressources naturelles ....</b>	<b>117</b>
7-Batiment à faible impact environnemental.....	118
8 -Chimie verte .....	130
9 -Hydrogène et piles a combustible .....	141
10 -Logistique et gestion de flux .....	152
11-Matériaux biosourcés .....	160
12 -Optimisation des procédés industriels.....	171
13 -Réseaux électriques intelligents.....	183
14 -Stockage de l'énergie.....	196
15 -Véhicules décarbonés.....	207
<b>Filières de gestion du cycle de vie des ressources naturelles .....</b>	<b>217</b>
16 -Captage & Stockage de CO <sub>2</sub> (CSC) et sa valorisation .....	218
17- Eau, assainissement et génie écologique.....	227
18- Metrologie et Instrumentation .....	238
19- Recyclage et valorisation des dechets .....	249

# **Partie 1 : Analyse transverse et synthèse**

## Evolution du contexte depuis 2009

Les trois dernières années ont été marquées par de nombreux bouleversements impactant le développement des filières industrielles vertes. Depuis 2008, les économies des pays les plus développés ont en effet été largement affectées par la crise économique et financière, se traduisant dans le cas des filières de la croissance verte par des difficultés accrues d'accès aux financements, par des restructurations industrielles et par des contraintes budgétaires conduisant la majorité des gouvernements à réduire les soutiens accordés au développement de filières émergentes. Plus généralement, ces dernières années ont également été marquées par une volonté de certains Etats d'accorder une priorité plus forte aux questions sociales et économiques, parfois au détriment de l'engagement dans la lutte contre le changement climatique.

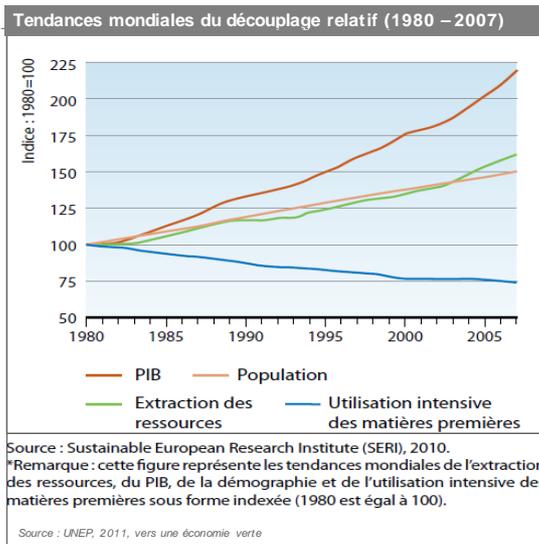
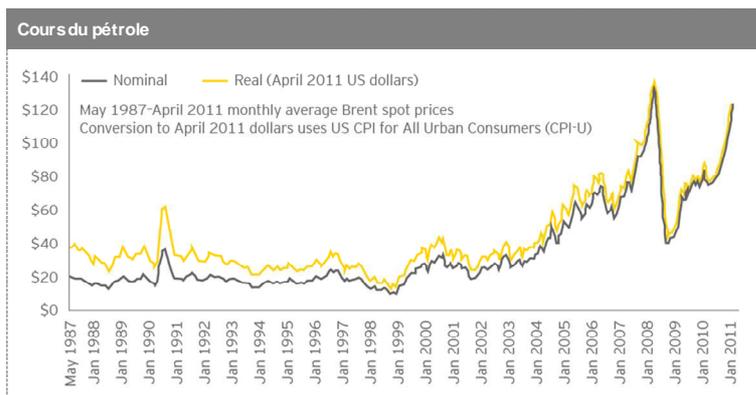
Pour autant, de nombreux gouvernements considèrent que la relance de l'économie passe en partie par le développement des filières vertes. La volatilité des cours du pétrole et des matières premières soulève de façon

croissance la question de la dépendance et de la sécurité de l'approvisionnement. Après de fortes hausses ces dernières années, et malgré les variations conjoncturelles, un consensus se dégage sur le maintien durable de prix élevés du pétrole<sup>5</sup>. C'est également le cas pour de nombreux métaux non ferreux et métaux précieux. Par ailleurs, les tensions apparues sur l'accès à certains métaux et terres rares dont la production est concentrée dans quelques pays (la Chine en particulier) ont contribué à mettre en avant la

nécessité de revoir les possibilités de valoriser davantage les matières premières « secondaires » issues des produits en fin de vie et de développer des modes alternatifs de production et de conception de produits.

L'aggravation du déficit commercial résultant de la tendance à l'élévation de prix de matières premières constitue également un enjeu économique croissant.

L'intégration grandissante des enjeux liés à la transition écologique et à l'économie verte dans les politiques des Etats et les stratégies des entreprises et leur prise en considération favorise l'utilisation plus rationnelle des ressources et l'efficacité énergétique. Le graphique<sup>6</sup> ci-contre illustre notamment le découplage relatif observé ces dernières années entre la création de valeur économique et l'utilisation des ressources naturelles notamment en réponse aux risques de pénurie ou de raréfaction des ressources et à la hausse du prix des intrants. L'utilisation plus rationnelle des ressources confronte cependant les acteurs de l'industrie manufacturière à de nombreux défis, par exemple en termes de conception des systèmes de production, d'écologie industrielle, de recyclage et de valorisation des produits en fin de vie.



<sup>5</sup> Centre d'analyse stratégique, 2012, Vers des prix du pétrole durablement élevés et de plus en plus volatils

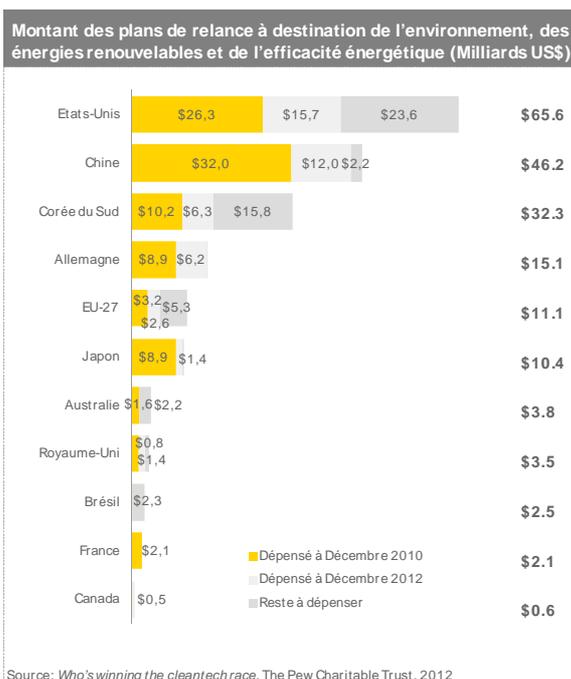
<sup>6</sup> UNEP, 2011, Vers une économie verte- Pour un développement durable et une éradication de la pauvreté

## La croissance verte, pilier de la relance économique

L'intégration croissante des enjeux du développement durable s'illustre également par le fait que de nombreux plans de relance économique mis en place à partir de 2009 ont fait de la croissance verte un axe prioritaire, en incluant notamment des programmes dédiés aux investissements dans les domaines des énergies renouvelables, de l'efficacité énergétique, des modes de transport décarbonés, du recyclage et de la valorisation des déchets. Les plans de relance de la Chine, des États-Unis, de la Corée du Sud, de l'Allemagne, du Japon et de la France accordent ainsi une place importante à la croissance verte, considérée comme un vecteur de compétitivité et de création d'emplois. Certaines analyses estiment que le volet vert des plans de relance internationaux concerne 15% des montants annoncés, soit 430 milliards de dollars<sup>7</sup>.

Le volet vert du plan de relance américain, le plus important au monde avec plus de 65 milliards de dollars prévus par le « American Recovery and Reinvestment Act (ARRA) » a été mis en place avec l'objectif de contribuer à la création de 5 millions d'emplois verts à l'horizon 2020. En Chine, le 11ème plan quinquennal (2006-2011) a constitué une rupture majeure dans la politique économique chinoise avec plus de 46 milliards de dollars investis dans les filières vertes et une politique gouvernementale très ambitieuse en matière d'énergies renouvelables, reconduite pour la durée du 12ème plan lancé en 2012.

Si les États-Unis et la Chine font figure de leaders de la relance verte mondiale, plusieurs pays, dont la Corée du Sud et la France se distinguent également si l'on considère la part revenant à la croissance verte dans leur plan de relance. L'initiative du gouvernement coréen *Green Growth Initiative* est particulièrement remarquable, associée avec un plan d'investissements de 32 milliards de dollars.



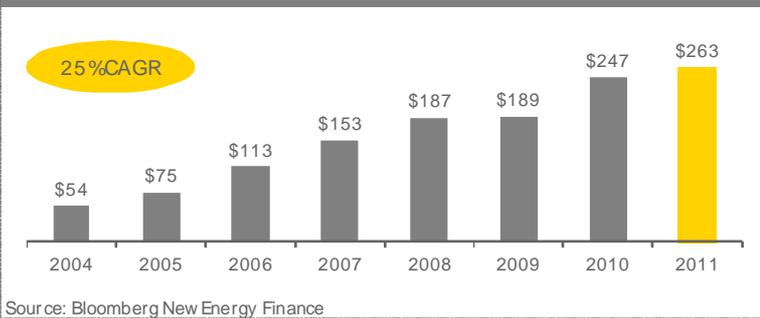
## Des investissements en croissance continue au cours de la période 2009-2011

Malgré un contexte de forte crise économique, les investissements dans les domaines couverts par les filières vertes ont fortement progressé au niveau mondial entre 2009 et 2011, aussi bien dans les secteurs traditionnels de l'eau et des déchets que dans des secteurs plus récents, en forte croissance, tels que les énergies renouvelables ou l'efficacité énergétique.

En 2011, le montant global des investissements destinés aux énergies renouvelables a ainsi atteint un nouveau record avec 263 milliards de dollars (Bloomberg New Energy Finance). Ce montant correspond à une augmentation de 30% par rapport à 2009 (soit 75 milliards de dollars d'investissements supplémentaires en deux ans). L'analyse de ces investissements fait également apparaître une croissance continue de la part de la Chine qui est passée de près de 6% des investissements en 2004 à près de 20% en 2011 (Ernst&Young, 2012).

<sup>7</sup> MEDDE, 2009, Les relances vertes dans le monde  
Les filières industrielles stratégiques de l'économie verte

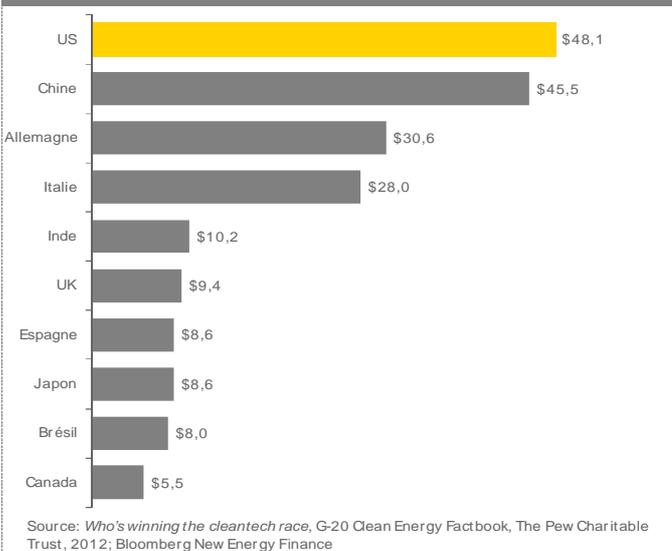
### Investissements dans le domaine des énergies renouvelables dans le Monde (Milliards US\$)



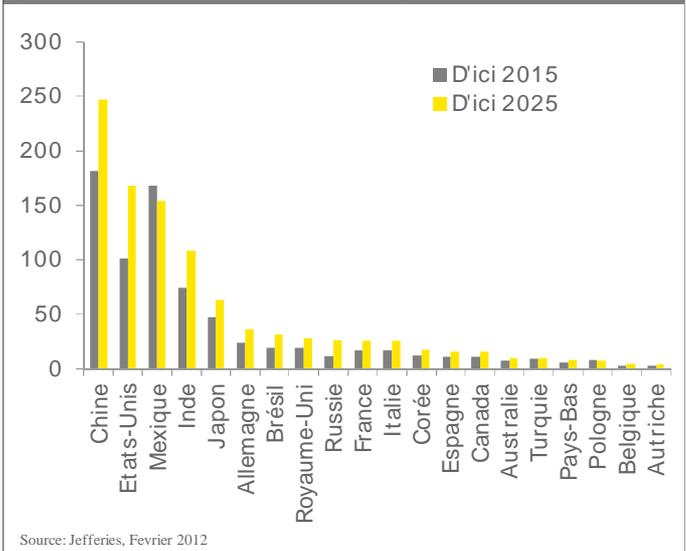
Aux Etats-Unis et en Chine, les investissements dans le secteur des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique se sont élevés en 2011 à respectivement 48 milliards et 45 milliards de dollars.

Cette dynamique se retrouve également sur les secteurs historiques de la gestion de l'eau et des déchets. Ainsi, dans le secteur de l'eau, près de 750 milliards de dollars d'investissements sont prévus d'ici 2015, principalement en Chine, au Mexique et aux Etats-Unis.

### Investissements dans les secteurs des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique en 2011 (milliards US\$)



### Investissement prévisionnels dans le secteur de l'eau (approvisionnement et assainissement) (milliards US\$)

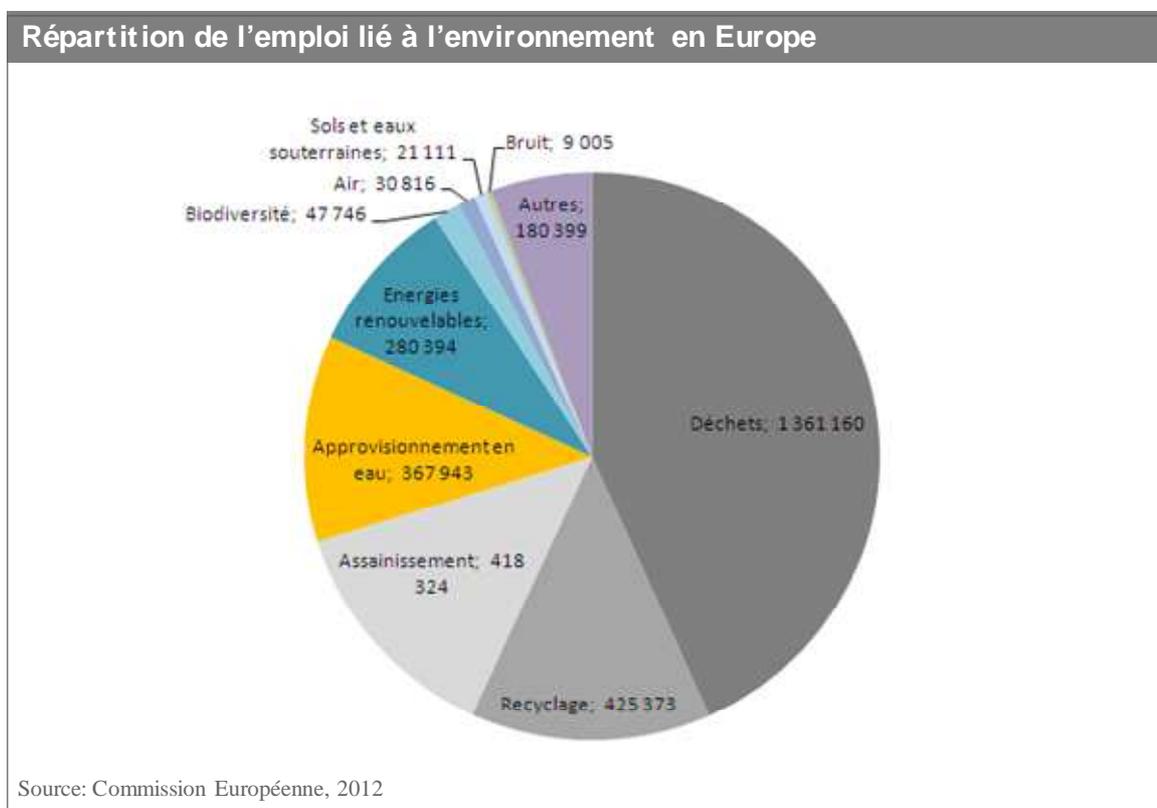


L'année 2012 est néanmoins marquée au plan mondial par une stabilisation, voir un léger retrait, des investissements notamment publics dans les énergies renouvelables. L'intérêt croissant des investisseurs privés comme des gouvernements pour des activités plus matures liées au ressources et matières premières, telles que le recyclage et la valorisation des déchets ou l'eau, est à souligner.

## Les filières vertes, un secteur à fort contenu en emploi

Le développement des filières vertes est également un enjeu économique et social important, notamment au vu du potentiel de création d'emplois de ces filières.

A l'échelle de l'Union Européenne, une étude visant à évaluer les emplois liés à l'environnement et à l'optimisation des ressources<sup>8</sup> a récemment été conduite. Ces travaux mettent en avant une croissance continue de l'emploi de près de 3% par an sur la période 2000-2008 pour l'ensemble des filières, lesquelles ont atteint 3,1 millions d'emplois en 2010. D'après cette étude, la majeure partie des emplois se concentre dans le secteur de la gestion des déchets et du recyclage avec près de 1,8 millions d'emplois en 2008 puis dans le secteur de l'eau (eau potable et assainissement) avec près de 800 000 emplois. Les secteurs ayant connu la plus forte croissance des emplois sont le recyclage ainsi que les énergies renouvelables avec respectivement 78% et 75% de croissance. Les énergies renouvelables, bien qu'en forte augmentation, représentent cependant une part limitée de l'emploi global (9%). Selon l'étude, la croissance des emplois associés devrait se poursuivre dans les années à venir, compte tenu des forts investissements réalisés dans ce secteur. L'étude estime que le nombre d'emplois liés aux énergies renouvelables pourrait ainsi être évalué à 568 000 en Europe en 2010.

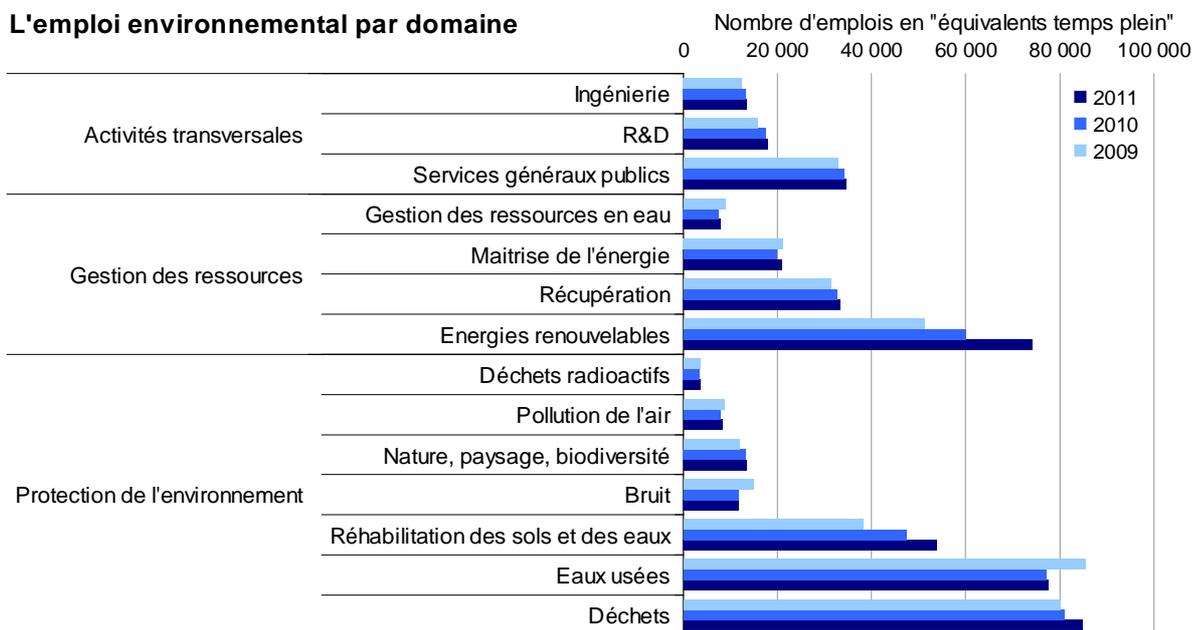


Ces données restent toutefois sujettes à caution compte tenu des incertitudes sur la qualité des données utilisées et en raison de la disparité des périmètres, définitions et méthodologies employés. Ces éléments fournissent cependant un ordre de grandeur ainsi qu'une approche dynamique sur un périmètre européen.

<sup>8</sup> Commission Européenne, 2012, "the number of jobs dependent on the environmental and resource efficiency improvements", Données 2008

En France, d'après l'Observatoire des emplois et métiers de l'économie verte, les éco-activités, notion connexe à celle des filières vertes, employaient en 2011 455 600 personnes en équivalents temps plein<sup>9</sup> (MEDDE, 2013), en augmentation de 6,7% par rapport à 2010 (contre 0,5% pour le reste de l'économie). La production des éco-activités atteint 79,3 milliards d'euros soit 2,2 % de la valeur de la production totale, la valeur ajoutée s'élève à 27,4 milliards d'euros soit 1,37% du PIB et le montant des exportations s'élève à 9,3 milliards d'euros soit 2,3 % du total des exportations.

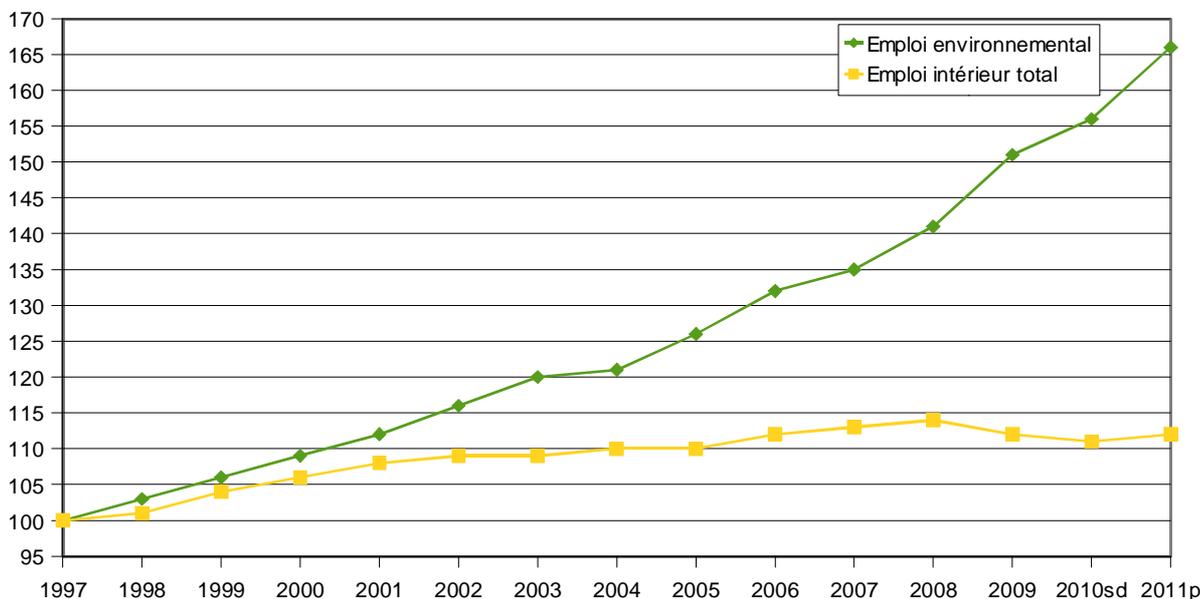
### L'emploi environnemental par domaine



Notes : données provisoires. Champ : France entière. Source : SOeS, 2013.

### Évolution de l'emploi environnemental et de l'emploi intérieur total

Indice base 100 en 1997 (nombre d'emplois en "équivalent temps plein")



Champ : France entière. Source : Insee (Comptes nationaux, base 2005) - SOeS, 2013.

<sup>9</sup> L'emploi sur les éco-activités concerne le nombre de personnes travaillant dans des activités qui modifient les processus techniques de fabrication et les moyens nécessaires à une bonne utilisation des ressources (ex : services d'assainissement) (Source : MEDDE, 2012, Les métiers dans une économie verte)

Au-delà des emplois, l'analyse des filières vertes par type de métiers et professions est intéressante.

Les professions de l'économie verte<sup>10</sup> regroupent un ensemble de métiers, dont certains sont liés à l'environnement (professions vertes) et d'autres sont nécessaires pour répondre aux enjeux de l'économie verte (professions verdissantes). En 2008, 136 000 personnes exercent un métier dit « vert » et plus de 3,5 millions un métier potentiellement « verdissant ». Les professions vertes se retrouvent dans les domaines traditionnels d'activité de l'environnement : eau et assainissement, traitement des déchets, traitement des pollutions, production et distribution d'énergie et protection des espaces naturels. Le « verdissement » concerne quant à lui d'autres secteurs de l'économie mais de façon contrastée : ainsi certains métiers dans le bâtiment ou les transports sont plus particulièrement concernés.

Les « professions vertes » sont majoritairement exercées dans des établissements dont l'activité principale est liée à l'environnement, mais peuvent aussi être intégrées dans des entreprises qui ne sont pas positionnées sur ce secteur. C'est notamment le cas de 38 % des professions vertes qui sont exercées dans d'autres secteurs d'activité (MEDDE, 2011).

**Répartition des emplois dans les professions vertes et verdissantes selon les activités de l'économie verte**

	Professions vertes		Professions verdissantes		Ensemble des professions	
<b>Activités de l'économie verte</b>	<b>83 000</b>	<b>61%</b>	<b>1 216 000</b>	<b>34%</b>	<b>5 117 000</b>	<b>19%</b>
Eco-activités	68 000	50%	760 000	21%	3 866 000	15%
<i>dont protection de l'environnement</i>	46 000	34%	307 000	9%	2 744 000	10%
<i>dont gestion des ressources naturelles</i>	19 000	14%	327 000	9%	779 000	3%
<i>dont activités transversales</i>	2 000	1%	126 000	3%	343 000	1%
Activités périphériques favorables à la protection de l'environnement ou à la gestion des ressources naturelles	16 000	12%	456 000	13%	1 251 000	5%
<b>Autres activités</b>	<b>52 000</b>	<b>38%</b>	<b>2 394 000</b>	<b>66%</b>	<b>21 365 000</b>	<b>81%</b>
<b>Total</b>	<b>136 000</b>	<b>100%</b>	<b>3 610 000</b>	<b>100%</b>	<b>26 482 000</b>	<b>100%</b>

Source : CGDD, 2011 sur la base de données 2008, Rapport d'activité 2011 de l'Observatoire national des emplois et métiers de l'économie verte

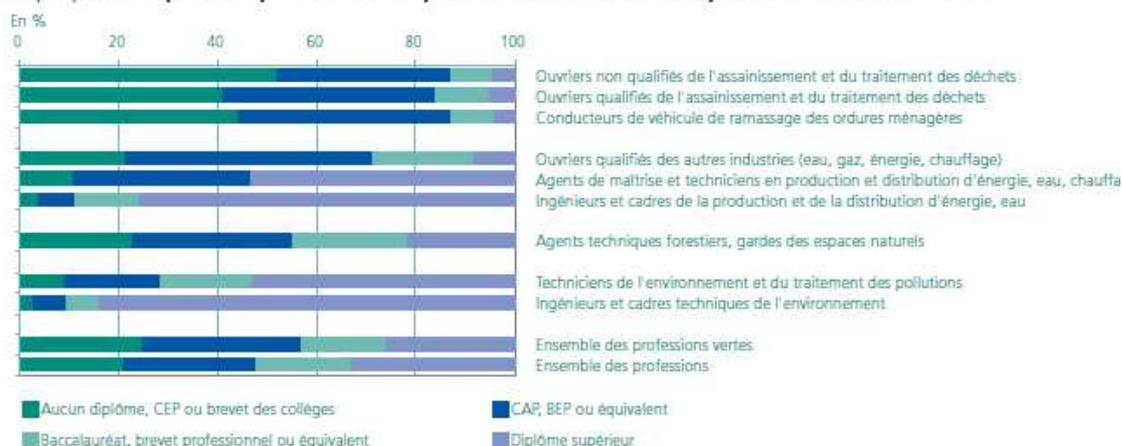
Les professions « vertes » recouvrent essentiellement des métiers offrant une certaine stabilité de l'emploi mais présentant des niveaux de qualifications et des contenus très variés. Les neuf professions vertes identifiées dans la nomenclature des professions et catégories socioprofessionnelles (PCS)<sup>11</sup> peuvent être classées en quatre grandes catégories disposant de caractéristiques propres en termes de métiers et d'emplois :

- ▶ les métiers de l'assainissement et du traitement des déchets qui sont dans l'ensemble peu qualifiés
- ▶ les métiers de la production et la distribution d'énergie et d'eau qui recouvrent des qualifications variées et des emplois plutôt stables
- ▶ les métiers de la protection de la nature concernent des métiers qui se rattachent à des niveaux variés de diplômes
- ▶ les métiers plus transversaux qui sont plus « jeunes » que les autres professions vertes

<sup>10</sup> Les emplois liés à l'économie verte peuvent également être appréhendés par les professions (ou métiers) des personnes actives. L'identification repose notamment sur les qualifications des actifs, les compétences particulières mobilisées ou à acquérir en vue de l'adaptation aux transformations des activités des entreprises. L'emploi ainsi défini concerne le nombre de personnes exerçant ces professions (ou métiers) (Source : MEDDE, 2012, *Les métiers dans une économie verte*)

<sup>11</sup> Dares Analyses, Mars 2012, Les professions de l'économie vertes : typologies et caractéristiques

Graphique 2 • Répartition par niveau de diplôme des effectifs dans les professions vertes en 2008



Source : DARES, mars 2012

Au-delà de cette analyse, il convient cependant de noter que les caractéristiques de ces professions « vertes » ou « verdissantes » sont hétérogènes, tant par leur niveau de qualification que par leurs caractéristiques propres et leur enracinement historique dans le tissu économique français (emploi stable, délocalisable ou non, clé dans une économie sociale et solidaire, dépendant des politiques publiques ...). Ainsi, sur des filières telles que le recyclage et la valorisation des déchets, filière historique et mature, certains emplois, peu délocalisables, jouent un rôle majeur dans l'économie sociale et solidaire. Dans d'autres secteurs, comme les énergies renouvelables par exemple, filières encore récentes, le caractère pérenne des emplois est étroitement lié aux politiques publiques menées.

### La mobilisation de nombreux instruments d'appui aux filières vertes

La transition écologique de l'économie engagée par la France est potentiellement porteuse de nouveaux gisements d'emplois, d'une amélioration des conditions de vie et de l'accroissement de la compétitivité des entreprises. Cette transition vers un développement économique respectueux de l'environnement constitue un nouveau paradigme qui nécessite de nombreuses évolutions (technologiques, comportementales, etc.). Pour y parvenir, les pouvoirs publics disposent de plusieurs leviers d'action :

- ▶ rendre la pollution moins attractive que sa prévention et induire des changements de comportements (fiscalité écologique, tarification, réglementation et normes),
- ▶ orienter les moyens publics de recherche et d'innovation pour renforcer la capacité de R&D,
- ▶ améliorer l'information du décideur public, du consommateur et de l'épargnant (affichage environnemental, indicateurs statistiques, Responsabilité Sociale des Entreprises (RSE) ...),
- ▶ faire évoluer les outils de financement,
- ▶ faire évoluer les métiers et les compétences (plan métiers).

L'Etat a fortement soutenu le développement des filières vertes au cours des dernières années via un ensemble d'instruments réglementaires, tarifaires et fiscaux qui ont été déterminants pour l'expansion des marchés de l'économie verte. Ces mesures comprennent notamment le système de Bonus/Malus sur les véhicules décarbonés, le Crédit d'Impôt Développement Durable, les éco-prêts à taux zéro, les obligations d'achat de l'électricité produite à partir de sources renouvelables ainsi que l'évolution de la TGAP<sup>12</sup> pour orienter les choix en matière de gestion des déchets. Le cadre réglementaire et normatif, au niveau européen et/ou français, constitue également un levier majeur du développement des filières vertes. A titre d'exemple, la mise en œuvre de la Réglementation Thermique 2012 sera un élément structurant pour soutenir la filière du bâtiment à faible impact environnemental et les directives REP<sup>13</sup> ou VHU<sup>14</sup> pour le recyclage des déchets.

<sup>12</sup> Taxe Générale sur les Activités Polluantes.

<sup>13</sup> Responsabilité Elargie des Producteurs.

<sup>14</sup> Véhicules Hors d'Usage.

Dans le domaine du soutien à la recherche et à l'innovation, de nombreux instruments sont disponibles pour soutenir les acteurs publics et privés, notamment le Crédit d'Impôt Recherche (CIR), dont l'application n'est cependant pas restreinte aux filières vertes. L'une des évolutions majeures intervenues depuis 3 ans dans le panorama des aides en la matière a été la mise en place du Programme des Investissements d'Avenir (PIA), lancé en 2010 et dont environ 6 milliards d'euros sur 10 ans<sup>15</sup> sont dédiés aux technologies et filières vertes. Ces financements sont alloués aux filières identifiées par l'État comme porteuses de croissance et d'emplois, dans le cadre d'appels à projets conduits par l'ADEME, l'ANR et la CDC. C'est notamment le cas des vagues successives d'appels à manifestation d'intérêt gérés par l'ADEME, sur financement du Fonds démonstrateur de recherche puis du PIA. Dans le cadre du PIA, l'ADEME a ainsi lancé 25 Appels à Manifestation d'Intérêt sur la période 2010-2011 ayant généré le dépôt de 528 projets, dont 88 ont été sélectionnés à fin 2012. Un appel à projet (AAP) éco-industrie a également été lancé début 2012 conjointement par la Direction Générale de la Compétitivité, de l'Industrie et des Services (DGCIS), par OSEO et par l'ADEME. Cet AAP vise à soutenir des projets de recherche et développement, en particulier des démonstrateurs à fort potentiel économique et environnemental, avec des perspectives de mise sur le marché relativement proches (3 à 5 ans), principalement dans le domaine du traitement des déchets, de la gestion de l'eau et de la métrologie.

Le PIA a également soutenu la mise en place des Instituts d'Excellence en Energies Décarbonées (IEED). Les deux phases d'appels à projet pour des projets d'IEED ont conduit à la sélection des 9 projets suivants :

- ▶ L'Institut national pour le développement des écotecnologies et des énergies décarbonées (INDEED) .
- ▶ Picardie innovations végétales, enseignements et recherches technologiques (PIVERT).
- ▶ FRANCE ENERGIES MARINES, dans le domaine des énergies marines renouvelables.
- ▶ GREENSTARS dans le domaine des microalgues.
- ▶ L'Institut français des matériaux agro-sourcés (IFMAS).
- ▶ L'Institut photovoltaïque d'Ile-de-France (IPVF) dans le domaine du photovoltaïque de troisième génération.
- ▶ SUPERGRID, dans le domaine des réseaux électriques haute et très haute tension.
- ▶ GEODENERGIES à Orléans dans le domaine des technologies du sous-sol.
- ▶ L'Institut véhicule décarboné et communicant et de sa mobilité, dans le domaine des transports terrestres et de l'écomobilité (VEDECOM).

### *Le Comité d'Orientation Stratégique des Éco-industries (COSEI)*

Créé en 2008, le COSEI est rattaché à la CNI depuis 2010. Ce comité stratégique de filière réunit les parties prenantes et assure la concertation public-privé sur les conditions de développement des filières et la définition de propositions. En décembre 2009, les ministres chargés de l'Écologie et de l'Industrie ont lancé cinq groupes de travail sur les filières industrielles vertes :

- valorisation industrielle des déchets,
- eau et assainissement,
- production d'énergie renouvelable,
- réseaux électriques intelligents et stockage de l'énergie,
- bâtiment à faible impact environnemental.

Ces groupes sont composés de représentants des acteurs industriels issus des secteurs concernés (entreprises, organismes professionnels, organismes techniques, pôles de compétitivité). Ils se sont réunis au deuxième semestre 2010 pour élaborer des propositions visant à renforcer l'offre industrielle française dans leur filière.

À la suite des États Généraux de l'Industrie, le COSEI évolue pour devenir le Comité Stratégique de Filière Éco-industries dans le cadre du Conseil National de l'Industrie. Il est en charge de définir une feuille de route de politique industrielle pour les éco-industries. Il a élaboré et porté depuis janvier 2012 la feuille de route « Ambition Ecotech ». Ses orientations ont été précisées fin 2012 autour de 4 priorités : efficacité énergétique, eau et assainissement, déchets, énergies renouvelables.

En complément, un appel à candidature pour des pôles de compétitivité «éco-technologies» a conduit à la labellisation, en mai 2010, de six nouveaux pôles de compétitivité dans le domaine des éco-technologies, dont trois dans le secteur de l'eau. Le Fonds Unique Interministériel (FUI), mis en place pour soutenir les projets d'innovation collaborative portés par les membres des pôles de compétitivités, consacre désormais environ un tiers de ses financements aux projets d'innovation relatifs à la transition écologique. Le bilan des derniers appels à projets (AAP) lancés dans le cadre du FUI fait apparaître, parmi les projets retenus depuis 2008 et plus encore depuis le début de 2011, un poids croissant de ceux relevant de la thématique éco-technologique.

Par ailleurs, des actions transversales de soutien à l'enseignement supérieur et à la recherche et à l'innovation gérées par l'ANR (équipements d'excellence, laboratoires d'excellence...), et aux entreprises innovantes, telles que la création d'un fonds d'amorçage de 400 M€, géré par CDC entreprises ou les actions d'OSEO à destination des acteurs des pôles de compétitivité bénéficient également aux filières vertes.

<sup>15</sup> ce montant n'inclut pas les financements de projets liés aux objectifs de développement durable, portés par les programmes transversaux

Au-delà des politiques de soutien à la recherche et à l'innovation qui ont été mises en place ou renforcées depuis 3 ans, de nombreuses initiatives destinées à appuyer la structuration des filières ont été initiées. La gouvernance de la politique industrielle française a ainsi été renouvelée, via la création de la Conférence Nationale de l'Industrie (CNI) en 2010, devenue début 2013 le Conseil National de l'Industrie et celle des Comités Stratégiques de Filières, associant étroitement les acteurs industriels et les représentants de salariés. Le Comité d'Orientation Stratégique des Éco-industries (COSEI), mis en place en 2008 et co-présidé par les ministres en charge de l'industrie et de l'écologie, a ainsi été rattaché à la CNI au titre des éco-industries et est ainsi devenu le Comité stratégique de filière Éco-industries.

Certaines filières disposent d'accompagnements spécifiques via des structures originales comme le Plan Bâtiment pour la filière du bâtiment à faible impact environnemental ou comme les programmes des Agences de l'eau qui contribuent à structurer les développements de la filière eau, assainissement et génie écologique.

Ces dispositifs sont complétés par des actions de sensibilisation et de communication, afin

d'accompagner le changement des comportements et des savoir-faire; c'est notamment le cas dans le secteur des déchets (en ciblant les producteurs de déchets) et du bâtiment (en ciblant les artisans et les consommateurs).

### *Le 10<sup>ème</sup> Programme des Agences de l'Eau*

En 2012 a été adopté le dixième programme d'intervention des agences de l'eau pour 2013-2018. Ces programmes jouent un rôle déterminant pour atteindre les objectifs environnementaux fixés par la Directive Cadre sur l'Eau et dans la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement dans le domaine de l'eau. Ce programme sera doté d'un montant maximal de 13,3 milliards d'euros pour les années 2013-2018.

Lors de la Conférence environnementale pour la transition écologique, le Président de la République a rappelé l'ambition de « faire de la France la nation de l'excellence environnementale » et par conséquent la place centrale de la croissance verte dans la politique économique et industrielle. En particulier, la Conférence environnementale a permis, dans un contexte de rigueur budgétaire, d'envoyer un signal concret aux filières vertes comme celles de l'éolien ou du photovoltaïque, aujourd'hui en difficulté en raison de la pression de la concurrence internationale et des modifications du cadre tarifaire et réglementaire. Le gouvernement s'est engagé « sur la continuité, dans les mêmes conditions économiques, des contrats d'achat signés sous l'empire de l'arrêté tarifaire en vigueur »<sup>16</sup> et a également annoncé la suppression de l'obligation d'appartenir à une zone de développement de l'éolien onshore pour implanter un parc éolien; il a par ailleurs confirmé le lancement d'un nouvel appel d'offres éolien offshore sur les zones du Tréport et de Noirmoutier .

Les lettres de cadrage pour la transition écologique, adressées par le Premier Ministre à chaque ministre le 23 janvier 2013, confirment l'objectif d'une politique industrielle en faveur du développement des filières stratégiques de l'économie verte.

---

<sup>16</sup> « Feuille de route pour la transition écologique », Mesures 10 et 11 dans le domaine du climat et de l'énergie, septembre 2012

# Les enjeux de développement pour les filières de l'économie verte

## Des enjeux transverses en termes de politiques publiques

Les filières étudiées se développent dans des contextes de marchés très différents, et selon des problématiques techniques, économiques, réglementaires ou d'acceptabilité sociale qui restent souvent très spécifiques à chaque secteur. Pour autant, un certain nombre de besoins transverses à la majorité des filières ressortent des échanges réalisés au cours de l'étude et contribuent à façonner leurs perspectives et leur potentiel de développement, qui seront décrits dans la suite de ce rapport.

Seuls quelques exemples sont présentés de manière synthétique ci-dessous, ce rapport visant avant tout à mettre en perspective les enjeux spécifiques à chaque filière.

### *Des politiques s'inscrivant dans la durée, s'appuyant sur un cadre réglementaire stable*

La plupart des professionnels (industriels, développeurs et investisseurs) s'accordent sur l'importance de donner un cadre politique de long terme pour favoriser le développement des marchés de la croissance verte. Cet aspect n'est pas récent, la majorité des marchés de l'environnement et des énergies propres s'étant façonnés à la faveur de politiques volontaristes, en raison de la contribution de ces activités à la préservation de biens publics globaux (climat, biodiversité, eau, etc.) ou à l'amélioration des conditions de vie locales (renvoyant par exemple à la santé et à l'hygiène publique ou la protection des paysages). Que ce soit pour les secteurs les plus historiques des éco-activités ou pour les filières technologiques plus récentes, la volonté politique et sa traduction législative et réglementaire font, avec les tensions sur les ressources naturelles (combustibles fossiles, matières premières, et eau), partie des éléments fondamentaux favorisant la croissance du marché. Par rapport à d'autres secteurs d'activité, les filières vertes se distinguent par une forte composante technologique et par une intensité capitalistique forte, que ce soit pour la mise en place d'une unité de fabrication de composants ou la construction d'un démonstrateur. Dans ces conditions, une visibilité sur une période suffisamment longue est un élément déterminant pour assurer des perspectives de développement de marché justifiant un investissement pour l'industriel et permettant de respecter des niveaux de risques acceptables pour les investisseurs potentiels.

Pour un certain nombre de filières, des objectifs à horizon 2020 ou au-delà ont été définis au cours ou dans la foulée du Grenelle de l'Environnement (par exemple les objectifs de performance énergétique des bâtiments). Pour autant la déclinaison de ces ambitions sous la forme de dispositions réglementaires ou d'instruments de soutien n'a pas encore été menée à son terme dans tous les cas, ou a subi des réorientations. Le levier de la normalisation est également considéré par les professionnels comme un facteur déterminant pour la croissance de nouveaux marchés, à l'exemple de la réglementation thermique 2020 (RT2020) dont l'objectif de bâtiments à énergie positive contribuera à l'expansion de différentes technologies (matériaux isolants, pompes à chaleur, solaire intégré au bâti, etc.).

### *Des dispositifs de financement adaptés*

De nombreuses réflexions ont été conduites au cours des dernières années sur le financement des éco-entreprises et se sont traduites par de nouvelles interventions publiques qui viennent compléter la gamme d'instruments de soutien aux filières vertes. L'un des éléments les plus marquants depuis 2009 a été la mise en place du Programme des Investissements d'Avenir (PIA) qui vient renforcer le dispositif de soutien à l'innovation et aux démonstrateurs industriels. De manière complémentaire, le fonds national d'amorçage et la mise en place d'autres instruments d'appui aux entreprises émergentes (à l'image du récent fonds d'investissement de l'Ademe dédié aux éco-entreprises et géré par CDC Entreprises) apportent de nouvelles opportunités de financement au secteur privé. La création de la Banque Publique d'Investissement s'inscrit dans la continuité du dispositif de soutien aux entreprises émergentes et aux PME, et devra contribuer également à atteindre les objectifs de transition énergétique et écologique.

En matière de R&D et d'innovation, comme sur le plan industriel, la recherche de la taille critique peut s'avérer importante et peut passer par des partenariats, notamment au niveau européen, via par exemple les pôles de compétitivité.

En dépit de ces améliorations, la question du financement a pris une importance accrue avec la crise des liquidités qui est constatée sur le marché du crédit. De nombreux développeurs et industriels sont en effet confrontés à de fortes difficultés pour leurs projets, et à plus forte raison à l'international. En effet, le niveau du risque pays peut fortement influencer l'attractivité du projet auprès d'investisseurs. Face à ces contraintes, plusieurs acteurs proposent la mise en place d'instruments de financement privilégiant l'apport de dette concessionnelle ainsi que la mise en place de fonds de garantie permettant de réduire les risques portés par les financeurs.

### *Un soutien renforcé à l'export*

De nombreux acteurs français des filières vertes font preuve d'un fort dynamisme commercial à l'export, soit en raison de l'é étroitesse du marché français pour leur technologie, soit en raison des potentiels de développement importants que présentent certains marchés étrangers. Pour certaines filières, le développement à grande échelle ne pourra se réaliser qu'à l'export (solaire thermodynamique, certaines énergies marines, etc.). Afin d'encourager et de soutenir cette dynamique, le dispositif français d'aide à l'export permet d'ores et déjà de financer des études de faisabilité et de l'assistance technique (FASEP) ainsi que des projets (RPE). L'extension de ce dispositif est souhaité par de nombreux acteurs, en particulier pour renforcer le financement d'activités de veille commerciale, de financement de projets démonstrateurs à l'export, et contribuer au financement et à l'assurance crédit export, en complément des offres de la COFACE.

### *Une politique commerciale incitative*

Parmi les leviers appelés par les professionnels à être davantage mis en œuvre à l'avenir, l'influence des pratiques commerciales des pouvoirs publics est régulièrement mentionnée. A l'exemple des récents appels d'offres solaire et éolien offshore qui incluaient le bilan carbone ou le développement de capacités industrielles parmi les critères de sélection, les possibilités de privilégier les filières locales ainsi que l'insertion territoriale des projets permettraient de soutenir les projets industriels nationaux et d'améliorer la balance commerciale. D'une manière générale, les achats publics, notamment ceux des collectivités territoriales, peuvent jouer un rôle important dans le développement du marché de certaines filières.

### *Affiner la prise en compte de l'acceptabilité des projets*

Les nombreux débats qui ont été conduits autour des filières d'énergies décarbonées et du traitement des déchets illustrent l'importance de la concertation locale pour le déploiement de nouvelles technologies. L'insertion dans un projet de territoire est un élément majeur qui est progressivement mieux appréhendé par les industriels et développeurs privés, notamment en raison d'obligations réglementaires qui renforcent l'obligation de concertation. Cette évolution doit aussi selon certains s'accompagner d'une meilleure analyse de l'équation socio-économique de la création de valeur des filières vertes, en tenant compte de leurs retombées environnementales et socio-économiques (y compris l'évaluation du coût de l'inaction)

### *Accompagner la professionnalisation des secteurs et des filières*

La transition vers une économie verte ne reposera pas uniquement sur des spécialistes de l'environnement, mais s'appuiera également sur une intégration croissante du développement durable au sein des métiers existants des différents secteurs de l'économie. Cette intégration croissante soulève la problématique de l'adaptation des compétences, de la transformation des métiers et de la formation. Ces enjeux sont distincts suivants les filières et les secteurs de l'économie et pourront nécessiter l'adaptation des programmes de formation initiale ou continue.

Ainsi dans les filières industrielles historiques, comme le bâtiment par exemple, la formation des artisans et TPE et PME aux nouvelles techniques de construction (matériaux, outils, techniques, technologies, appréhension du bâtiment dans sa globalité...) est un axe majeur de développement pour la filière pour lui permettre d'assurer un développement pérenne dans l'avenir.

## Des enjeux spécifiques par filière

L'analyse approfondie de 19 filières de l'économie verte a permis d'identifier les enjeux spécifiques à chacune d'entre elles et en particulier les principaux déterminants (moteurs de croissance, freins et barrières) qui conditionnent leur développement et la réalisation de leur potentiel.

L'analyse croisée de ces déterminants permet ainsi de caractériser les filières comme suit :

- ▶ **Les filières vertes en déploiement** dont les principaux enjeux concernent le développement de technologies compétitives. Les principaux leviers d'action des pouvoirs publics portent ici sur le soutien à la recherche et à l'innovation. Il s'agit notamment du captage, stockage et de la valorisation du CO2 et des biocarburants algaux dont les enjeux actuels concernent principalement de la R&D et dont les perspectives de développement du marché se situent à plus long terme. Ainsi, les biocarburants algaux nécessitent de véritables ruptures technologiques et la filière captage, stockage et valorisation du CO2 rencontre des difficultés sur la partie stockage. Sur cette dernière filière cependant, les freins liés à l'acceptabilité sociale des projets et leur viabilité économique sont également clés.

Pour les filières dont les premières applications commerciales émergent ou devraient émerger plus ou moins rapidement, comme les énergies marines, l'éolien offshore ou encore l'hydrogène et les piles à combustible, le soutien au développement du marché mais également à la structuration des acteurs sont également des enjeux.

De façon plus générale, pour l'ensemble des énergies renouvelables, les mécanismes permettant pendant une période transitoire d'assurer une compétitivité économique face aux systèmes conventionnels de production d'énergie (nucléaire, charbon, gaz...) sont essentiels pour assurer le développement des filières.

Ces filières, qui étaient en 2009 principalement en émergence ou en décollage, ont connu de fortes dynamiques depuis trois ans notamment sous l'effet de politiques publiques d'envergure (tarif d'achat, réglementation incitative, appels d'offre...) et du développement du marché international et concurrentiel (réduction des coûts, effet d'échelle...).

Filières / Déterminants

Energie : Prix et sécurité d'approvisionnement  
 Matières premières : prix et sécurité d'approvisionnement  
 Développement d'autres secteurs d'activités soutenant la filière  
 Attentes des parties prenantes et des consommateurs  
 Cadre réglementaire  
 Freins ou verrous technologiques  
 Compétitivité de la filière  
 Financement des projets  
 Structuration de la filière  
 Professionnalisation et formation des acteurs  
 Acceptabilité sociale et freins sociobiologiques  
 Impact environnemental

Legende :  
 ✓ Moteur de croissance pour la filière  
 ☒ Freins au développement

Commentaires

Filières dont les principaux enjeux concernent le développement de technologies compétitives												
Biocarburants	✓	☒			✓	☒	☒				☒	Les enjeux résident principalement sur des aspects de recherche et développement, de gain de compétitivité et d'acceptabilité sociale et sociétale (concurrence avec les usages alimentaires par exemple)
Biomasse énergie	✓				✓	☒	☒				☒	La filière dispose d'atouts naturels (ressources) et industriels, mais peut être limitée par l'accès au gisement. La connaissance précise du gisement, de ses caractéristiques et de sa disponibilité réelle est un enjeu important. Par ailleurs sur certains segments de marché, les équipementiers étrangers dominent.
Captage, Stockage et valorisation du CO2	✓				✓	☒	☒	☒	☒		☒	La filière en dépit de développements technologiques rencontre des difficultés majeures d'un point de vue économique (coût des projets, valeur du carbone) et social (acceptabilité des projets par les parties et prenantes) et sur le financement des projets (arrêt de certains projets par voie de conséquence).
Energies marines	✓	✓			✓	☒	☒	☒	☒	✓	☒	La filière connaît d'importants développements technologiques, cependant des verrous technico-économiques restent encore à lever, et l'acceptabilité des technologies (problématique des conflits d'usage de la ressource marine) comme leur impact environnemental réel (notamment sur la biodiversité) doivent être évalués.
Eolien (offshore, onshore et micro-éolien)	✓				✓	☒	☒	✓	☒	✓	☒	Des perspectives importantes de croissance pour la filière, notamment du fait d'objectifs nationaux affichés et de gains de compétitivité de la filière.
Géothermie	✓				✓	☒	☒	☒	☒	☒	☒	La géothermie est dans l'ensemble maîtrisée sur le plan technique (à des degrés variables selon les applications) et présente des coûts de production compétitifs par rapport à d'autres sources d'énergie selon les conditions locales. Des enjeux technico-économiques persistent cependant sur la géothermie profonde.
Hydrogène et piles à combustibles	✓	✓			☒	☒	☒	☒	✓	☒	☒	La filière connaît ses premières applications commerciales en France mais des enjeux techniques et économiques persistent. De plus l'acceptabilité sociale de l'hydrogène est une problématique clé. La filière peut notamment avoir un impact environnemental positif (limitation des polluants locaux, réduction des émissions ...) mais variable selon les modes de production.
Réseaux énergétiques intelligents	✓	✓				☒	☒	☒			☒	La croissance de la filière est soutenue par le développement des modes de production ou de stockage d'énergie décentralisés. Les principaux enjeux sont le développement de modèles économiques et la sensibilisation des consommateurs aux bénéfices de ces technologies. :
Solaire	✓				✓	☒	☒	✓			☒	La filière solaire recouvre des activités multiples (thermique, PV, CSP et CPV), cependant bien que pour certaines technologies le prix de l'énergie produite se réduise, des enjeux de compétitivité majeurs persistent.
Stockage de l'énergie	✓	✓			☒	☒	☒	☒			☒	La croissance de la filière est soutenue par le développement des énergies renouvelables et d'un besoin accru en capacités de stockage, ses principaux enjeux résident dans le développement de technologies compétitives

- ▶ **Les filières éco-industrielles matures:** Les filières eau, assainissement et génie écologique ainsi que recyclage et valorisation des déchets sont deux filières éco-industrielles sur lesquelles la France est historiquement impliquée et reconnue à l'échelle internationale. Ces filières, principalement portées par les exigences réglementaires font cependant face à des enjeux distincts pour leur développement à venir : le secteur de l'eau et de l'assainissement fait face à une concurrence accrue de la part d'acteurs asiatiques (Chine notamment), et la filière du recyclage et de la valorisation des déchets est confrontée à des problématiques de déficit d'image et de développement de nouvelles technologies de recyclage et valorisation. Le développement de nouveaux marchés, via la recherche et l'innovation, ou la valorisation des savoir-faire (formation, génie écologique...), sont des axes qui pourraient contribuer à soutenir le développement de ces filières.
- ▶ **Les filières industrielles en transition vers l'économie verte.** Ces filières sont aujourd'hui en pleine mutation et intègrent de façon croissante le développement durable dans leur stratégie et dans leurs opérations. Les principaux enjeux concernent l'accompagnement des transformations de modes de production et le développement de nouvelles compétences et de nouveaux métiers (notamment pour les filières à fort contenu en emplois) et le soutien à l'innovation (nouvelles techniques, nouvelles technologies, développement de niches...) en particulier pour contribuer à la compétitivité de ces filières à l'international. C'est en particulier le cas du bâtiment, de l'automobile, de la logistique et gestion de flux, des matériaux (en particulier composites) et de la chimie. Dans un contexte économique difficile, la prise en compte par ces activités des enjeux de l'économie verte, offre de plus des opportunités en termes de redéploiement des activités et de diversification de marché.
- ▶ **Les filières vertes transverses accompagnant la mutation de l'économie,** en particulier l'optimisation des procédés et la métrologie ainsi que l'instrumentation. Ces deux filières, compte tenu de leurs applications transverses dans de nombreux secteurs d'activités, sont aujourd'hui difficilement visibles et lisibles (acteurs impliqués, marchés actuels et perspectives, gisements disponibles...). Ces filières évoluent sous l'effet de tendances de fond portées soit par des aspects réglementaire (énergie, eau, sol, air...) soit par des évolutions des comportements et de l'appréhension des sujets (réduction des coûts indirects, prise en compte des risques sanitaires ou impacts sur l'environnement, ...), soit par l'internalisation de certaines externalités environnementales. Par ailleurs, sur le génie écologique (préservation et restauration de la biodiversité) la reconnaissance de la filière et de ses acteurs est un enjeu.

Filières / Déterminants	Energie : Prix et sécurité d'approvisionnement Matières premières : prix et sécurité d'approvisionnement Développement d'autres secteurs d'activités soutenant la filière Attentes des parties prenantes et des consommateurs Cadre réglementaire Freins ou verrous technologiques Compétitivité de la filière Financement des projets Structuration de la filière Professionnalisation et formation des acteurs Acceptabilité sociale et freins sociologiques Impact environnemental										Commentaires		
	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗			
<b>Filières industrielles en transition vers l'économie verte</b>													
Bâtiment à faible impact environnemental	✓				✓			✗	✗	✗		Le principal enjeu pour la filière reste la professionnalisation des pratiques garantissant une performance optimale des opérations réalisées	
Chimie verte	✓	✓ ✗		✓	✗	✗	✗		✗		✗	Le secteur de la chimie, et en particulier de la chimie verte et de la chimie du végétal, repose sur une forte composante innovation. La filière est également confrontée à d'autres enjeux : déficit d'image, cadre réglementaire complexe (REACH pour les produits biosourcés) et un besoin de structuration de la filière	
Logistique et gestion de flux	✓			✓							✗	✓	Au-delà de l'amélioration de l'empreinte environnemental de la filière, le maintien de la compétitivité de la filière, et de ses emplois, est un véritable enjeu. Le développement de nouveaux services logistiques (4PL, ...) pourrait notamment contribuer au développement de la filière.
Matériaux Biosourcés	✓	✓		✓		✗	✗		✗	✗		La filière rencontre des difficultés dans son développement sous l'effet de problématique de terminologie non établie (Biomatériaux, Ecomatériaux, Matériaux Biosourcés...), de besoins en structuration de ses acteurs et le développement de nouveaux produits et procédés à des coûts compétitifs.	
Véhicules décarbonés	✓			✓		✗	✗	✗				✓ ✗	Le financement des infrastructures de charge (et la gestion du risque lié à cet investissement) reste une question. L'impact environnemental du véhicule reste par ailleurs indexé sur le mix énergétique du pays considéré.
<b>Filières transverses accompagnant la mutation de l'économie</b>													
Métrologie et instrumentation	✓	✓			✓	✗	✗		✗			✓	La filière est principalement portée par le cadre réglementaire et les perspectives d'économie en termes de consommations de ressources, en l'absence de valorisation claire des bénéfices et impacts environnementaux.
Optimisation des procédés industriels	✓	✓		✓	✓			✗	✗		✗		Les principaux enjeux pour la filière de l'optimisation des procédés sont la structuration des acteurs, le soutien au développement de l'offre et de la mise sur le marché des technologies et le soutien à la demande des industriels.
<b>Filières éco-industrielles matures</b>													
Eau, Assainissement et Génie écologique		✗		✗	✓	✓			✓	✗		✗	Le développement de la filière est principalement porté par le cadre réglementaire et un besoin accru de gestion optimisée de l'eau (stress hydrique). En France, les acteurs rencontrent aujourd'hui des difficultés économiques pour le financement de nouveaux projets. Cependant, compte tenu du savoir-faire français et du renforcement de la concurrence internationale, l'enjeu réside aujourd'hui principalement dans le développement de nouvelles technologies innovantes.
Recyclage et valorisation des déchets		✓			✓	✓	✗				✗	✗	La filière se développe principalement sous l'effet du cadre réglementaire, cependant le déficit d'image positive et des verrous technologiques (notamment quant au développement de nouveaux outils compétitifs) freinent sa croissance.

# Principales évolutions des filières stratégiques de l'économie verte depuis trois ans

L'analyse pour chaque filière de sa maturité technologique et de la maturité de son marché, de ses dynamiques en France et à l'international, de ses déterminants en termes de développement (freins et verrous, moteurs de croissance) et de ses enjeux a permis de caractériser pour les filières étudiées leurs niveaux de développement et le positionnement de la France dans le panorama international.

## Des filières globalement en progression

L'analyse de l'évolution des filières entre 2009 et 2012 indique une progression globale de la majorité de celles-ci. Cette progression apparaît cependant plus marquée pour des filières en émergence ou qui étaient en décollage en 2009.

C'est le cas notamment de la filière solaire qui a connu une importante dynamique ces dernières années avec un développement majeur des capacités installées (qui ont atteint 2,8 GWc en 2011 contre 0,3GWc en 2009<sup>17</sup>) notamment sous l'effet des politiques de soutien au développement de la filière (tarif d'achat en particulier) et, par ailleurs, une forte baisse des prix des modules. L'ADEME estime que le prix moyen du module silicium polycristallin a chuté de 2,00€/Wc en 2009 à 0,80€/Wc en 2011, prix qui s'approche en 2012 de 0,60€/Wc. La filière véhicules décarbonés s'est également fortement développée ces dernières années avec une augmentation du nombre de véhicules électriques ou hybrides commercialisés (de moins de 10 000 en 2009 à 17 871 en 2011<sup>18</sup>) sous l'effet conjoint d'un cadre réglementaire incitatif (bonus de 5 000€ à 7 000 euros pour un véhicule électrique et de 2 000€ à 4 000 euros pour un véhicule hybride, obligation d'installations d'infrastructures de recharge pour des constructions d'ensembles d'habitations équipés de places de stationnement...) et d'initiatives remarquables (achats groupés par la Poste et l'UGAP, services d'autopartage Autolib ...). La filière hydrogène et pile à combustible a quant à elle connu des développements significatifs depuis 3 ans grâce notamment au programme Horizon Hydrogène Energie (budget total de 190 millions d'euros sur la période 2009-2016). Le chiffre d'affaires de la filière est ainsi passé de près de 136k€ en 2009 à 4,8M€ en 2011<sup>19</sup>. La dynamique est également forte dans le domaine des énergies marines, avec une multiplication des projets pilotes et des annonces d'appels d'offres dans plusieurs pays européens. La filière génie écologique a également connu un fort développement entre 2009 et 2011, avec environ 10% de croissance annuelle selon les principaux chiffres disponibles<sup>20</sup>.

---

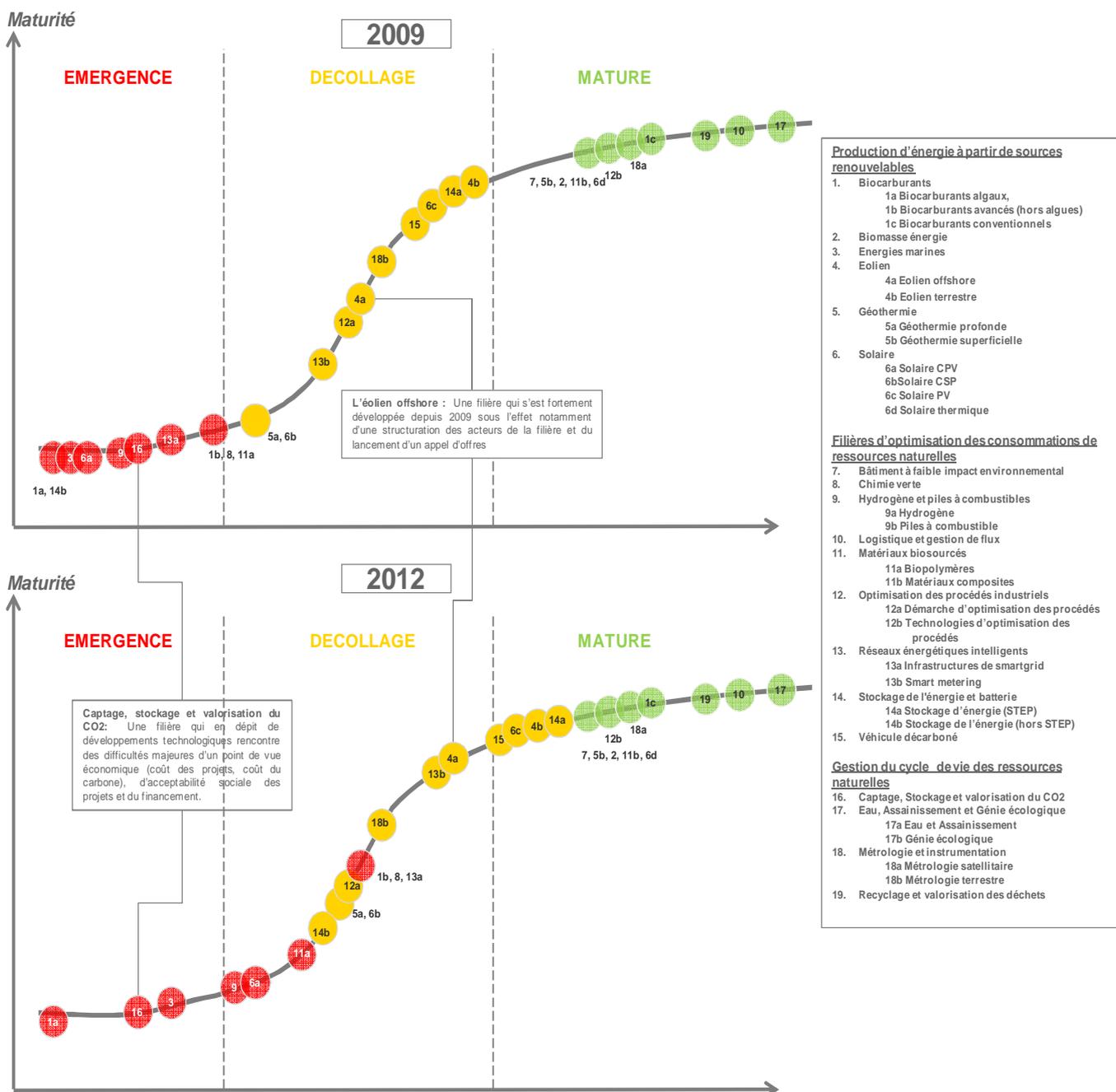
<sup>17</sup> Euroserv'Er, avril 2012, Baromètre Photovoltaïque

<sup>18</sup> DGEC, 2012, Rapport sur l'industrie des énergies décarbonées en 2011, Fiche Véhicule Décarboné

<sup>19</sup> AFHyPAC, 2011, Rapport annuel d'activité H2&PAC France

<sup>20</sup> Questionnaire Ministère de l'Écologie, 2012.

Figure 1 : Une maturité des filières françaises globalement en progression entre 2009 et 2012



L'analyse de la maturité des filières porte à la fois sur la maturité technologique et la maturité des marchés. Les différents stades de développement sont définis ainsi :

- ▶ Emergence : la filière est principalement à un stade de recherche et développement. Les enjeux sont principalement technologiques.
- ▶ Décollage : La filière se développe progressivement, des premiers démonstrateurs jusqu'aux premières applications commerciales.
- ▶ Mature : La filière dispose de nombreuses applications commerciales et d'un marché existant. Ce dernier peut néanmoins être soutenu par les pouvoirs publics, par exemple afin d'assurer la compétitivité des technologies. Cette catégorie recouvre donc des technologies encore en déploiement.

L'analyse est effectuée à l'échelle de la France.

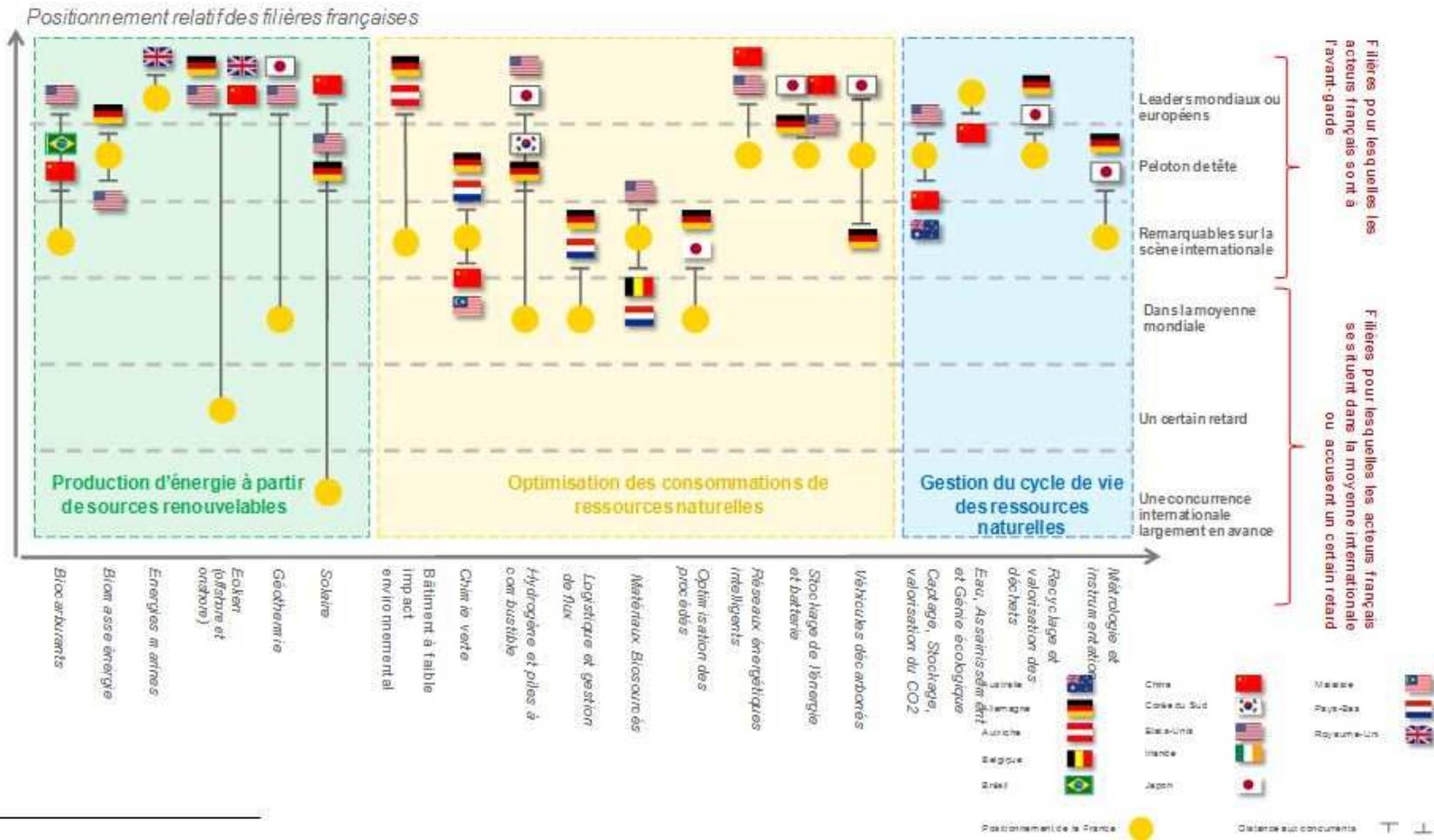
## Des filières françaises qui s'inscrivent dans un contexte international dynamique et concurrentiel

Au-delà, du développement des filières et de leur évolution en termes de maturité, les filières de l'économie verte françaises s'inscrivent dans un marché mondialisé où de nombreux acteurs investissent et s'impliquent de façon croissante.

Le schéma ci-dessous, réalisé à partir des analyses de chaque filière, présente de manière indicative et qualitative le positionnement marché des filières françaises face à la concurrence internationale. Pour des filières encore émergentes ou en décollage, cette analyse s'appuie principalement sur les dynamiques à l'œuvre d'un point de vue technologique (R&D, projets démonstrateurs, projets pilotes, applications pré-commerciales...).

Les « leaders » du marché sont indicatifs et leur positionnement relatif au sein d'une catégorie donnée (Leaders mondiaux ou européen, peloton de tête,...) ne présume pas d'un ordre spécifique.

Figure 2 : Positionnement des filières françaises face à la concurrence internationale<sup>21</sup>



<sup>21</sup> Pour des filières recouvrant une diversité de segment (exemple : Optimisation des procédés qui intègre également le concept d'écologie industrielle), le positionnement concurrentiel représenté correspond aux segments les plus développés.

La synthèse des travaux réalisés fait ainsi ressortir quelques traits saillants sur le positionnement de la France dans le panorama international.

La France fait en effet partie des leaders dans plusieurs secteurs de l'économie verte, essentiellement les éco-industries « historiques » dans lesquelles des entreprises de taille mondiale se sont construites (eau et assainissement, recyclage et valorisation des déchets) en s'appuyant sur leur marché domestique.

La France se positionne également parmi les pays les plus en pointe pour d'autres filières d'émergence plus récente, grâce à un tissu d'entreprises qui s'appuient sur d'autres spécialités industrielles (notamment la construction, l'agroalimentaire, la chimie, le secteur pétrolier et para-pétrolier, la construction navale, etc.). C'est par exemple le cas des véhicules décarbonés (automobile), du stockage d'énergie, des smart grids, énergie ou encore des énergies marines (bénéficiant de l'expertise française en termes de construction navale, d'exploitation pétrolière offshore, d'électronique et de production d'énergie), de la biomasse énergie et du captage, stockage et de la valorisation du CO<sub>2</sub>. Dans ces domaines, le jeu compétitif reste encore très ouvert et la maîtrise des enjeux technologiques et économiques conditionnera le déploiement commercial de certaines technologies et in fine les parts de marché captables par les acteurs français. Les atouts de la France en termes d'implication de grandes entreprises, d'émergence d'un tissu de PME innovantes, d'instruments de financement adéquats et de partenariats de recherche, notamment à l'échelle européenne, seront déterminants pour soutenir le développement de filières compétitives à l'international et disposant d'une taille critique.

La France compte également des filières remarquables sur la scène internationale, en particulier dans le cas des filières bâtiment à faible impact environnemental (normes, pratiques, réglementation, outils d'accompagnement...), des matériaux biosourcés, de la chimie verte, des biocarburants ou de la métrologie et de l'instrumentation (applications satellitaires, ...).

Pour d'autres filières, la France accuse un retard face à une concurrence plus avancée tant en termes de déploiement de marché que de technologies. C'est en particulier le cas de filières comme l'éolien terrestre ou le solaire photovoltaïque pour lesquelles le développement du marché ne s'est pas transposé sur le plan industriel. Le secteur de l'éolien offshore pourrait cependant bénéficier des appels d'offres récents et à venir. La filière hydrogène et piles à combustible peine historiquement à se développer sous l'effet de stratégies contraires, cependant les récentes initiatives (structuration de la filière, programme Horizon Hydrogène Energie...) pourraient contribuer à rattraper le retard accumulé.

## Les évolutions des filières et leurs objectifs à horizon 2020

Au-delà des dynamiques des filières en termes de développement technologique et commercial au cours de ces trois dernières années, le tableau ci-dessous présente de manière qualitative la progression enregistrée par chaque filière au regard des objectifs définis (le cas échéant) à horizon 2020, des retombées industrielles observées et des barrières au déploiement des technologies et services concernés. Différentes tendances se dessinent dans ce cadre :

- ▶ certaines filières comme les véhicules décarbonés enregistrent depuis 3 ans des évolutions importantes sur le plan industriel bien que de nombreux freins persistent, compte tenu de la taille du marché encore limité à court terme ;
- ▶ des filières matures, comme par exemple le recyclage et la valorisation des déchets, ont un poids économique considérable et progressent vers l'atteinte des objectifs définis à horizon 2020. Pour autant, le tissu industriel n'évolue que de manière limitée sur la période étudiée ;
- ▶ à l'image du bâtiment à faible impact environnemental, certaines filières reflètent la transformation d'une activité historique sous l'effet de politiques publiques incitatives et montrent de fortes évolutions depuis 3 ans ;
- ▶ dans le cas spécifique de la filière solaire et de la filière éolienne (en particulier éolien terrestre), une nette progression vers l'objectif 2020 est observée, toutefois la traduction industrielle de cette évolution reste limitée, en raison de la concurrence internationale et des bouleversements économiques et réglementaires survenus au cours des 3 années passées.

Le tableau ci-dessous présente de façon synthétique par filière les tendances de développement industriel en France et leur corrélation potentielle aux avancées sur les objectifs 2020. Cette analyse ne porte pas sur l'évaluation de l'atteinte des objectifs fixés à horizon 2020.

L'« évolution industrielle » représente ainsi de façon qualitative les évolutions depuis trois ans des filières quant au tissu économique, en particulier en termes d'emplois.

L'évaluation des freins au développement s'appuie sur les éléments présentés dans le chapitre 0 de ce document, issus des analyses réalisées par filière. Ces freins sont ainsi évalués au regard des enjeux technologiques, de compétitivité, d'acceptabilité sociale ou sociétale, d'impacts environnementaux ...

Les évaluations en termes de taille de marché national et d'emplois se fondent sur les travaux d'analyse par filière réalisés ainsi que sur des rapports transverses de l'ADEME ou du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable.

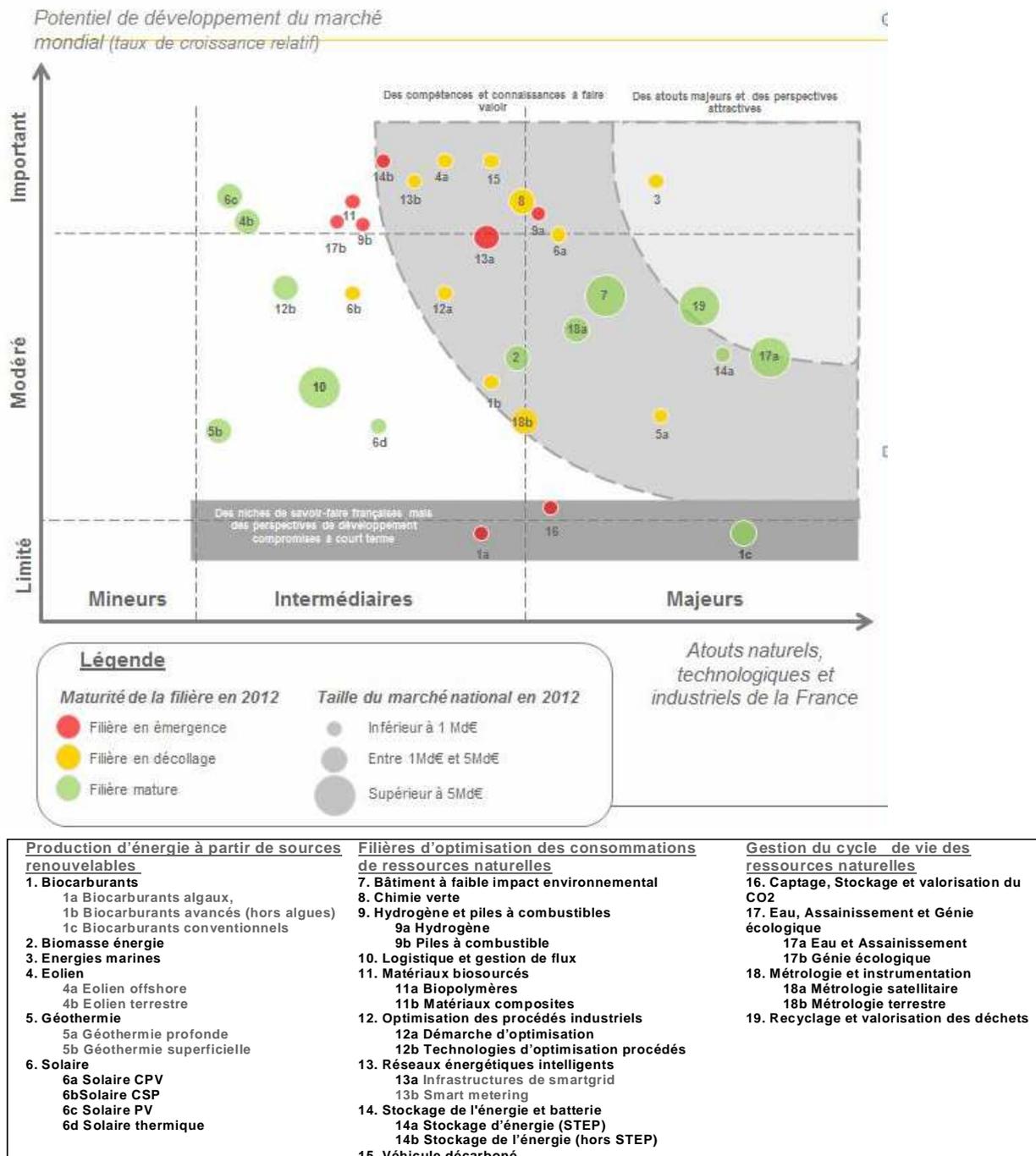
	Taille du marché national en 2012	Emplois en 2012	Objectif en 2020	Tendances 2009-2012 sur objectifs 2020	Evolution industrielle 2009-2012 en France	Freins au développement
<b>Production d'énergie à partir de sources renouvelables</b>						
<b>Biocarburants</b>	● ● ○	● ○ ○	Part d'énergies renouvelables à horizon 2020 : 10%	↗	↗	●
<b>Biomasse énergie</b>	● ● ○	● ● ○	Production électrique d'ici 2020 : 2760MW Production de chaleur renouvelable d'ici 2020 (incluant le biogaz) : 1645KTep	↗	→	◐
<b>Energies marines</b>	● ○ ○	● ○ ○	Capacité installée en 2020 : 380MW (marémoteur, hydrolien et houlomoteur)	→	↗	◐
<b>Eolien</b>	● ● ○	● ○ ○	Capacité installée d'éolien terrestre d'ici 2020 : 19 GW Capacité installée d'éolien mer d'ici 2020 : 6 GW	↗	↗	◐
<b>Géothermie</b>	● ● ○	● ● ○	Production de chaleur renouvelable d'ici 2020 : 2350KTep	→	→	◐
<b>Solaire</b>	● ● ○	● ○ ○	Capacité installée d'ici 2020 de solaire PV : 5,4GW Production de chaleur renouvelable d'ici 2020 à partir de solaire thermique : 92TKTep	↗	→	◐
<b>Optimisation des consommations de ressources naturelles</b>						
<b>Bâtiment à faible impact environnemental</b>	● ● ●	● ● ●	Economie d'énergies d'ici 2020 : 38%	↗	↗	◐
<b>Chimie verte</b>	● ○ ○	● ○ ○	Non applicable	Non applicable	↗	◐
<b>Hydrogène et piles à combustibles</b>	● ○ ○	● ○ ○	Non applicable	Non applicable	↗	◐
<b>Logistique et gestion de flux</b>	● ● ●	● ● ●	Part de transport non routier de fret en 2022 : 25%	→	→	◐
<b>Matériaux Biosourcés</b>	● ○ ○	● ○ ○	Non applicable	Non applicable	↗	◐
<b>Optimisation des procédés industriels</b>	● ● ○	● ● ○	Non applicable	Non applicable	→	◐
<b>Réseaux énergétiques intelligents</b>	● ● ○	● ● ●	Installation de compteurs Linky d'ici 2020 : 35 millions	→	→	◐
<b>Stockage de l'énergie</b>	● ● ○	● ● ○	Non applicable	Non applicable	→	◐
<b>Véhicules décarbonés</b>	● ○ ○	● ○ ○	Objectif de circulation de véhicules décarbonés en France en 2020 : 2000000	↗	↗	◐
<b>Gestion du cycle de vie des ressources naturelles</b>						
<b>Captage, Stockage et valorisation du CO2</b>	● ○ ○	● ○ ○	Non applicable	Non applicable	→	●
<b>Eau, Assainissement et Génie écologique</b>	● ● ●	● ● ●	Non applicable	Non applicable	→	◐
<b>Météorologie et instrumentation</b>	● ● ○	● ● ○	Non applicable	Non applicable	→	◐
<b>Recyclage et valorisation des déchets</b>	● ● ●	● ● ●	Réduire la production d'ordures ménagères et assimilées : 362 kg par habitant en 2013 Orienter une part plus importante des déchets ménagers et assimilés vers le recyclage : 35 % en 2012 et 45 % en 2015 Réduire le volume des déchets ménagers et assimilés incinérés et stockés d'ici à 2012 : 29,3 Mt de déchets incinérés et stockés en 2012 (- 15 % par rapport à 2008, soit 5,2 Mt en moins) Augmenter le taux de recyclage des emballages ménagers : 75 % en 2012	↗	→	◐



# Le potentiel et les perspectives de développement des filières françaises

Compte tenu des perspectives de développement des filières vertes à l'international et des évolutions observées en France depuis trois ans (dynamique de la filière française, positionnement face à la concurrence internationale, atouts et facteurs de robustesse et vulnérabilité), le schéma ci-dessous propose une représentation qualitative des potentiels de développement des filières (taux de croissance attendus) ainsi que des atouts de la France (capacités de R&D, tissu industriel, structuration des acteurs, atouts naturels...), à horizon 2020.

## Le potentiel de développement de marché à horizon 2020



Le potentiel de développement indiqué sur le schéma ci-dessus correspond au taux de croissance estimé sur un marché mondial. Ainsi, les filières dont le marché est aujourd'hui limité mais qui disposent de perspectives fortes à horizon 2020 afficheront un taux de croissance important. A contrario, des filières matures qui disposent d'un marché important aujourd'hui auront dans cette représentation un taux de croissance limité, malgré des perspectives de développement du marché qui représentent des volumes significatifs.

Les perspectives globales de développement des filières s'entendent dans un contexte de maintien des politiques actuelles en la matière. En effet, de nombreuses filières ne sont aujourd'hui pas compétitives face aux technologies traditionnelles et dépendent donc largement des dispositifs de soutien mis en place par les pouvoirs publics. De plus, la représentation des potentiels de marchés et des atouts naturels et industriels de la France est particulièrement sensible aux modifications du contexte national et international, et ce, en particulier, pour les filières dont le marché est fortement globalisé. C'est pourquoi le suivi des évolutions des filières dans le temps et de leur positionnement est capital pour assurer l'efficacité des politiques publiques.

Trois grandes typologies de filières se dégagent :

► **Des filières avec un potentiel important de développement et sur lesquelles la France dispose d'atouts.** Ces filières sont notamment l'eau et l'assainissement, le recyclage et la valorisation des déchets et les énergies marines. En effet, la France est historiquement impliquée dans le développement des activités éco-industrielles de la gestion de l'eau et des déchets. Elle compte d'ailleurs deux leaders mondiaux sur le sujet : Veolia Environnement et Suez Environnement ainsi qu'un tissu de PME dynamiques et présentes à l'export. Enfin, pour les énergies marines, la France dispose d'un potentiel naturel important (11 millions de km<sup>2</sup> de zones sous juridiction française), d'un tissu industriel expérimenté dans les domaines de l'exploitation pétrolière offshore, de l'énergie hydraulique et des constructions navales, et de centres de recherche dynamiques. Les perspectives de développement de cette filière, en décollage, sont particulièrement attractives et pourraient contribuer (en incluant l'éolien offshore ici dans le périmètre des énergies marines) à la création de près de 40 000 emplois directs et indirects d'ici 2020.

► **Des filières sur lesquelles la France dispose d'un potentiel à développer.** C'est notamment le cas de filières telles que le bâtiment à faible impact environnemental, le stockage d'énergie (pour ce qui concerne la technologie STEP), les véhicules décarbonés ou les réseaux intelligents (« smart grids »). Dans le domaine du bâtiment, la France dispose d'acteurs industriels majeurs (Vinci, Bouygues, Saint Gobain...) et d'un tissu dense de PME et TPE (93% d'entreprises de moins de 10 salariés<sup>22</sup>). Si les objectifs ambitieux de performance énergétique des bâtiments fixés dans le cadre du Plan Bâtiment du Grenelle offrent des perspectives de croissance importantes, la filière a déjà atteint une taille importante (1,4 millions d'employés). Le financement des opérations de rénovation thermique peut par ailleurs être un facteur limitant dans un contexte économique difficile. Pour le stockage d'énergie (STEP - Station de Transfert d'Énergie par Pompage), la France compte de grands acteurs industriels comme Alstom et dispose d'une capacité installée de près de 3% de la capacité installée mondiale<sup>23</sup>. En ce qui concerne le véhicule décarboné, la filière ne dispose aujourd'hui que d'un marché limité (moins de 18 000 immatriculations de véhicules décarbonés en 2011) mais devrait fortement se développer dans les années à venir. L'objectif national est de 2 000 000 de véhicules décarbonés en circulation à horizon 2020. Les entreprises françaises, se démarquent ainsi sur le véhicule électrique citadin et utilitaire léger (Peugeot Ion, Renault Kangoo ZE, Renault ZOE, Bluecar) et pourraient capter une part du marché mondial en la matière. La concurrence est en revanche plus marquée sur le segment du véhicule hybride et hybride rechargeable, avec un leadership affiché du japonais Toyota. Sur les « smart grids », la France dispose de compétences et savoir-faire historiques (électronique, électricité...) et pourrait s'appuyer sur l'Institut d'Excellence en Énergie Décarbonée SUPERGRID et l'existence de projets démonstrateurs en France pour se positionner sur le marché international. D'autres pays, disposant le plus souvent de réseaux vieillissants ou nécessitant de lourds investissements, s'impliquent cependant de façon croissante sur le sujet (Etats-Unis, Chine...).

Au-delà du seul aspect filières, il est important de souligner l'enjeu de la prise en compte des systèmes énergétiques dans leur ensemble qui intègrent aussi bien les systèmes de production (notamment d'origine renouvelable), que les systèmes de consommation et leur optimisation (optimisation des procédés, réseaux électriques intelligents...).

► **Des filières pour lesquelles les perspectives de développement semblent faibles à court terme,** en dépit d'une forte maîtrise technologique ou d'une demande en croissance. Il s'agit de filières telles que les biocarburants algaux, le captage, le stockage et la valorisation du CO<sub>2</sub>, ainsi que les biocarburants de 1ère génération. Les principaux verrous portent ici sur des questions de technologies (biocarburants algaux, captage, stockage et valorisation du CO<sub>2</sub>), de viabilité économique (captage, stockage et valorisation du CO<sub>2</sub>) et d'acceptabilité sociale (biocarburant de 1ère génération<sup>24</sup>, captage, stockage et valorisation du CO<sub>2</sub>). Pour le photovoltaïque et l'éolien terrestre, la traduction industrielle de la progression des installations

<sup>22</sup> COSEI, juillet 2011, Rapport final « Soutenir la compétitivité de la filière française du bâtiment à faible impact environnemental ».

<sup>23</sup> DGEC, 2011, Rapport sur les énergies décarbonées en 2010

<sup>24</sup> liée notamment aux conflits d'usage des matières premières agricoles

reste limitée, en raison de la concurrence internationale et des bouleversements économiques et réglementaires survenus au cours des 3 années passées

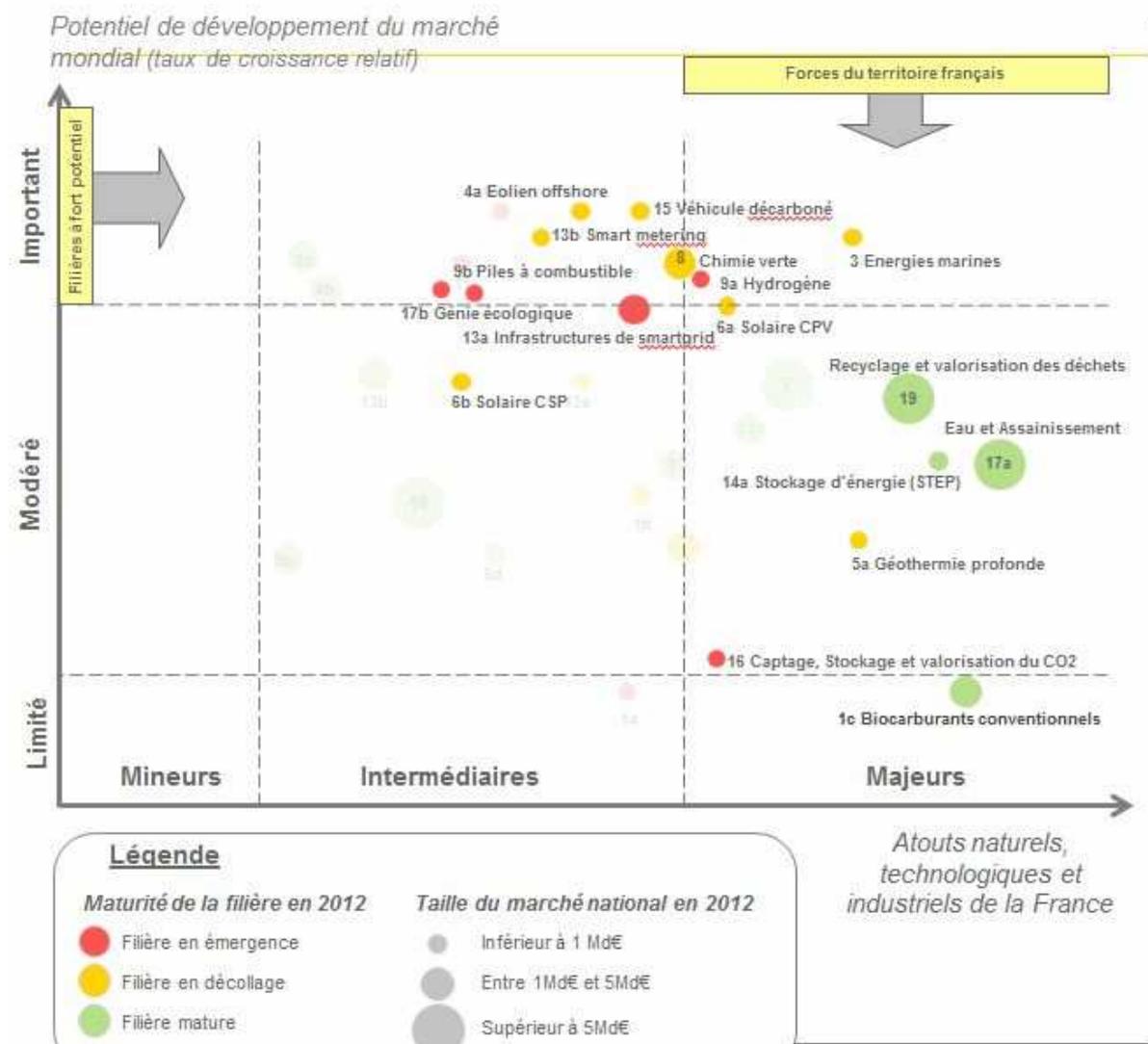
L'analyse des potentiels de développement et de la segmentation des filières détaillée en partie 2 conduit aux observations suivantes :

### **Le potentiel de développement des filières éco-industrielles à l'export**

Certaines filières présentent ou pourraient présenter des opportunités à l'export. C'est par exemple le cas des filières historiques de l'eau (gestion de services d'approvisionnement ou d'assainissement, développement à l'export de nouvelles technologies, ...) et des déchets (gestion de services de collecte, tri et recyclage, développement de nouvelles technologies, industrie des matières premières recyclées...) mais aussi d'activités plus récentes comme le génie écologique, qui permet de répondre aux objectifs de politiques publiques environnementales nationales et internationales en matière de biodiversité. La France s'appuie sur la diversité de ses écosystèmes pour faire valoir la capacité de la filière génie écologique à intervenir sur une grande variété de milieux. La filière contribuera également à réduire l'impact environnemental de nombreux secteurs d'activités économiques (carriers, pétroliers, transports, industrie agro-alimentaire...).

Les perspectives de développement à l'international dépendent de nombreux facteurs exogènes (contexte économique, concurrence internationale, politiques publiques ...), et sont particulièrement sensibles pour des filières émergentes (captage et stockage du CO2 ou énergies marines par exemple).

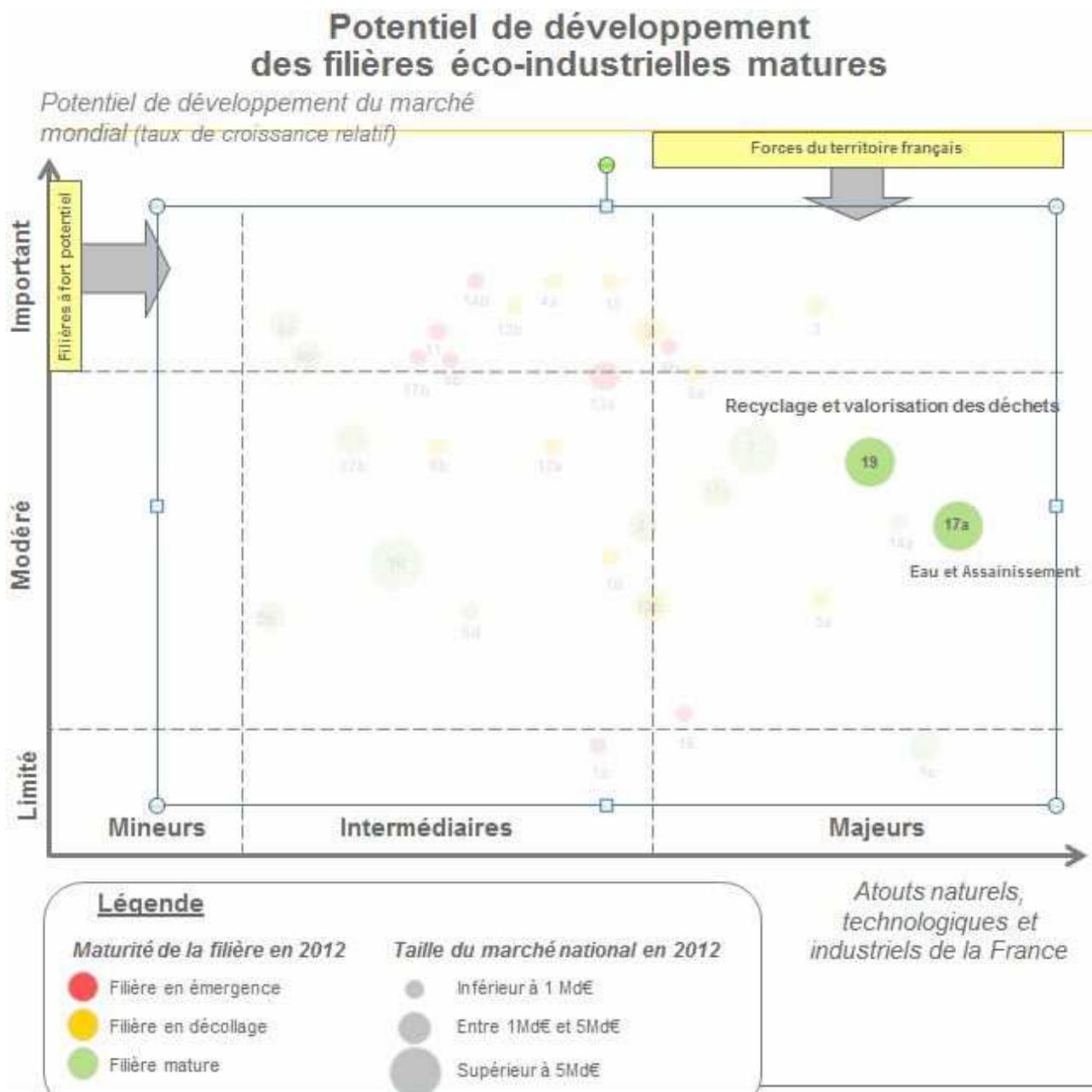
## Des filières disposant de potentiel à l'export



## Le potentiel de développement des filières éco-industrielles matures

Parmi les filières sur lesquelles la France dispose d'atouts naturels et industriels importants, les filières éco-industrielles « historiques » (eau et l'assainissement et recyclage et valorisation des déchets) sont déjà fortement présentes à l'international. Compte tenu de la taille du marché actuel de ces filières, considéré comme mature dans les pays développés, la progression relative (taux de croissance) devrait être globalement modérée d'ici 2020 à l'échelle mondiale. La progression relative devrait cependant être plus importante pour les pays émergents.

Ces filières seront cependant confrontées à des enjeux majeurs à court terme pour maintenir leurs positions : concurrence internationale accrue sur la filière de l'eau, R&D et valorisation des activités pour le recyclage et la valorisation des matières premières secondaires. Leur développement est un enjeu social fort, compte tenu des nombreux emplois, souvent peu délocalisables et répartis sur l'ensemble du territoire, que ces filières ont créés. De plus, certaines de ces activités jouent un rôle majeur dans l'économie sociale et solidaire en facilitant notamment l'insertion ou la réinsertion (ex : recyclage et valorisation des déchets).

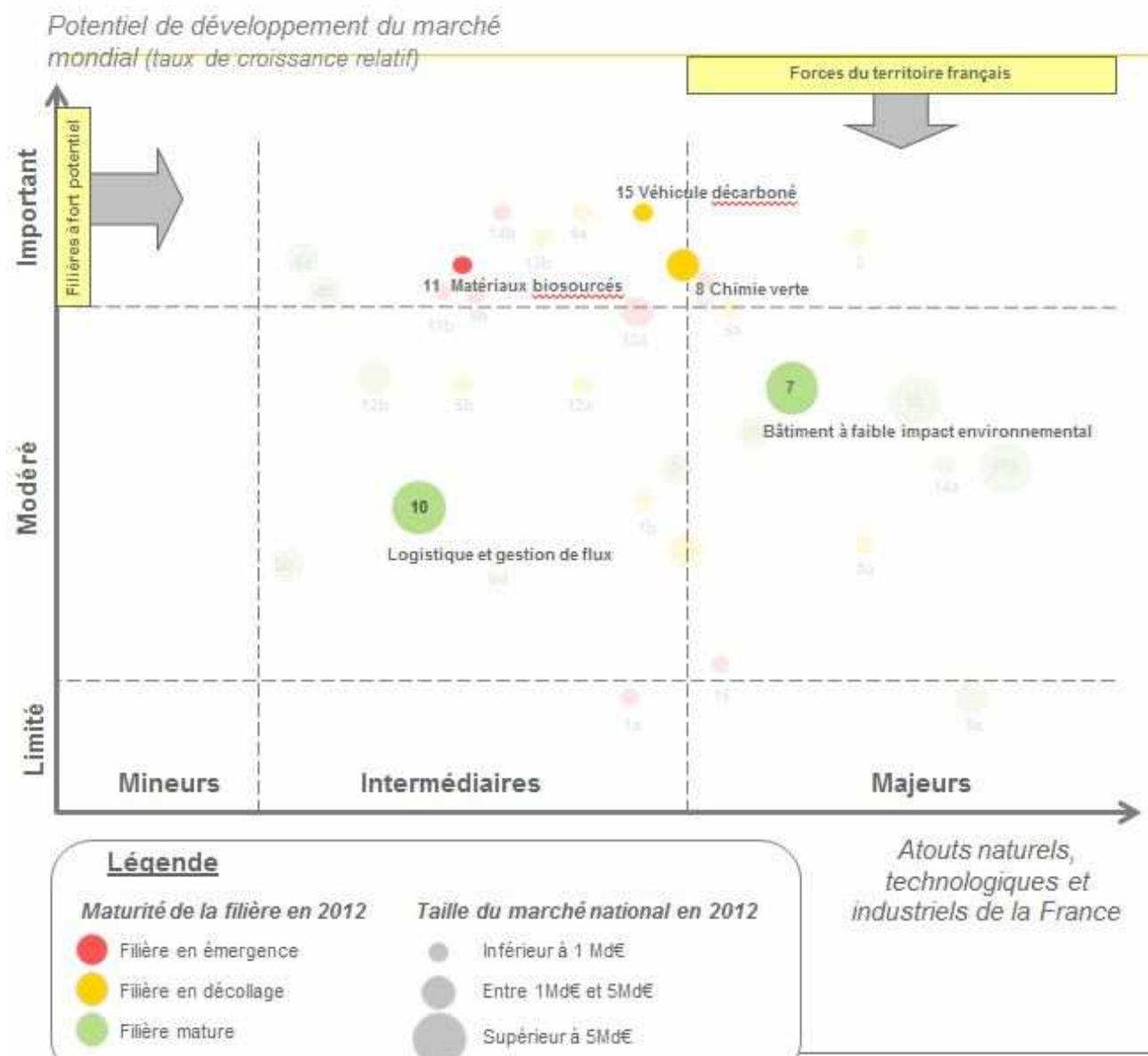


## Le potentiel de développement des filières industrielles en transition vers l'économie verte

Parmi ces filières, deux tendances se distinguent:

- ▶ D'une part, des filières matures et à fort contenu en emploi, dont la progression relative (taux de croissance) à horizon 2020 devrait être modérée compte tenu du poids du marché actuel de ces filières. Il s'agit en particulier des filières bâtiment à faible impact environnemental et logistique et gestion de flux, dont les transitions sont déjà amorcées. Ces filières seront cependant confrontées à des enjeux majeurs à court terme pour maintenir leurs positions : structuration et professionnalisation de la filière pour le bâtiment, préservation des emplois et développement de nouveaux outils et services pour la filière logistique et gestion de flux.
- ▶ D'autre part des filières en décollage ou en émergence, qui correspondent à des secteurs industriels historiques et dont la transition vers des pratiques plus durables s'opère plus récemment. Ces filières, dont le marché reste encore limité aujourd'hui, devraient connaître une progression relative importante dans les années à venir. Les enjeux pour ces filières se concentrent notamment dans le développement ou l'adaptation des compétences et la mise en œuvre de programmes de formation.

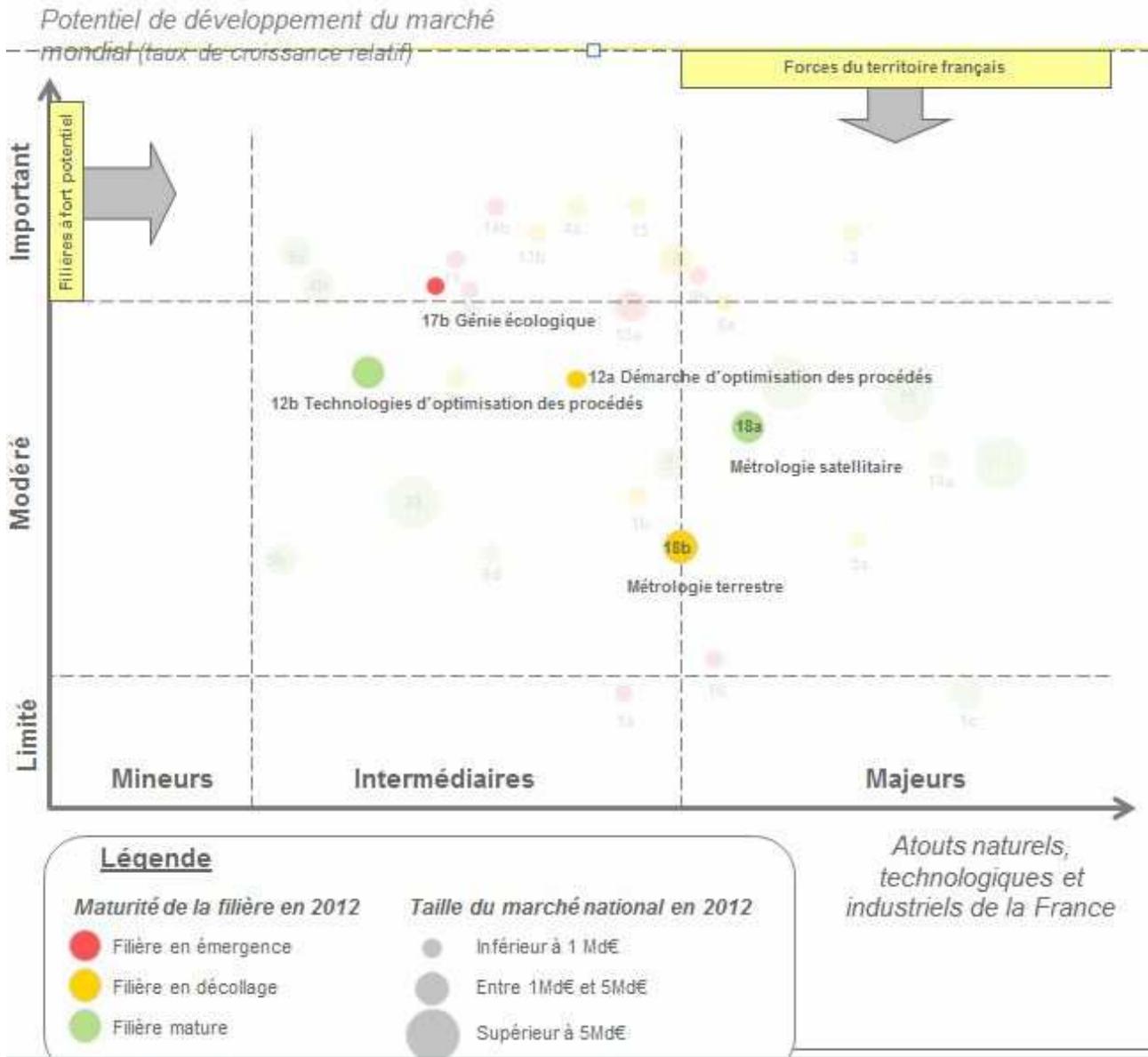
### Potentiel de développement des filières industrielles en transition vers l'économie verte



## Le potentiel de développement des filières transverses accompagnant la mutation de l'économie

Ces filières transverses présentent dans leur ensemble des progressions modérées à moyen terme. Leurs évolutions sont principalement portées par la réglementation (de façon directe ou indirecte), par l'évolution des comportements ou par une meilleure compréhension des bénéfices de ces technologies. La filière du génie écologique, en permettant aux différents secteurs de l'économie de mieux suivre l'impact de leurs activités sur les milieux naturels, est intégrée ici.

### Potentiel de développement des filières transverses accompagnant la mutation de l'économie

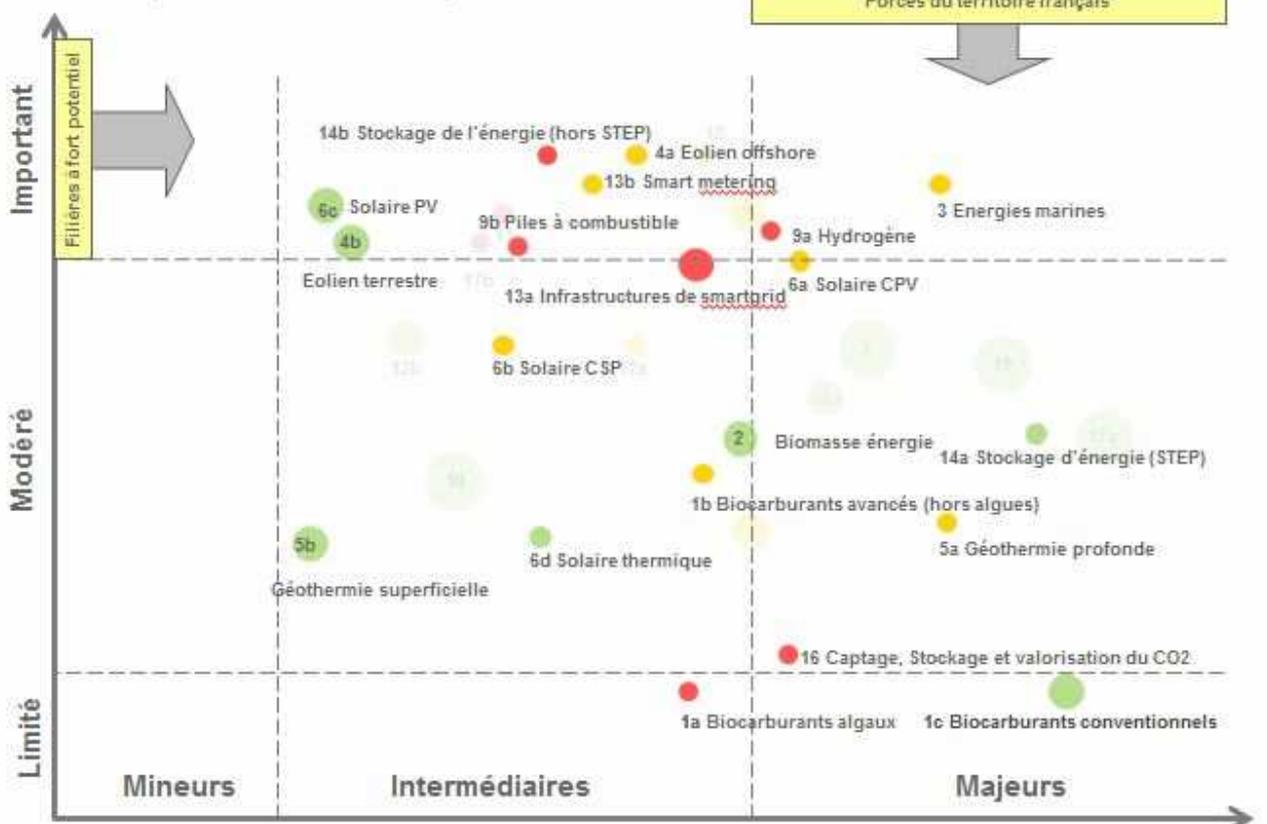


## Le potentiel des filières dont les principaux enjeux concernent le développement de technologies compétitives

Cette catégorie recouvre une grande diversité de profils en termes de perspectives de développement (entendu comme le taux de croissance) à horizon 2020 notamment compte tenu du niveau de développement de ces filières, de la taille de leur marché actuel, des dynamiques à l'œuvre et de l'intensité des freins et verrous à leur progression.

### Potentiel des filières dont les principaux enjeux concernent le développement de technologies compétitives

Potentiel de développement du marché mondial (taux de croissance relatif)



#### Légende

##### Maturité de la filière en 2012

- Filière en émergence
- Filière en décollage
- Filière mature

##### Taille du marché national en 2012

- Inférieur à 1 Md€
- Entre 1Md€ et 5Md€
- Supérieur à 5Md€

Atouts naturels, technologiques et industriels de la France

# Quelques éléments sur les politiques stratégiques de six pays en matière d'économie verte

Les États-Unis, l'Allemagne, le Royaume-Uni, le Japon, la Chine et la Corée du sud sont six pays ayant adopté des politiques ambitieuses en matière d'économie verte et ayant d'ores et déjà déployé des stratégies spécifiques à leur contexte national.

	Secteur clés
États-Unis	Un soutien majeur au véhicule électrique et un programme d'envergure sur les smart grids Des investissements importants sur la partie solaire en 2011 Des investissements prévisionnels conséquents dans le secteur de l'eau (102 milliards de dollars (MdUS\$) d'ici 2015) Mais des incertitudes quant au maintien dans la durée de certaines aides (ex : expiration en 2011 du 1603 Treasury Grant Programme – TGP ; Grant production tax credits – PTC) et des faillites d'entreprises remarquables (Solyndra dans le solaire en 2011)
Allemagne	65% des investissements verts sont allés au solaire en 2011, puis à l'éolien (29%) Des politiques ambitieuses sur de nombreuses filières industrielles de la croissance verte (véhicule décarboné, bâtiment durable..) mais des entreprises qui souffrent (Qcells par exemple).
Royaume-Uni	Des programmes ambitieux sur les énergies renouvelables (biocarburant, éolien, ..) avec par exemple une cible de 25 GW supplémentaires d'éolien offshore d'ici à 2020 Un programme de rénovation énergétique du bâtiment et de construction neuve
Japon	Un programme d'investissement d'ampleur sur les énergies renouvelables après l'accident de Fukushima Une implication forte sur le véhicule décarboné (électrique, hybride ou hydrogène), les piles à combustibles ou le recyclage des déchets (en particulier sur les terres rares)
Chine	7 industries qualifiées de stratégiques pour l'avenir, incluant les économies d'énergie, la protection de l'environnement, les énergies propres, les transports décarbonés et les nouveaux matériaux
Corée du sud	Une politique volontariste avec une part significative du plan de relance consacrée aux filières vertes (plus de 60%). Des investissements anticipés de 24 milliards de dollars (MdUS\$) dans les smart grids Une politique volontariste en matière de véhicules décarbonés (y compris hydrogène)

## Structure du marché

### Axes prioritaires de développement

- ▶ Véhicules électriques
- ▶ Biocarburants
- ▶ Solaire PV
- ▶ Éolien
- ▶ Smart grid
- ▶ Eau

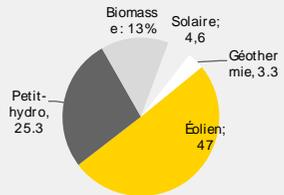
### Capacité installée

- ▶ Les USA ont regagné leur place de leader parmi les pays du G-20 en 2011 en termes d'investissements dans les énergies propres en croissance de 42% (48.1 MdUS\$)
- ▶ 93 GW de capacité installée d'EnR à fin 2013 (+28% sur 5 ans)
- ▶ Nouvelles capacités solaires de 1 GW sur 2011
- ▶ 2<sup>nd</sup> pays au monde par sa capacité éolienne installée avec 46.9 GW

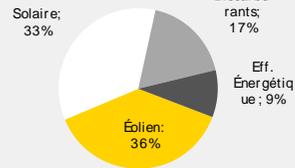
### Investissements verts

- ▶ Les investissements ont augmenté de 51% en 2010 par rapport à 2009 pour atteindre 34 MdUS\$.
- ▶ Le secteur éolien a attiré 50% des investissements en 2010
- ▶ 4.5 MdUS\$ ont été alloués au financement de projets de petite taille

### Mix renouvelable (GW)



### Investissements verts par secteur (2005-11)



### Paysage industriel

- ▶ Environ 4 729 entreprises sont concernées par les technologies vertes.

Sources: *Who's winning the clean energy race, 2011 edition*, Pew Charitable Trusts; Bloomberg New Energy Finance; Ernst & Young analysis  
BMI USARenewables report

## Principales politiques, mesures & cibles

- ▶ Un volet vert du plan de relance soutient massivement l'économie verte (66MdUS\$) via l'American Recovery and Reinvestment Act (ARRA). Ce plan devrait permettre la création de 5 millions d'emplois verts à horizon 2020
- ▶ Un programme du ministère de l'énergie (DOE) dans le cadre de l'ARRA de 2.4 MdUS\$ pour les véhicules électriques
- ▶ Un soutien appuyé à la R&D et des programmes d'achats publics qui vise les produits américains (ex : Biopreferred) sur les biocarburants
- ▶ Une proposition de budget pour 2013 qui redirige des subventions allouées au secteur du pétrole et du gaz vers les EnR sur le long terme
- ▶ L'initiative solaire californienne : 3.2 MdUS\$ pour construire 3 000 MW d'énergie solaire
- ▶ Des investissements majeurs dans les smart grid (cf infra)
- ▶ Des investissements prévisionnels dans le secteur de l'eau à horizon 2025 de plus de 150 MdUS\$
- ▶ Des niveaux de subventions importants mais des incertitudes quant au maintien dans la durée de ces aides (ex : expiration en 2011 du 1603 Treasury Grant Programme –TGP; Grant production tax credits –PTC)

## Déterminants du marché

- ▶ Un soutien politique et financier majeur dans le cadre du volet vert du plan de relance
- ▶ Sécurité énergétique
- ▶ Rareté des ressources et élévation du prix de l'énergie
- ▶ Réponse industrielle au changement climatique et transformation de l'économie pour profiter du potentiel de croissance des filières vertes
- ▶ **Mais :**
  - ▶ Un manque d'interconnexion du réseau, limitant le développement et l'intégration des énergies renouvelables
  - ▶ Des faillites de projets (Solar Trust of America) et d'entreprises sur le solaire notamment (Solyndra)

## La révolution des smart-grids

- ▶ Le DOE estime que les pannes et blackouts coûtent au pays 150 MdUS\$ chaque année.
- ▶ Le gouvernement fédéral a alloué 4.5 MdUS\$ au programme pour la modernisation du réseau : « *Smart Grid Investment Grant program* » (SGIG)
- ▶ Il y a plus de 140 projets de smart-grids, ce qui a attiré près de 5.5 MdUS\$ d'investissements d'origine publique et privée.
- ▶ *The New York Independent System Operator* (NYISO) a annoncé le lancement d'une opération de réseau intelligent pour 74 MdUS\$, en partenariat avec le DOE.
- ▶ La *California Public Utilities Commission* (CPUC) refléchit aussi au développement du smart-grid en Californie

## Entreprises leaders

Entreprise	Segment	Capboursière (MdUS\$)
Tesla Motors Inc	Transport décarboné	\$3.5
Cree Inc	Efficacité énergétique	\$3.3
Acuity Brands, Inc	Équipements d'éclairage	\$2.2
Covanta Holding Corp	Biomasse	\$2.1
First Solar Inc.	Solaire	\$1.7
Ittron Inc	Efficacité énergétique	\$1.7
Universal Display Corp	LED organique	\$1.6

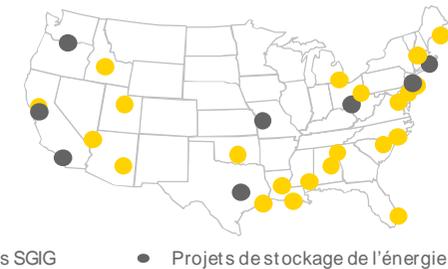
\*Based on market cap as on 9 April, 2012

## Éolien Offshore: de nouvelles opportunités

- ▶ Cape Wind développe le 1<sup>er</sup> parc éolien offshore du pays de 420 MW à Nantucket Sound
- ▶ Deepwater Wind LLC développe un projet de ferme éolienne offshore au large de Rhodes Island, qui générerait 1,3 millions MWh chaque année
- ▶ Mais l'opposition à l'éolien offshore reste un challenge pour l'industrie.

Initiative:	Objectifs:	Cible:
Innovation & démonstration dans l'offshore	Réduire le coût de l'énergie et le temps de développement	10 GW installés à 10 cents/kWh d'ici à 2020; 54 GW à 7 cents/kWh d'ici à 2030

## Principaux projets de smart-grids



## Structure du marché

### Axes prioritaires de développement

- ▶ Solaire PV
- ▶ Biomasse énergie
- ▶ Éolien
- ▶ Bâtiment durable
- ▶ Véhicules décarbonés
- ▶ Déchets

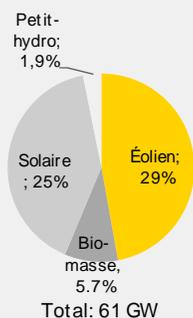
### Capacité installée

- ▶ Capacité renouvelable installée totale de 61 GW, en hausse de 19% sur les 5 dernières années
- ▶ 700 MW de biomasse énergie en plus sur la seule année 2011

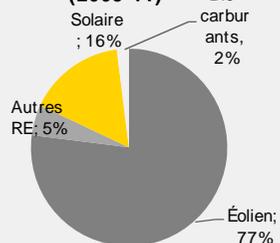
### Investissements verts

- ▶ Une baisse de 5% des investissements verts pour un montant 30.6 MdUS\$, faisant passer l'Allemagne au 3<sup>ème</sup> rang mondial
- ▶ Déploiement de 7.5 GW de puissance solaire installée
- ▶ Plus des 2/3 des capacités solaires installées sont constitués de projets de petite taille

### Mix renouvelables (GW)



### Investissements verts par secteur (2005-11)



### Paysage industriel

- ▶ Approximativement 1 309 entreprises sont concernées par les technologies vertes.

Sources: *Who's winning the clean energy race, 2011 edition*, Pew Charitable Trusts; Bloomberg New Energy Finance; Ernst & Young analysis

## Principales politiques, mesures & cibles

- ▶ L'Allemagne envisage la fermeture de l'ensemble de ses centrales nucléaires d'ici à 2022.
- ▶ Le gouvernement projette de répondre aux besoins énergétiques du pays avec des renouvelables à hauteur de 35% d'ici 2020 puis 80% d'ici 2050.
- ▶ Dans le passé, le segment des renouvelables bénéficiait d'un tarif de rachat incitatif. Les subventions sont désormais réservées aux économies d'énergie mais de nouveaux modèles d'incitations ont été introduits pas la loi EEG.
- ▶ L'éolien offshore continue d'être largement subventionné et nécessite de lourds investissements sur le réseau.
- ▶ Le « concept énergétique » de 2010 vise la rénovation de 2% des bâtiments existants par an. D'ici 2020 la consommation d'énergie destinée au chauffage doit être réduite de 20% et les besoins en énergie primaire réduits de 80% d'ici 2050.
- ▶ Le plan national de développement de l'électromobilité vise à avoir 1M de véhicules électriques sur les routes d'ici 2020 et 6M d'ici 2030. Il prévoit 1,5Mds€ de financements pour le développement des véhicules, des systèmes de stockage d'énergie et des infrastructures.
- ▶ D'ici 2015, les déchets organiques, le papier, le métal, le plastique et le verre seront collectés séparément à travers toute l'Allemagne.

## Déterminants du marché

- ▶ L'Allemagne s'est engagée sur la voie de la transition énergétique (*Energiewende*), qui sous-entend 1 trillion€ d'investissements.
- ▶ Les énergies renouvelables bénéficient d'une connexion privilégiée au réseau. Ce réseau (électricité, gaz) requiert une mise à niveau importante, détaillée dans le *Netzentwicklungsplan*. Les difficultés de raccordement engendrent de grands retards sur les projets d'éolien offshore (RWE, Vattenfall, E.ON.)
- ▶ Le solaire PV et l'éolien sont les deux technologies vertes dominantes, mais subissent la pression des concurrents asiatiques engendrant des pertes d'exploitations (SolarWorld) voire des faillites (Qcells, Sovello). Une enquête antidumping de la Commission européenne contre les fabricants chinois de panneaux solaires est d'ailleurs en cours.
- ▶ Climat favorable aux véhicules décarbonés : 200 000 allemands utilisent 5 000 véhicules en covoiturage pour de courtes distances.

Source: BMU-KI III 1 according to Working Group on Renewable Energy; Statistics (AGEE-Stat); as at Dec 2011; Roland Berger ; BMI Germany Renewables report

## Entreprises leaders

Entreprise	Segment	Cap boursière (MdUS\$)
SMA Solar Technology AG	Solaire	\$1,362.7
CropEnergies AG	Biocarburants	\$560.3
Nordex SE	Éolien	\$410.8
Roth & Rau	Solaire	\$364.4
aleo solar AG	Solaire	\$320.4
Solar World AG	Solaire	\$315.6

\*Based on market cap as on 9 April, 2012

## Biomasse énergie - biocarburants

- ▶ La biomasse compte actuellement pour 5% de la demande allemande en énergie primaire et devrait augmenter jusqu'à 11% pour 2020.
- ▶ Les 17 millions d'hectares de terres agricoles et les 11 millions d'hectares de forêts constituent un gisement de biomasse particulièrement intéressant.
- ▶ Un bonus pour encourager la pratique de l'ensilage lors de la production de biomasse énergie a été introduit.
- ▶ Les objectifs du gouvernement sont d'augmenter la part de marché des biocarburants de 7% d'ici à 2020.

## Plan photovoltaïque pour 2020

- ▶ L'association professionnelle allemande dédiée au solaire (BSW) souhaite réduire les coûts des panneaux de 50% d'ici à 2020
- ▶ BSW vise l'installation de 52-70 GW de panneaux photovoltaïques supplémentaires d'ici à 2020, faisant du PV un pilier du mix énergétique allemand.
- ▶ L'industrie allemande du PV planifie d'augmenter des dépenses en R&D et de faire atteindre 12% de part de marché mondiale à ses produits.
- ▶ La filière rencontre cependant aujourd'hui des difficultés majeures (faillites d'entreprises..)

## Structure du marché

### Axes prioritaires de développement

- Éolien
- Biocarburants
- Efficacité énergétique – Bâtiment durable
- Smart grid
- Véhicules décarbonés

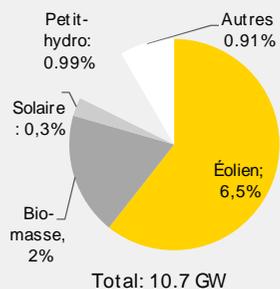
### Capacité installée

- Plus de 800 MW de capacité éolienne installée en 2011, aux côtés de 300 MW solaire et 500 MW de biomasse.
- N° 1 selon l'indice éolien offshore d'attractivité Ernst & Young

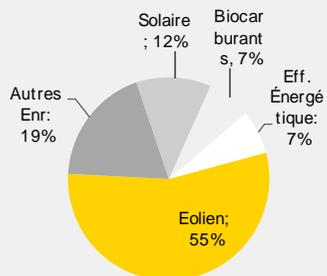
### Investissements verts

- Le montant global des investissements verts a augmenté de 35% pour atteindre 9.4 MdUS\$, plaçant le pays au 7ème rang des pays du G-20
- Plus de la moitié des investissements étaient dirigés vers les technologies solaires (4.8 MdUS\$), et 25% (2.3 MdUS\$) dans l'éolien

### Mix renouvelables (GW)



### Investissements verts par secteur (2005-11)



### Paysage industriel

- Approximativement 1 158 entreprises sont concernées par les technologies vertes.

Sources: *Who's winning the clean energy race, 2011 edition*, Pew Charitable Trusts; Bloomberg New Energy Finance; Ernst & Young analysis

## Principales politiques, mesures & cibles

- Un objectif de contribution des EnR dans le mix énergétique à hauteur de 15% à horizon 2020.
- Un groupe de travail chargé de réfléchir aux moyens à déployer pour réduire les coûts associés à l'éolien offshore vers £100/MWh d'ici 2020.
- La part des biocarburants devrait atteindre 5% d'ici à 2014 par rapport aux autres carburants classiques.
- Un soutien aux véhicules décarbonés via un bouquet de mesures incitatives pour soutenir l'achat
- La mesure incitative *Renewable Heat Incentive* (RHI) qui cible la chaleur d'origine renouvelable (géothermie par exemple) vise les 12% de production de chaleur d'origine renouvelable d'ici à 2020.
- Un programme complet de mesures pour l'efficacité énergétique et le bâtiment durable
- Les grandes lignes d'un programme de construction de bâtiment basse consommation dessiné par le Green building Council à horizon 2016
- Une banque dédiée aux investissements verts créée en 2012 (début des activités 2015/2016) avec 775 millions de livres de financements publics. Un abondement privé estimé à 15 milliards.

## Entreprises leaders

Entreprise	Segment	Cap boursière (MdUS\$)
Nandan Cleantec PLC	Biocarburants et EnR	\$406.3
ITM Power PLC	Stockage de l'énergie	\$119.6
AFC Energy PLC	Stockage de l'énergie	\$77.9
Oxford Catalysts Group PLC	Biomasse énergie	\$68.0
PowerHouse Energy Group PLC	Production d'énergie	\$44.0
Clean Air Power Ltd	Gaz naturel	\$37.5
Alkane Energy PLC	Méthanisation	\$34.9

## Mise en place d'un programme de compteurs intelligents

- Le gouvernement a l'intention de remplacer 53 millions de compteurs par des compteurs intelligents, pour le gaz et l'électricité.
- Le département de l'énergie et du climat (DECC) vise le déploiement massif pour 2014 et compte achever le processus pour 2019.
- Le gouvernement a dédié près de 5 millions de livres pour cet ambitieux projet.

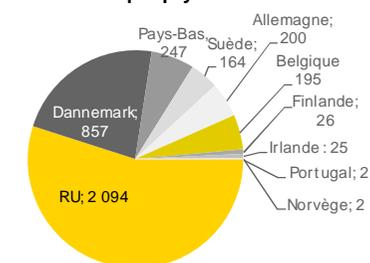
## Déterminants du marché

- Confronté à un déficit de production d'énergie, le pays fait face à un besoin très important de production d'énergie d'origine renouvelable. (Plus de 19 GW de capacité installée de production d'énergie devraient être démantelés d'ici à 2020 et davantage d'ici à 2023).
- Mais un réseau électrique qui rencontre des difficultés pour intégrer les énergies renouvelables

## Leader en matière d'éolien offshore

- Le Royaume-Uni est le leader en matière d'éolien offshore avec 1,858 MW de puissance installée.
- Le pays s'est fixé comme objectif d'installer 25 GW supplémentaires d'ici 2020.
- Le gouvernement souhaite simplifier les démarches administratives nécessaires au développement des projets offshore.
- Tous les instruments incitatifs mis en place et les projets en cours sont supposés apporter un retour sur investissements significatif.
- Le RO régime (Renewable obligations) pourrait être prolongé jusqu'en 2037 pour favoriser la stabilité et la confiance des investisseurs.
- Le Gouvernement a lancé un fonds de 60 millions de livres pour soutenir son portefeuille de projet.

## Capacité éolienne offshore installée dans l'UE par pays



Source: EWEA report 2011

## Structure du marché

### Axes prioritaires de développement

- ▶ EnR (Solaire, Eolien offshore, Energies marines, Géothermie...)
- ▶ Stockage d'énergie propre
- ▶ Véhicules décarbonés
- ▶ Recyclage
- ▶ Éclairage à LED

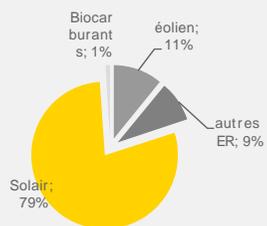
### Investissements verts

- ▶ En réaction à l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima, les investissements verts ont augmenté de 23% atteignant 8,6 Mds US\$ en 2011.
- ▶ 94% des investissements concernent l'énergie solaire et principalement de petites capacités de distribution.
- ▶ 190 MW supplémentaires ont été déployés en solaire à l'échelle commerciale ainsi que 150 MW en éolien.

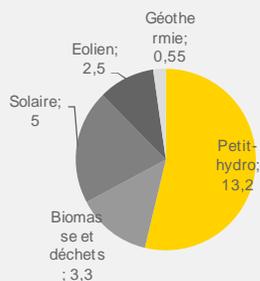
### Capacité installée

- ▶ Capacité installée d'énergies propres de 24 GW, avec un taux de croissance de 16% pour les 5 dernières années.
- ▶ Le Japon a pour objectif de produire 5GW d'éolien et 28 GW de solaire d'ici 2020.

### Investissements verts par secteur (2005-11)



### Capacité installée (Total 24 GW)



### Paysage industriel

- ▶ Environ 342 entreprises "pure-play cleantech" (POEs, SOEs, Public, VC/PE-backed)

Sources: Pew report 2012, Bloomberg New Energy Finance, Ernst & Young analyse

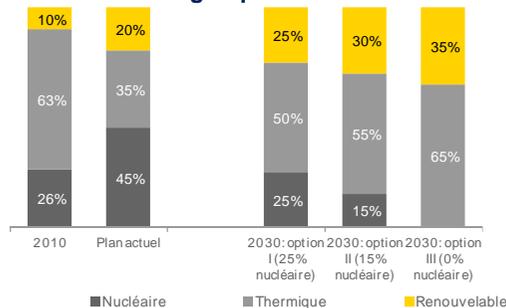
### Principales politiques, mesures & cibles

- ▶ Une obligation via le Japanese Renewable Portfolio Standard (RPS) pour les fournisseurs d'électricité d'inclure dans leur mix énergétique de l'électricité d'origine renouvelable.
- ▶ Un tarif d'achat garanti sur les EnR parmi les plus importants au monde (cf ci-contre)
- ▶ Une législation assouplie par le Ministère de l'Environnement en mars 2012, permettant la production d'énergie géothermique parmi des parcs désignés.
- ▶ Des études de faisabilité à réaliser pour les énergies renouvelables dans les zones touchées par le tremblement de terre et le tsunami l'an passé.
- ▶ Efforts gouvernementaux pour promouvoir l'éolien offshore en démarrant un projet de démonstration sur cinq ans pour créer le plus grand parc éolien offshore flottant.
- ▶ Lancement de projets de recherche sur le stockage d'énergie et sur les smart-grids.
- ▶ Implication forte sur le véhicule décarboné: Honda, Nissan et Toyota ont déclaré que 2015 marquerait le début de la production de « masse » de voitures à pile à hydrogène.
- ▶ Une réglementation et une gestion des déchets spécifiques, en particulier pour les appareils électroniques (Act on the Promotion of Recycling of Used Small Electronic Devices), assurant un recyclage efficace des métaux et notamment des terres rares.

### Déterminants du marché

- ▶ Volonté de réduire autant que possible la dépendance énergétique nucléaire à moyen et long terme qui induit une nouvelle politique
- ▶ Volonté de sécuriser la production d'énergie en assurant celle d'énergies alternatives, dans un contexte mondial d'incertitude.
- ▶ Lutte contre le réchauffement climatique en continuant de réduire les émissions de CO2.

### Mix énergétique à horizon 2030



Source: Options for Energy and the Environment, National Policy Unit, July 2012

### Entrepris leaders du marché

Entreprise	Segment	Cap boursière (US\$m)
Tsukishima Kikai	Environnement	\$381
Kobelco Eco-Solutions	Traitement de l'eau	\$341
Endo Lighting Corp.	Efficacité énergétique	\$254

### L'éclairage à LED

- ▶ Les ventes d'éclairages à LED au Japon devraient se chiffrer à 4.6MdUS\$ (€ 3.4Mds) en 2012, soit une augmentation de 69% par rapport à 2011. Le chiffre d'affaires annuel global généré par ces ventes est d'environ 40MdUS\$ (30Md€).
- ▶ Environ 75% des recettes provenant des ventes de lampes de plafonds en Mars 2012 provenaient de LED.
- ▶ Les trois meilleures ventes de luminaires LED sont produites par des sociétés japonaises (Panasonic, Toshiba et Sharp).

### Programme « Tarif d'achat garanti »

- ▶ Les compagnies d'électricité paieront 53 ct / kWh pendant 20 ans aux producteurs d'énergie solaire, presque deux fois le taux en Allemagne.
- ▶ Tarifs proposés pour l'éolien, la géothermie, la biomasse et l'hydroélectricité parmi les plus élevés au monde.

### Energie solaire et éolienne en hausse

- ▶ La capacité cumulée d'énergie solaire et éolienne devrait atteindre 20 GW d'ici 2014, nécessitant des investissements allant jusqu'à 37.5 US\$ dans les trois prochaines années.
- ▶ Le Japon est sur le point de dépasser l'Allemagne et l'Italie et deviendrait le deuxième plus grand marché mondial pour l'énergie solaire.
- ▶ Selon le ministère de l'Environnement, le Japon dispose d'un potentiel éolien offshore de 1.6 GW, que le gouvernement vise à exploiter et commercialiser dans un avenir proche.
- ▶ Les rendements estimatifs des projets d'énergie solaire et éolienne pourraient atteindre respectivement 44% et 51%

### Promouvoir l'énergie géothermique

- ▶ Les ressources géothermiques sont estimées à 23,5 GW (troisième gisement mondial) – La capacité développée est seulement de 0,54GW, soit moins de 3% de son potentiel.
- ▶ Les restrictions sur le forage direct et la construction de centrales ont été assouplies dans les parcs nationaux, y compris les régions volcaniques. Les parcs contiennent environ 80% des ressources géothermiques du pays.
- ▶ Les entreprises japonaises ont un avantage sur le marché mondial de l'énergie géothermique centrale, avec une part de marché de près de 70%

Mesures

## Structure du marché

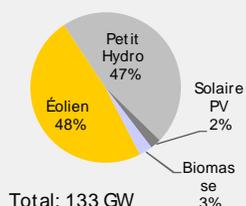
### Axes prioritaires de développement

- ▶ EnR (Éolien, Solaire, Petit hydraulique...)
- ▶ Smart-grid
- ▶ Transport décarboné
- ▶ Eau
- ▶ Air

### Capacité installée

- ▶ Leader mondial en termes de capacité d'énergies propres installées avec 133 GW à ce jour
- ▶ N°1 en capacité installée globale
- ▶ 2.3 GW de nouvelles capacités installées en 2011, essentiellement des projets industriels

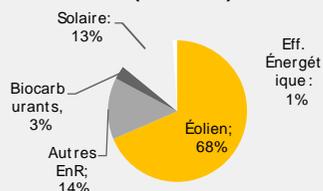
#### Mix des renouvelables



### Investissements verts

- ▶ Le secteur éolien a attiré 29 MdUS\$ en 2011
- ▶ N°3 en termes de croissance des investissements verts sur 5 ans avec 37%

#### Investissements verts par secteur (2005-11)



### Paysage industriel

- ▶ 2 199 acteurs investis dans les filières vertes

5 sur 7 industries d'avenir concernent les éco-technologies

En 2010, la Chine a adopté une mesure stratégique de soutien visant à encourager le développement de 7 industries stratégiques d'avenir, incluant les économies d'énergie, la protection de l'environnement, les énergies propres, les transports décarbonés et les nouveaux matériaux. En 2011, d'autres mesures incitatives ont été lancées, pour encourager les fonds de venture capital à investir dans ces industries.



Sources: Who's winning the clean energy race, 2011 edition, Pew Charitable Trusts; Bloomberg New Energy Finance; Ernst & Young analyse

## Principales politiques, mesures & cibles

- ▶ 5 sur 7 industries d'avenir concernent les éco-technologies

▶ 11<sup>ème</sup> et 12<sup>ème</sup> plans quinquennaux : des mesures en faveur de la biomasse, de l'éolien, du solaire, de la géothermie, des smart-grids et des transport-véhicules décarbonés

- ▶ 46 MdUS\$ alloués au volet vert du plan de relance

▶ Une politique agressive en matière de renouvelables et des investissements de l'ordre de 5 trillions de Yuan d'ici 2020

- ▶ Objectifs solaires multipliés par 4 en 2012 pour l'horizon 2015
- ▶ Objectif de 1 million de véhicules électriques sur les routes d'ici 2015 et 5 millions en 2020. Un objectif de 20% des parts de marchés mondiaux en 2020 et 28% en 2030.
- ▶ Un objectif de réduction de 10% de la DCO dans l'eau potable et une capacité supplémentaire de traitement d'eaux usées de 45Mt/j en ville et 1Mt/j pour les industries.
- ▶ Objectif de réduire les émissions de SO2 dans l'air de 10%

Segment	Cible 2012
EnRen % du total	20%
Hydro	300GW
Éolien	150GW
Solaire PV	20GW
Biomasse	30GW
Bioéthanol	10 mil tons
Biodiesel	2 mil tons

## Déterminants du marché

- ▶ Volonté de changer de modèle : passer d'une base pour la fabrication des éco-technologies à bas coûts à une économie davantage basée sur l'innovation
- ▶ Sécurité énergétique et demande énergétique en hausse
- ▶ Augmentation de l'export et création d'emplois
- ▶ Accélération de l'urbanisation et augmentation de la population, nécessitant des besoins accrus en capacité de traitement de l'eau et usine d'approvisionnement en eau potable. La Chine fait notamment appel à des entreprises étrangères pour y faire face
- ▶ Participation à un cycle de recherche sino-européen afin de développer une technologie membranaire, plus performante.

Comment cette énergie sera transmise là où elle est demandée?



Smart grid: des sites de production de grande envergure en réponse à la demande énergétique en constante hausse

Plus de 60 MdUS\$ seront investis dans la transformation et l'amélioration du réseau pour les 10 prochaines années. L'opérateur national de réseau recherche des partenaires pour investir conjointement dans le réseau chinois.

## Entreprises leaders\*

Entreprise	Segment	Cap boursière (MdUS\$)
China Longyuan Power Group Corp Ltd	Éolien	\$6.3
Sinovel Wind Group Co Ltd	Éolien	\$4.8
Xinjiang Goldwind Science & Technology Co Ltd	Éolien	\$2.8
Sanan Optoelectronics Co Ltd	Efficacité énergétique	\$2.5
Huaneng Renewables Corporation Limited	Éolien	\$2.0
Guodian Technology & Environment Group Co Ltd	Efficacité énergétique	\$1.7
Beijing Jingyutong Technology Co., Ltd	Solaire	\$1.6

## Le leadership chinois

Les principales entreprises dans l'éolien (2011)

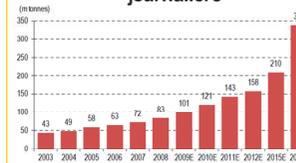
Entreprise (pays)	Capacité installée (GW)
Vestas (Denmark)	5.5
Goldwind (China)	3.9
Enercon (Germany)	3.2
Suzlon (India)	3.1
Siemens (Germany)	3.1
GE Wind (US)	3.1
Sinovel (China)	3.0
Guodian United Power (China)	2.9
Gamesa (Spain)	2.7
Ming Yang (China)	1.2

Les principales entreprises dans le solaire (2011)

Entreprise (pays)	Capacité installée (MW an)
GCL-Poly Energy (China)	8000
LDK Solar (China)	4300
Renosolar (China)	2000
Yingli (China)	1700
Suntech (China)	1600
Trina Solar (China)	1200
REC Group (Norway)	1074
JA Solar (Germany)	1000

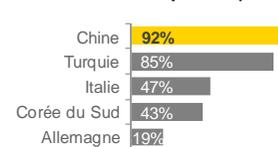
Source: Bloomberg New Energy Finance

## Capacité de traitement de l'eau journalière



Source: Sound Global offering document quoting Ernst & Young report dated Dec 2009  
Source: Ernst & Young, 2009

## Croissance ENR prévue (5 ans)



Source: Pew Report 2011

## Structure du marché

### Axes prioritaires de développement

- EnR (Solaire, Eolien, ...)
- Véhicules électriques
- Hydrogène et piles à combustible
- Smart grid

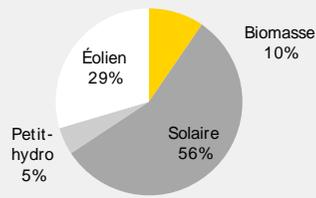
### Capacité installée

- La Corée du sud dispose à l'heure actuelle d'une très faible capacité d'énergie renouvelable installée (1.7 GW)
- Plus de 150 MW d'énergie solaire ont été mis en service en 2011, principalement des projets d'envergure industrielle
- 50 MW éoliens ont été également installés en 2011

### Investissements verts

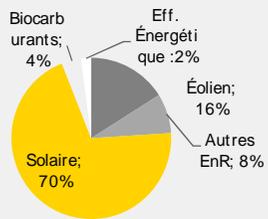
- Les investissements ont baissé de 43% pour atteindre 333 millions de dollars en 2011
- Le pays se classe 15<sup>ème</sup> parmi les pays du G-20 en termes d'investissements verts
- Les investissements ont globalement décliné de 9% ces 5 dernières années

### Mix renouvelables (GW)



Total: 1.7 GW

### Investissements verts par secteur (2005-11)



### Paysage industriel

- Approximativement 179 entreprises sont concernées par les technologies vertes.

Sources: *Who's winning the clean energy race, 2011 edition*, Pew Charitable Trusts; Bloomberg New Energy Finance; Ernst & Young analysis

## Principales politiques, mesures & cibles

- Une politique volontariste affichée à l'international avec une part significative de son plan de relance consacrée aux filières vertes (plus de 60%). Un volet vert, le Green new deal stimulus package, qui s'élève à 32 MdUS\$
- Le système du tarif de rachat a évolué en 2012 en un mécanisme de portfolio *Renewable Portfolio Standard (RPS)*, qui imposera des projets de plus de 500 MW afin de générer 3,5% d'énergie à partir de sources renouvelables à horizon 2015 et 10% d'ici 2020.
- Un crédit d'impôt de 5% accordé aux technologies EnR et une subvention de 60% sur les installations
- Taux d'intérêts avant ageux (5.5% à 7.5%), incluant 5 ans d'exemption et 10 ans de remboursement
- Un soutien fort à la R&D (ex : 100 US\$m environ par an pour la filière piles à combustible).
- Un plan d'action sur les smart grids (cf ci-contre)

## Déterminants du marché

- Une dépendance énergétique forte : 50% d'importations d'énergie.
- Une demande énergétique multipliée par 4 en 20 ans, faisant de la Corée le 10<sup>ème</sup> pays le plus consommateur d'énergie du monde
- L'augmentation de la population et la hausse des revenus vont faire s'élever la demande en énergie.
- L'initiative gouvernementale *Green Growth Initiative* souhaite faire de la Corée le 7<sup>ème</sup> pays au monde en termes de capacité d'énergie propre installée d'ici à 2020.
- Des projets d'envergure en matière de construction d'usines de traitement d'eau, notamment réalisés par des acteurs étrangers (projet de 17 millions d'euros conduit par Veolia eau)

### Véhicules électriques

- 1 million de véhicules électriques et 2.2 millions de points de recharge devraient être installés d'ici 2020.
- Une volonté d'atteindre 10% de part de marché dans le monde.
- 10% des véhicules présents sur le territoire devraient être électriques d'ici à 2020.
- 350 millions de dollars sont alloués à la R&D en la matière, incluant les batteries.
- 20% à 25% d'exonérations de taxes pour les investissements en R&D liés aux véhicules électriques
- Avantages fiscaux pour les propriétaires de véhicules électriques.

## Entreprises investies dans les éco-technologies

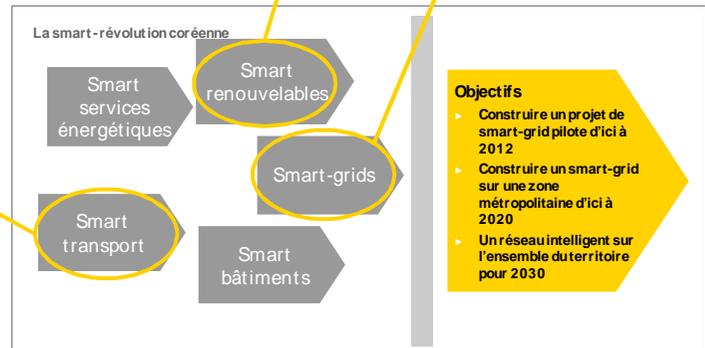
Company name	Segment	Market cap (US\$m)
Seoul Semiconductor Co Ltd	Efficacité énergétique	\$1,115.7
Woongjin Energy Co Ltd	Solaire	\$401.6
Nexolon Co Ltd	Solaire	\$282.4
Dongkuk Structures and Construction Co Ltd	Éolien	\$213.8
Unison Co Ltd	Éolien	\$164.3
S-Energy Co Ltd	Solaire	\$67.9
Finetex EnE Inc	Efficacité énergétique	\$63.1

### Smart renouvelables

- Volonté de construire des complexes renouvelables via la mise en place de microgrids.
- Volonté de développer des capacités de stockage d'énergie.
- Projet de développement de bâtiments à énergie positive.

### Smart-grids

- Le gouvernement va mettre en place 24 millions de compteurs intelligents d'ici 2020.
- Investissement prévisionnel de 24 MdUS\$ pour la construction du smart-grid national.
- Une volonté de développer les smart-grids comme un atout futur à l'export.





# Partie 2 : Fiches par filières

# Sommaire de la deuxième partie

<b>Filières de production d'énergie à partir de sources renouvelables .....</b>	<b>44</b>
1 -Biocarburants .....	45
2 -Biomasse énergie.....	57
3 -Energies marines.....	69
4 -Eolien.....	82
5 -Géothermie .....	93
6 -Solaire.....	101
<b>Filières d'optimisation des consommations de ressources naturelles .....</b>	<b>117</b>
7 -Batiment à faible impact environnemental.....	118
8 -Chimie verte .....	130
9 -Hydrogène et piles a combustible.....	141
10 -Logistique et gestion de flux.....	152
11-Matériaux biosourcés.....	160
12 -Optimisation des procédés industriels.....	171
13 -Réseaux électriques intelligents .....	183
14 -Stockage de l'énergie .....	196
15 -Véhicules décarbonés.....	207
<b>Filières de gestion du cycle de vie des ressources naturelles .....</b>	<b>217</b>
16 -Captage & Stockage de CO <sub>2</sub> (CSC) et sa valorisation .....	218
17 -Eau, assainissement et génie écologique .....	227
18 -Metrologie et Instrumentation .....	238
19 -Recyclage et valorisation des dechets .....	249

# **Filières de production d'énergie à partir de sources renouvelables**

# 1 - BIOCARBURANTS

## 1 Synthèse

### Présentation

On entend par biocarburant tout combustible liquide, solide ou gazeux destiné à une valorisation énergétique dans les transports et produit à partir de la biomasse (matière première d'origine végétale, animale ou fraction fermentescible des déchets). Les biocarburants sont le plus souvent utilisés sous forme d'additifs ou de compléments aux carburants traditionnels (gazole, essence, kérosène ou gazeux).

La fiche couvre :

- ▶ les biocarburants conventionnels, qui valorisent les ressources agricoles et les déchets (huiles usagées, biodéchets des ménages, sous-produits animaux, etc.)
- ▶ les biocarburants avancés qui visent à valoriser l'intégralité de la plante (biomasse ligno-cellulosique) et/ou mobiliser d'autres sources de biomasse

### Chiffres clés

**Marché français** : 2,5 milliards en 2011 (ADEME, 2012)

**Emplois créés ou maintenus en France** : 6 400 emplois directs en 2011 (ADEME, 2012), environ 18 000 emplois directs et indirects (Cour des Comptes, 2012)

**Dynamique du secteur** : croissance ralentie depuis 2010 (+3% dans l'UE entre 2010 et 2011) (Euroserv'Er, 2012)

**Production de biocarburants avancés** : production marginale dans le monde en 2011 (pilotes et démonstrateurs)

**Objectif de consommation d'énergies renouvelables des transports dans l'UE** : 10 % à l'horizon 2020

## 2 Présentation de la filière

Les filières biocarburants sont présentées succinctement ci-après :

### Biocarburants conventionnels

Les voies actuelles (ou conventionnelles) valorisent les ressources agricoles pour la production d'éthanol (canne à sucre, maïs, céréales, betterave), incorporé à l'essence, et de biodiesel (colza, tournesol, palme, soja), incorporé au gazole. Le biodiesel peut aussi être obtenu à partir d'huiles usagées (EMHU) et sous-produits animaux (EMHA). La production de biométhane issu d'installations de méthanisation ou de captage du biogaz en décharge et substituable au gaz naturel véhicule compte également parmi les voies conventionnelles.

### Huiles hydrogénées

Les huiles hydrogénées (les huiles végétales hydrotraitées HVO notamment), intermédiaires entre biocarburants conventionnels et avancés, sont issues d'un hydrotraitement des huiles végétales, et présentent l'avantage d'être fongibles avec le diesel. Ce type de biocarburant dit drop-in peut être incorporé aux carburants fossiles avec peu de contraintes de formulation.

### Biocarburants avancés

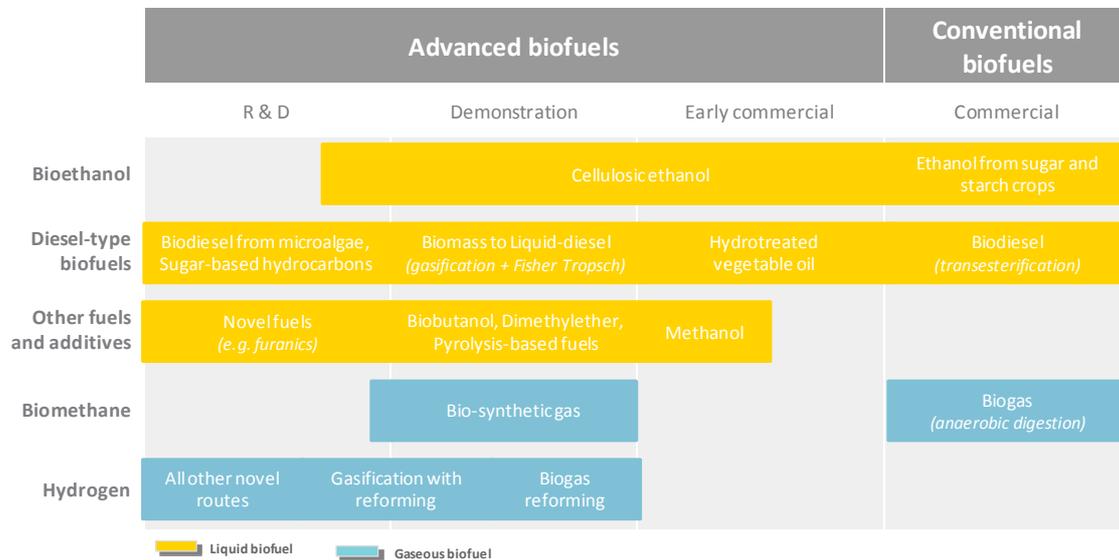
Les **voies « avancées »**, pour la plupart au stade de recherche et développement, résultent de nouveaux procédés visant à **valoriser l'intégralité de la plante (biomasse lignocellulosique) et/ou mobiliser des sources de biomasse autres qu'agricoles**. Elles génèrent des produits liquides – bioéthanol, biobutanol, biométhanol, diesel Fisher-Tropsch, biohuiles, etc. – et gazeux – biométhane, bio-DME, biohydrogène –.

De nombreuses technologies de transformation sont développées, traditionnellement réparties entre :

- ▶ Les voies thermochimiques, dont la plupart transitent par les intermédiaires principaux que sont le gaz de

synthèse (syngaz) obtenu par gazéification, ou les biobruts/biohuiles obtenus par pyrolyse.

- Les **voies biochimiques et/ou biotechnologiques**, y compris la production directe par des êtres vivants via des systèmes autotrophes (synthèse des matières organiques à partir des éléments minéraux) ou hétérotrophes (les espèces prélèvent dans le milieu extérieur les substances organiques dont elles ont besoin).



D'autres voies peuvent être purement issues de la chimie catalytique. Surtout, un nombre croissant de voies intègrent plusieurs de ces procédés, il s'agit des voies hybrides.

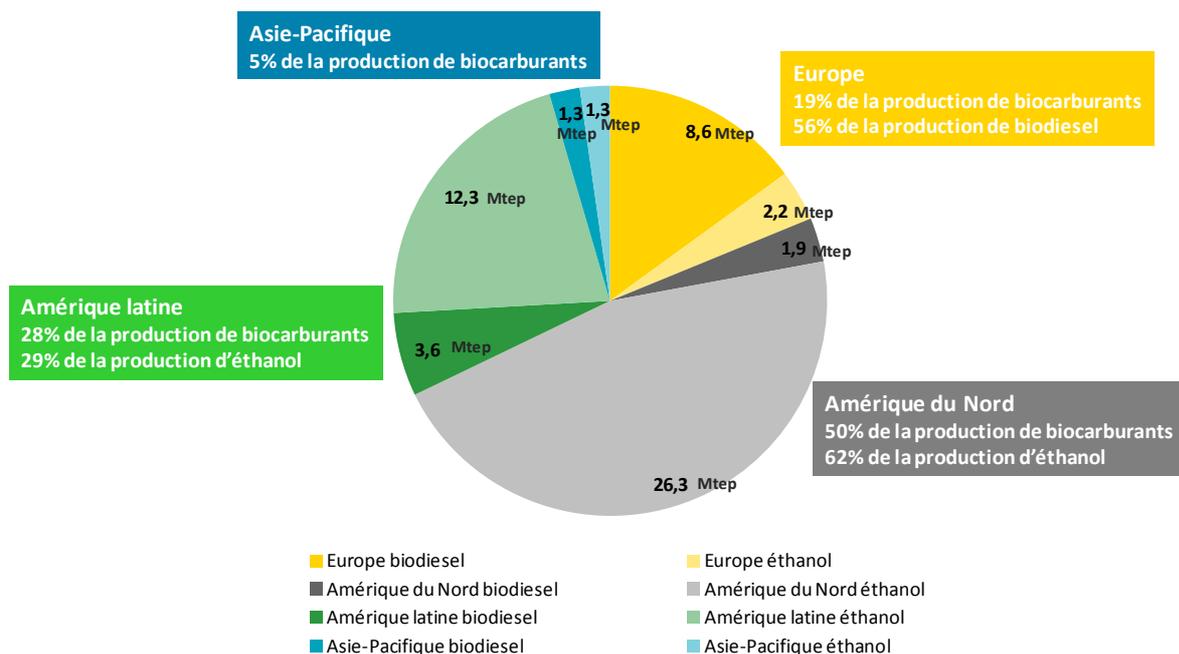
Maturité des principales technologies de production de biocarburants. (IEA, 2011)

### 3 Présentation du marché et de ses perspectives de développement

#### 1. Etat des lieux et dynamique récente du marché à l'international

##### **Biocarburants conventionnels**

Le **marché mondial** des biocarburants est essentiellement dominé par la filière **éthanol** qui totalise une production annuelle de 74 milliards de litres (IFP, 2010). Les bioéthanol ont représenté 73% en 2010 de la consommation mondiale de biocarburants (en teneur énergétique).



Répartition de la production de biodiesel et d'éthanol par grandes zones en 2010, en Mtep. (IFPEN, 2012)

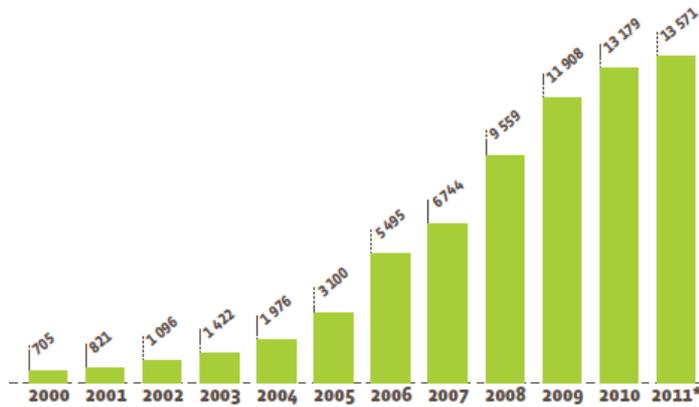
Les **Etats-Unis** et le **Brésil** sont les plus gros producteurs et totalisent à eux seuls 80% de la production d'éthanol dans le monde. Cette position dominante trouve diverses explications : compétitivité prix des matières premières utilisées, niveau des soutiens publics actuels ou historiques, parc de véhicules très majoritairement essence, développement de l'offre de véhicules flex fuel, etc. La croissance de la production américaine a été spectaculaire, passant de 2 milliards de gallons en 2002 à plus de 13 milliards en 2008 (IFPEN, 2012). En 2011, la production aux Etats-Unis a largement dépassé la production brésilienne, notamment pour des raisons climatiques (mauvaise récolte sucrière). Depuis 2010, l'appareil de production s'est globalement stabilisé dans ces deux pays et les volumes produits fluctuent au gré notamment des marchés mondiaux des matières premières agricoles.

La **Chine** est troisième producteur mondial de bioéthanol carburant, mais en l'absence d'objectifs de production et d'incorporation dans le plan quinquennal 2011-2015, la production devrait stagner, voire diminuer si le maintien des niveaux de prix des matières premières l'impose. La France est le quatrième producteur mondial de bioéthanol carburant.

Jusqu'en 2010, la filière **biodiesel** a été largement dominée par l'**Union Européenne** avec près de 55% des volumes mondiaux. En 2010, l'Allemagne et la France ont été les premiers producteurs mondiaux, devant les Etats-Unis et l'Argentine. Mais un rattrapage rapide de ces deux pays est attendu à très court terme, ainsi qu'une montée en puissance du Brésil et de l'Indonésie. La production argentine atteindrait 3 milliards de litres en 2012, soit la première production mondiale (USDA, 2011).

Les **échanges mondiaux** de biocarburants sont très fluctuants, et ce pour plusieurs raisons : aléas climatiques et conséquences sur la disponibilité et le prix des ressources agricoles, évolutions des politiques publiques en faveur des biocarburants, montée en puissance industrielle de certains pays, etc. En 2011, les Etats-Unis, premiers producteurs mondiaux ont été contraints d'exporter massivement leur production, en Europe, au Brésil, au Canada et en Asie. Le Brésil, très gros consommateur et ayant connu une récolte difficile est devenu importateur net en 2011 pour la première fois. Les échanges internationaux de biodiesel se sont rapprochés en volume des échanges mondiaux de bioéthanol et ont concerné des flux massifs depuis l'Argentine et l'Asie (Indonésie, Malaisie) vers l'Europe. Ces flux ont très largement déstabilisé l'industrie européenne du biodiesel (fermeture d'usines, redressements judiciaires).

**Évolution de la consommation de biocarburants utilisés dans les transports de l'Union européenne des Vingt-Sept (en ktep)**  
**Trend of the European Union (EU-27) biofuel consumption for transport (kteo)**



\* Estimation. Estimate.

Sources: Data from 2000 to 2009 (Eurostat 2012), data from 2010 to 2011 (EurObserver 2012).

**En Europe**, la consommation de gazole est très majoritaire par rapport à l'essence (2/3 pour 1/3). Cela est dû au haut niveau de diésélisation du parc automobile des particuliers, contrairement à la situation observée aux Etats-Unis, ou au Brésil. Cette position singulière se traduit par un excédent structurel d'essence (qui peine à trouver un débouché avec la diminution du déficit d'essence aux Etats-Unis) et un fort déficit de diesel et autres distillats, largement importés de Russie notamment.

Dans ces conditions, la biodiesel est le premier biocarburant consommé en Europe dans les transports avec 78% de la consommation totale, contre 21% de bioéthanol en 2011. La consommation de biogaz carburant (0,5%) s'est développée principalement en Suède, mais également en Italie, et la consommation d'huile végétale est redevenue marginale (0,5%) depuis la taxation de ce produit en Allemagne. A l'exception des Pays-Bas, de la Suède et de la Finlande, le biodiesel est très majoritaire dans les consommations de tous les pays européens. La consommation totale s'est établie aux alentours de 13,6 Mtep en 2011, soit une croissance d'à peine 3% entre 2010 et 2011 contre 11% entre 2009 et 2010, 25% entre 2008 et 2009, et 42% entre 2007 et 2008. (EurObserver, 2012)

Ce tassement de la croissance du niveau d'incorporation est liée à la stagnation des objectifs dans nombre de pays européens, qui s'explique essentiellement par:

- ▶ la priorité donnée à la durabilité des biocarburants,
- ▶ la crise économique, qui conduit certains pays importateurs à modérer leur niveau d'incorporation (Italie notamment).

Le maintien d'une croissance plus dynamique du bioéthanol (+6%) est lié au déploiement du réseau européen de l'E10 (essence composée de 10% de bioéthanol en volume).

**Du côté de la production**, l'industrie européenne du biodiesel a connu une très mauvaise année en 2011, avec un recul de 8% selon les premières estimations de l'EBB, pour une production de 8,8 millions de tonnes. Le taux d'utilisation des capacités est passé sous la barre des 40% pour la première fois, entraînant notamment la fermeture de quatre usines en Espagne. L'industrie a particulièrement souffert de la hausse des importations de biodiesel argentin et indonésien, qui ont atteint 2,6 millions de tonnes en 2011, en hausse de plus de 30%. La profession suspecte également des fraudes dans le mécanisme de double comptage dont bénéficient les EMHA et EMHU, suggérant que par manque de traçabilité des produits, des EMHV importés ont été abusivement comptabilisés comme EMHA/EMHU (EurObserver 2012).

La mise en œuvre des schémas de durabilité des biocarburants pourrait impacter le niveau des importations, dans une mesure qui dépendra du niveau d'organisation des industriels installés dans les

pays tiers pour certifier leur production en vertu des règles applicables dans les pays de l'Union. La reconnaissance par la Commission Européenne du schéma RTRS EU RED, focalisé sur la production de biocarburants issus du soja au Brésil et en Argentine, pourrait limiter les impacts sur les importations sud-américaines.

L'industrie du bioéthanol a moins souffert avec une croissance de près de 3% selon les premières estimations, à près de 44 millions d'hL en 2011. Une croissance toutefois en-deçà de la croissance des consommations en raison d'une hausse des importations de bioéthanol nord-américain : considérant une consommation de 56 millions d'hL, plus de 20% des volumes consommés ont été importés, essentiellement depuis les Etats-Unis. Un changement de classement douanier du bioéthanol pourrait limiter le niveau d'importations à l'avenir. Par ailleurs, l'association européenne des producteurs d'éthanol ePure a saisi la Commission Européenne afin d'enquêter sur les pratiques commerciales d'exportations américaines qui bénéficieraient de réductions d'impôts.

### **Huiles hydrogénées et biocarburants avancés**

Les huiles hydrogénées connaissent une très bonne dynamique de marché depuis 2009. Les ventes d'huiles hydrogénées (applications en gazole routier renouvelable et biokérosène) du leader mondial Nestlé Oil ont dépassé 1 milliard d'euros en 2011 contre moins de 400 millions l'année précédente. La société SkyNRG, qui s'est imposée sur le segment du biokérosène issu d'huiles usagées connaît également une très forte dynamique avec des ventes régulières à des compagnies aériennes telles que Air France KLM, Qantas, Air Canada ou Nippon Cargo Airlines. UOP (groupe Honeywell) s'est également positionné sur le segment des huiles hydrogénées.

Concernant les biocarburants avancés, les consommations restent négligeables. Aux Etats-Unis, l'EISA de 2007 (voir section sur les politiques publiques de soutien) prévoyait pour 2011 la mise sur le marché de 250 millions de gallons d'éthanol lignocellulosique soit près de 1 milliard de litres. L'objectif avait été revu à la baisse par l'EPA fin 2010, à environ 10 millions de gallons, et la consommation effective a finalement été nulle ou marginale (DOE, 2012).

## **2. Le potentiel de marché**

### *1. Le potentiel de marché à l'International*

#### **Biocarburants conventionnels**

Les politiques de déploiement des énergies renouvelables dans les transports devraient continuer à tirer la croissance du marché mondial mais sa dynamique demeure très dépendante de l'imprévisible ratio du prix des énergies fossiles sur le prix des matières premières végétales et donc largement affectée par les aléas conjoncturels, qu'ils soient climatiques ou géopolitiques.

Aux Etats-Unis par exemple, la croissance du marché est tirée par les ambitieuses obligations d'incorporation fixées par le Renewable Fuel Standard qui doivent dépasser les 30 milliards de gallons (plus de 100 milliards de litres) en 2020, puis les 35 milliards (130 milliards de litres) en 2022. La logique insufflée par l'EISA tend à faire correspondre production et consommation sur le territoire américain, à ceci près que les déséquilibres conjoncturels se succèdent (excédent de biodiesel avant 2010, excédent de bioéthanol en 2011, déficit annoncé de bioéthanol en 2012 en raison de la sécheresse).

Le Brésil, excédentaire jusqu'en 2010, a été importateur net en 2011 et il est probable que la situation se reproduise en 2012. Le gouvernement a même été contraint d'abaisser les objectifs d'incorporation en raison des tensions sur les marchés du sucre. Compte-tenu du très fort développement des véhicules fonctionnant exclusivement à l'éthanol, et des véhicules *flex fuel*, la production nationale devrait rester orientée vers la demande soutenue du marché intérieur.

Les marchés Asie-Pacifique sont très disparates. D'un côté des pays tels que la Chine, l'Inde, la Thaïlande, qui visent une réduction de leur dépendance au pétrole et fondent leurs moyens sur l'utilisation de surplus agricoles et le développement d'un marché intérieur sans import. De l'autre côté, des pays comme la Malaisie et l'Indonésie font des biocarburants un vecteur de développement économique avec un outil de production largement tourné vers l'exportation, principalement vers l'Europe.

La réduction des émissions de CO2 et le déploiement des énergies renouvelables dans les transports sont des

vecteurs fondamentaux de la politique de l'Union Européenne, comme de l'Australie ou du Japon. Ces derniers, tout comme nombre d'Etats Membres de l'UE (Suède, Royaume-Uni, Danemark, Pays-Bas, Italie, etc.) font face à des problèmes de disponibilité des ressources, compte-tenu de surfaces agricoles limitées. Ces marchés constituent des cibles prioritaires pour les pays exportateurs, au sein de l'UE (la France est exportatrice net d'éthanol), ou en dehors (Argentine, Malaisie). La récente proposition de directive adoptée par la Commission européenne le 17 octobre 2012 limiterait néanmoins les perspectives de croissance du marché : elle propose de plafonner à 5% la part de biocarburants conventionnels pouvant être comptabilisés au titre de la directive sur les énergies renouvelables qui vise l'atteinte de 10% d'énergie renouvelable dans les transports en 2020, soit 9 à 9,5% de biocarburants dans les carburants routiers (l'objectif de 10% incluant par exemple les consommations d'électricité renouvelable pour le ferroviaire). Les critères de durabilité seraient par ailleurs renforcés sur le volet relatif à la réduction des émissions de GES (50% par rapport aux carburants fossiles qu'ils remplacent dès 2017 pour les installations existantes) et aux changements indirects d'affectation des sols.

### **Les biocarburants avancés**

Théoriquement, le potentiel de marché pour les biocarburants avancés est grand : les réserves d'énergie fossile sont par principe finies, les transports routiers et aériens en essor continu, le développement des biocarburants conventionnels limité par la disponibilité des produits agricoles, et le niveau de maturité des technologies alternatives pour les transports décarbonés laisse une place importante à ces produits. D'autant plus que leur usage doit aboutir à des bénéfices environnementaux plus marqués.

Aux Etats-Unis, les objectifs d'incorporation sont très élevés (40 milliards de litres en 2020), et dans l'Union Européenne, la récente proposition de directive de la Commission du 17 octobre 2012, qui plafonne la contribution des biocarburants conventionnels à 5%, doit encourager les voies plus avancées.

Mais les retards pris aux Etats-Unis sur les projections de l'ESIA témoignent de la difficulté de prédire l'émergence d'un marché des biocarburants avancés à moyen terme : la vitesse d'apprentissage des sociétés de biotechnologies a été largement surestimée. Une prise de conscience qui s'est traduite par les flottements observés en 2012 sur les cours de bourse des sociétés introduites en 2010 ou 2011 (Solazyme, Kior, Gevo, Amyris).

A horizon 2020, compte-tenu des coûts élevés de production, et des multiples freins d'ordre technico-économiques, le marché des biocarburants avancés devrait occuper une place limitée, constituée essentiellement de volumes issus de démonstrateurs, voire de quelques installations commerciales ayant trouvé un équilibre économique dans un environnement fortement subventionné (niveau élevé de défiscalisation, subventions aux investissements, incorporation double-comptée pour l'atteinte des obligations d'incorporation). En effet, si quelques démonstrateurs fournissent déjà des biocarburants avancés commercialisables, la question du prix n'est pas résolue.

Le marché des biocarburants avancés sera donc avant tout, dans les prochaines années, un marché de fourniture de technologies. Etant donnée l'ampleur des budgets consacrés à l'innovation sur les voies avancées par des pays tels que les Etats-Unis, ou certains Etats membres de l'Union Européenne, des opportunités existent pour les sociétés positionnées sur des segments tels que la fourniture d'enzymes, la sélection de souches, les techniques d'épuration et de séparation, les technologies de catalyse, etc.

Intermédiaires entre les biocarburants conventionnels et les biocarburants avancés, les **huiles hydrogénées** (Hydrotreated Vegetable Oil pour substitution du gazole routier, Hydrotreated Renewable Jet pour substitution du kérosène) ont de **bonnes opportunités de croissance**. Issues de technologies plus matures, applicables aux huiles végétales, animales, usagées, ou même au tallöl (résidu de pâte à papier), et fongibles dans les carburants fossiles, elles permettent par exemple aux Etats Membres de l'Union Européenne de se rapprocher de leurs objectifs d'incorporation sans modifier les spécifications techniques des biocarburants.

## *2. Le potentiel de marché en France*

La France, comme les autres Etats Membres de l'Union Européenne, doit atteindre l'objectif de 10% d'énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie dans le secteur des transports. Cela crée des opportunités de

croissance, le niveau actuel d'incorporation étant d'environ 7%, mais la récente proposition de directive de la Commission (cf. ci-dessus) pourrait à terme conduire à une contraction du marché français des biocarburants conventionnels.

Dans ces conditions, l'atteinte des objectifs européens repose :

- ▶ sur les règles de comptage (incorporation dans le diesel off-road et les carburants non terrestres), et notamment les règles de double comptage, aujourd'hui applicables :
  - aux biodiesels issus d'huiles végétales usagées et d'huiles ou de graisses animales de catégories C1 et C2, mais plafonnées à 0,35% en contenu énergétique des quantités de carburants mis à la consommation,
  - ainsi qu'aux biocarburants issus de matières lignocellulosiques et de matières cellulosiques d'origine non alimentaire.

Ces règles de double-comptage sont susceptibles d'être, d'une part amplifiées (quadruple comptage), d'autre part élargies à d'autres voies ;

- ▶ sur le développement des biocarburants drop-in tels que les huiles hydrogénées, utilisables en gazole routier ou en biokérosène.

Il existe une place réelle pour les biocarburants avancés dans le marché français. Toutefois il n'est pas attendu que les installations de production de biocarburants avancés soient opérationnelles avant 2020, considérant que les résultats des projets de démonstration les plus avancés ne sont pas attendus avant 2017.

En 2020, le marché français sera donc essentiellement un marché de biocarburants conventionnels, et ce malgré la récente proposition de directive de la Commission, auxquels s'ajouteront les huiles hydrogénées, déjà disponibles sur le marché. La part de biocarburants importés dépendra très largement :

- ▶ de la capacité des pays tiers exportateurs à répondre aux critères de durabilité (impact fort sur le marché du biodiesel),
- ▶ des excédents de production des grands marchés que sont les Etats-Unis et le Brésil, et de la montée en puissance des grands pays exportateurs (Argentine, Indonésie, etc.).

## 4 Les enjeux de développement de la filière

### 1. Les déterminants du développement de la filière

#### 1. *Les principaux moteurs de croissance*

La croissance de la filière est tirée par plusieurs facteurs parmi lesquels :

#### **Un débouché rémunérateur pour le secteur agricole**

Les biocarburants conventionnels constituent un débouché important du secteur agricole, plus modérément en cas de tension sur les marchés des produits agricoles, auquel cas les usages alimentaires restent prioritaires et généralement plus rémunérateurs.

Le développement de la mise en exploitation de terres agricoles, et le déploiement de la « révolution verte » (première ou deuxième révolution verte selon les pays) peuvent comme par le passé accroître les ressources disponibles à la production de biocarburants.

#### **Une contribution à l'atteinte des objectifs des Etats en matière d'énergie renouvelable et de gaz à effet de serre**

Les biocarburants contribuent à l'atteinte d'objectifs de production d'énergie renouvelable que se fixent certains Etats (notamment les Etats Membres de l'Union Européenne), ainsi qu'à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Selon les filières, l'économie en termes d'émissions de gaz à effet de serre est variable : par exemple, le bilan GES de la filière canne à sucre au Brésil est bien plus favorable que celui de la filière maïs aux Etats-Unis.

#### **Une alternative aux énergies fossiles : un atout économique et stratégique**

Le niveau de prix des énergies fossiles reste un déterminant fondamental de la pénétration des biocarburants dans le

marché, avancés ou non. Il convient de rappeler que le cours du Brent, qui atteignait à peine 5\$ en 1970, a été en moyenne en 2011 supérieur à 110\$ (*Reuters/DGEC, 2012*).

Localement, l'équilibre offre-demande de produits raffinés (essences, diesels, kérosènes, etc.) peut influencer les filières biocarburants. Plusieurs facteurs entrent en jeu : configuration de l'outil de raffinage, fiscalité des carburants, orientation et inertie du parc de véhicules. En Europe, un déficit en gazole et un excédent d'essence importants sont observés depuis plusieurs années. L'évolution de cette configuration ne fait pas consensus (directive européenne sur la taxation des carburants, réglementation sur les émissions polluantes, évolution des habitudes de déplacement des consommateurs, développement du transport de marchandises, évolution de l'offre des constructeurs automobiles, etc.).

Au-delà de ces considérations économiques, les biocarburants accroissent également l'indépendance énergétique nationale vis-à-vis des importations d'énergies fossiles, ce qui revêt une importance stratégique significative.

### ***Le rôle moteur du déploiement des véhicules et infrastructures de distribution adaptés aux carburants à haute teneur en biocarburants***

Le déploiement des véhicules flex fuel ou roulant à l'E85, ainsi que des véhicules B30 (aujourd'hui réservés aux flottes captives en Europe par exemple) soutient la demande en biocarburants en diminuant son élasticité. En 2011, année de tension sur les marchés mondiaux du sucre, le Brésil est devenu importateur de biocarburants en raison du nombre de véhicules carburant spécifiquement au bioéthanol ainsi qu'au flex fuel.

Le développement d'infrastructures adaptées va dans ce sens avec les réseaux de carburants E10 (déploiement en Europe) ou E15 (autorisé aux Etats-Unis).

### ***Le caractère fongible de certains biocarburants avancés : des débouchés dans l'aéronautique et des incorporations accrues sur route***

Le développement des carburants drop-in, incorporables à des teneurs élevées dans les essences, diesels et les kérosènes, tout en respectant les spécifications réglementaires applicables aux biocarburants est un facteur d'essor de la filière.

### ***Un débouché potentiellement rémunérateur pour les autres producteurs de biomasse (bois, déchets de tous types)***

Sur le plus long terme, les biocarburants avancés peuvent offrir un débouché rémunérateur au BIBE (bois industrie-bois énergie), au menu bois, aux déchets agricoles et industriels, etc.

### ***Le développement des exigences sur la durabilité des biocarburants***

Avec la directive 2009/28/CE, l'Union Européenne a défini les critères de durabilité que doivent respecter les biocarburants pour être comptabilisés dans l'atteinte des objectifs d'incorporation. Le système national français de durabilité des biocarburants et bioliquides est entré en vigueur en novembre 2011 et est progressivement mis en œuvre en 2012.

La mise en place de cette réglementation en Europe :

- Sélectionne les filières conventionnelles vertueuses et limite certaines importations controversées,
- Doit favoriser les voies avancées dont il est attendu qu'elles aboutissent à des bénéfices environnementaux plus marqués.

Selon la filière, ceci peut être un frein ou un moteur. Plus globalement, c'est un moteur dans la mesure où la mise en œuvre de ces exigences est devenue une condition au développement de la filière (acceptabilité politique et sociétale).

## *2. Les principaux freins et verrous*

### ***Acceptabilité politique et sociétale***

Les biocarburants peuvent pâtir de la contestation sociale en raison de sujets polémiques tels que la concurrence des biocarburants conventionnels avec les usages alimentaires (*fuel versus food*), la pression indirecte accrue sur les forêts, etc. Cela peut affecter durablement les comportements de consommation, de même que les orientations politiques.

### ***La concurrence avec les usages alimentaires des produits agricoles, un frein aux biocarburants conventionnels***

La demande alimentaire croissante, liée à la croissance démographique et à l'élévation des niveaux de vie dans les pays émergents, est susceptible de générer sur le long terme des tensions importantes sur les produits agricoles. De façon plus contingente, les aléas climatiques peuvent créer des tensions ponctuelles sur les ressources (tensions sur les marchés du sucre en 2011, importations de bioéthanol américain au Brésil).

Auquel cas, la filière des biocarburants conventionnels peut connaître un repli important, ce qui par ailleurs peut favoriser l'émergence des générations plus avancées.

### ***Les usages multiples de la biomasse non agricole, un frein potentiel aux biocarburants avancés***

Les gisements de biomasse sont limités et sollicités pour de nombreuses applications : production de biocarburants, production d'électricité et de chaleur (biocombustibles, méthanisation), chimie du végétal, biomatériaux. Autant de filières dont il est attendu une dynamique forte dans les années à venir.

En France, il est considéré que le développement des usages du bois reste inférieur à la croissance de la ressource forestière. Toutefois, quelques signes de tension sur les marchés du bois industrie – bois énergie (BIBE) sont apparus ces dernières années et la disponibilité réelle de biomasse est mal connue. A cet égard, le développement du bois construction permettrait d'augmenter le gisement de bois pour les applications industrielles et énergétiques (l'exploitation forestière dédiée à la valorisation énergétique est très limitée de sorte que la disponibilité du bois pour les usages énergétiques dépend de la dynamique de l'usage du bois dans la construction, et pour la production de mobilier bois).

Sur le secteur des déchets, des concurrences peuvent également apparaître localement sur les biodéchets, les biodéchets à haut potentiel méthanogène étant déjà largement sollicités dans la filière méthanisation.

### ***Encore de nombreux verrous technico-économiques sur les biocarburants avancés***

Malgré les moyens consacrés à la recherche et au développement, les coûts de production des biocarburants avancés restent très élevés, et la visibilité sur les progrès effectifs limitée. Des verrous technico-économiques sont identifiés à chaque étape des voies de synthèse des biocarburants avancés. Par exemple, sur la voie de l'éthanol lignocellulosique :

- ▶ Etape de prétraitement de la biomasse visant à rendre les sucres complexes (cellulose, hémicellulose) accessibles aux étapes d'hydrolyse et de fermentation : procédé énergivore, formation de composés toxiques, etc.
- ▶ Etape d'hydrolyse enzymatique lors de laquelle des sucres complexes sont transformés en sucres simples (C6) fermentescibles : cherté des enzymes
- ▶ Etape de fermentation des sucres pour produire l'éthanol : faible concentration initiale en sucres (présence de lignine), présence de composés toxiques, nécessité de voies métaboliques spécifiques pour les sucres en C5 issus de l'hydrolyse de l'hémicellulose, etc.

### ***Des voies avancées très capitalistiques***

Les difficultés rencontrées depuis 2011 par les acteurs positionnés sur les voies thermochimiques tiennent pour partie au besoin élevé de capital pour la mise au point de ces procédés. En période d'incertitude économique, ceci soulève de réelles problématiques de financement. Si les moyens à la disposition des pétrochimistes sont importants, les investissements nécessaires à la mise en production de nouveaux champs fossiles ont sensiblement augmenté ces dernières années, et les voies avancées pourraient être pénalisées par des arbitrages en faveur des ressources fossiles.

### ***L'instabilité conjoncturelle des prix des énergies fossiles***

Les cours des énergies fossiles peuvent atteindre des niveaux bas conjoncturellement (situation économique dégradée) ou de façon cyclique (en raison notamment de la cyclicité des investissements dans le secteur de l'oil & gaz). Dans les années 90 par exemple, l'essor des filières biocarburants a été stoppé par le faible niveau de prix du baril.

Plus localement, un excédent de produit raffiné (ex : essence en Europe) peut jouer en défaveur d'une filière biocarburant.

## **2. Evolutions du paysage concurrentiel et enjeux de développement**

Dans le **secteur des biocarburants conventionnels**, en l'absence d'enjeu technologique majeur, aucune évolution significative du paysage concurrentiel n'est attendue. Les biocarburants issus des zones tropicales et subtropicales (Brésil, Malaisie, Indonésie, Argentine) devraient maintenir leur leadership en termes de compétitivité prix et voir leur part dans le marché mondial s'accroître. A conditions douanières égales, leur pénétration sur le marché européen dépendra de l'évolution des modalités de défiscalisation, de l'évolution des critères de durabilité et des capacités des producteurs implantés dans les pays tiers à y répondre, ainsi que de la dynamique du marché intérieur dans ces pays. Dans ce contexte, la filière française doit conserver son leadership européen.

Dans le secteur des **biocarburants avancés**, les Etats-Unis font la course en tête sur les **voies biochimiques et dans le domaine de la biologie synthétique**. Depuis 2007 les investissements ont été colossaux et ont irrigué toutes les voies de synthèse. Malgré cela, les industriels accusent un fort retard dans la mise sur le marché de biocarburants avancés : les volumes mis sur le marché ont été quasiment nuls en 2011 et seront marginaux en 2012. Surtout la question du prix ne semble pas avoir été résolue. L'achèvement des premières installations à vocation commerciale, au sens de l'US DOE, est prévu à compter de 2013 ; leur viabilité sera un témoin de l'avance effective des Etats-Unis en la matière.

Les **voies thermochimiques** connaissent depuis 2011 de sérieuses déconvenues, liées notamment à leur forte intensité capitalistique. Les pays du Nord de l'Europe, historiquement positionnés sur ces voies, restent leaders mais les développements se multiplient aux Etats-Unis, notamment sur les biobruts.

Intermédiaires entre les biocarburants conventionnels et les biocarburants avancés, **les huiles hydrogénées** (Hydrotreated Vegetable Oil pour substitution du gazole routier, Hydrotreated Renewable Jet pour substitution du kérosène) ont de bonnes opportunités de croissance. Issues de technologies plus matures, applicables aux huiles végétales, animales, notamment usagées, ou même au tallöl (résidu de pâte à papier), et fongibles dans les carburants fossiles, elles permettent par exemple aux Etats Membres de l'Union Européenne de se rapprocher de leurs objectifs d'incorporation sans modifier les spécifications techniques des biocarburants. Le marché pourrait par ailleurs être porté par l'inclusion de l'aviation dans le Système Communautaire d'Echange de Quotas d'Emission

En France, comme dans la plupart des pays engagés sur les voies avancées, l'accent est encore très largement mis sur la recherche et le développement, **sans que ne soit privilégiée une voie en particulier** : les différents acteurs impliqués dans les voies avancées coopèrent autour de projets de démonstration, aussi bien sur les voies biochimiques que thermochimiques. Par ailleurs, la recherche est très intense dans le domaine des algues, et des start-ups se développent dans le domaine de la biologie synthétique. Les voies « sugar to diesel » pourraient également, compte tenu des besoins en biodiesel, présenter des opportunités.

Les efforts de recherche et développement peinent encore à se traduire au niveau mondial, et les risques pris, lors de l'investissement dans telle ou telle voie de développement, sont élevés. Toutefois les intérêts sont multiples : nombre de technologies sont transversales, et peuvent être valorisées, si ce n'est dans une autre voie de production de biocarburants, dans les domaines de la chimie verte, ou même de la nutraceutique, selon le concept de bioraffinerie. A moyen terme, les marchés sont des marchés de fourniture de technologie. Il s'agit donc dans un premier temps de conserver la capacité à faire émerger sur le long terme des fournisseurs de technologies en pointe, et donc de ne pas dépendre de brevets étrangers. Puis, si les étapes de démonstration sont franchies, un enjeu fondamental sera de réussir l'industrialisation afin que les champions technologiques deviennent des champions industriels sur le territoire. Les expériences sur le secteur de la chimie verte – construction à l'étranger des unités industrielles – semblent indiquer que les toutes les conditions ne sont pas réunies pour cela en France. Cette étape est pourtant fondamentale pour la création d'emplois et de valeur ajoutée.

## 5 Synthèse du positionnement national et des enjeux

Atouts (+)	Faiblesses (-)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une politique volontariste ayant fait émerger dans les dernières années des leaders européens en matière de production de biocarburants conventionnels</li> <li>▪ Un groupe pétrochimiste en position de leader sur le plan international, impliqué sur les biocarburants avancés</li> <li>▪ Une maîtrise de la logistique d'incorporation et de distribution, et une connaissance des problématiques de compatibilité moteurs</li> <li>▪ Des structures de recherche publique de premier plan et reconnues au niveau mondial dans le domaine (INRA, CNRS, IFREMER, IFP, etc.)</li> <li>▪ Des ressources agricoles et forestières de premier plan en France</li> <li>▪ Une position de leader mondial sur la recherche dans le domaine des algues</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un retard certain pour la voie de production d'éthanol lignocellulosique, notamment vis-à-vis des USA</li> <li>▪ L'absence d'installation de production d'huiles hydrogénées</li> <li>▪ Les difficultés de financement des voies avancées capitalistiquement intensives (faiblesse non propre aux acteurs français)</li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une opportunité de tirer profit des pilotes actuels ou futurs pour développer des solutions technologiques exportables</li> <li>▪ Une volonté des industriels de la première génération de se positionner sur les voies avancées</li> <li>▪ Des initiatives en cours qui créent des synergies entre agro-industriels, pétrochimistes, sociétés de biotechnologies, milieu universitaire (BioTFuel, FUTUROL, GAYA, Pôles de Compétitivité IAR, Pôle Mer Bretagne, Trimatec, IEED PIVERT, IEED GREENSTARS, IEED INDEED)</li> <li>▪ Un fort potentiel de mobilisation de la biomasse forestière, l'accroissement naturel n'étant pas pleinement mobilisé</li> <li>▪ Le développement de critères de durabilité qui permettent de sélectionner les filières vertueuses du point de vue environnemental et social</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Le risque que l'industrialisation des technologies développées se fasse à l'étranger (Malaisie, Brésil, etc.)</li> <li>▪ La disponibilité limitée des ressources agricoles et forestières dans un environnement concurrentiel fort (usages pour l'alimentation, la combustion, la chimie, etc.)</li> <li>▪ Une forte concurrence internationale sur les voies biochimiques et de la biologie synthétique (Etats-Unis), et thermochimiques (Finlande, Suède)</li> <li>▪ Un excédent de la filière essence en Europe qui atténue l'intérêt de nouvelles voies de production d'éthanol</li> <li>▪ Le risque d'un discrédit sociétal permanent (tensions food vs fuel, changement d'affectation des terres)</li> <li>▪ Une évolution du régime douanier et fiscal qui peut exposer les industriels français à une concurrence internationale forte (biocarburants conventionnels)</li> </ul>

## 6 Principales sources bibliographiques

### ***Bibliographie de référence***

- ADEME, 2011, Feuille de route biocarburants avancés
- ADEME, 2012, Marchés, Emplois et enjeu énergétique des activités liées à l'amélioration de l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables : situation 2010-2011 – prévisions 2012
- CGDD, 2010, Les filières industrielles stratégiques de l'économie verte
- Cour des Comptes, 2012, La politique d'aide aux biocarburants
- DGEC, 2010, L'industrie des énergies décarbonées en 2010
- DGEC, 2012, Pétrole, gaz, énergies décarbonées – Rapport sur l'industrie en 2011
- EBTP (European Biofuels Technology Platform), site Internet Août 2012, [www.biofuelstp.eu](http://www.biofuelstp.eu)
- EPA, 2012, Regulation of Fuels and Fuel Additives : 2012 Renewable Fuel Standards ; Final rule
- EurObserv'ER, 2012, Baromètre biocarburants
- EurObserv'ER, 2011, Baromètre biocarburants
- European Commission, 2012, NER300 - Moving towards a low carbon economy and boosting innovation, growth and employment across the EU
- IEA, 2011, Biofuels Roadmap
- IFPEN, 2012, Le point sur les biocarburants : progression des marchés nationaux et internationaux
- Pôles de compétitivité, 2012, site Internet Août 2012, [competitivite.gouv.fr](http://competitivite.gouv.fr)
- SNPAA-CGB-AGPB-AGPM-ESTERIFRANCE-FOP, 2012, Livre Blanc Biocarburants
- USDA Foreign Agricultural Service, 2012, China Biofuels Annual
- USDA Foreign Agricultural Service, 2012, EU-27 Annual Biofuels Report
- USDA Foreign Agricultural Service, 2011, Argentina Biofuels Annual
- US DOE, site Internet Août 2012, <http://www1.eere.energy.gov/biomass/>
- US DOE, 2012, American Recovery and Reinvestment Act of 2009 : Biomass Program Investments
- US DOE, 2012, Department of Energy Recovery Act Investment in Biomass Technologies
- VIRENT, 2011, Catalytic Conversion of Carbohydrates to Hydrocarbons – DOE Biomass R&D TAC Meeting

## 2 - BIOMASSE ENERGIE

### 1 Synthèse

#### Présentation

La filière biomasse énergie regroupe l'ensemble des activités liées à l'exploitation de la biomasse pour produire de la chaleur, de l'électricité, ou du biométhane par combustion ou méthanisation. La biomasse est défini comme la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture, y compris les substances végétales et animales issues de la terre et de la mer, de la sylviculture et des industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et ménagers.

Par convention, la fiche distingue :

- ▶ Le secteur « biomasse solide », qui regroupe les activités de combustion, avec ou sans prétraitement thermique, du bois, des déchets agricoles solides (paille, issues de céréales, etc.) et des sous-produits animaux. Les nouvelles valorisations thermochimiques de la biomasse sont rattachées à ce segment.
- ▶ Le secteur « biogaz » qui regroupe les activités de méthanisation et de valorisation du biogaz.

#### Chiffres clés

**Bois Energie en France** : 60 000 emplois environ (PIPAME, 2012)

**Marché du Bois énergie en France en 2011** : 2,8 milliards d'euros (ADEME, 2012)

**Biogaz en France en 2011** : plus de 1 000 emplois (ADEME, 2012)

**Marché du biogaz en France en 2011** : 270 millions d'euros (ADEME, 2012)

**Croissance attendue au niveau européen sur la production de chaleur** : 4% de croissance annuelle sur 2010-2020 (Eurobserv'er, 2011)

**Croissance attendue au niveau européen sur la production d'électricité** : 7% de croissance annuelle sur 2010-2020 (Eurobserv'er, 2011)

### 2 Présentation de la filière

Les biocarburants, qui font l'objet d'une fiche filière spécifique, et la valorisation énergétique des déchets incinérés, abordée dans la fiche filière « Recyclage et valorisation des déchets » ne sont pas traités dans cette fiche.

Les biocombustibles solides (déchets agricoles, biocombustibles solides de récupération) autres que le bois occupent une place très minoritaire sur le marché de la biocombustion. Les sections « biomasse solide » de cette fiche sont donc largement focalisées sur le bois énergie.

#### **Biomasse solide**

##### *Chauffage au bois domestique*

La production de chaleur à usage individuel représente le principal débouché historique de la filière « biomasse énergie ». La production de chaleur est réalisée dans des inserts/foyers fermés, poêles à bois, chaudières et cuisinières, à partir de bûches, principalement, de granulés bois, et de plaquettes dans une moindre mesure.

##### *Production de chaleur et d'électricité sur les marchés collectif et industriel*

La production de chaleur seule est réalisée dans des chaudières qui peuvent aller de la centaine de kW dans le petit collectif, à plusieurs dizaines voire centaines de MW pour les chaudières alimentant les réseaux de chaleur et les grosses industries.

La production d'électricité dans les centrales thermiques se développe soit en co-combustion (bois-charbon), soit dans des installations dédiées à la biomasse. Cette opération présente un rendement inférieur à 40%.

La cogénération de chaleur et d'électricité atteint des rendements plus élevés (en Europe le plus souvent supérieurs à

70% pour respecter les préconisations de la directive européenne sur la cogénération à haut rendement). Les capacités installées en bois énergie sont généralement de l'ordre de 5 à 50 MWe mais peuvent dépasser les 100 MWe sur les plus grosses installations.

Les principaux **biocombustibles** utilisés sont la plaquette, très majoritaire sur le segment des installations supérieures à 1 MW, et le granulé bois, qui se développe sur le marché du petit collectif et de la bioélectricité en co-combustion avec le charbon. Plus récemment, la biomasse torréfiée a connu quelques développements, principalement sur les marchés canadiens et américains, tournés vers l'exportation de biomasse.

#### *Autres valorisations thermochimiques de la biomasse énergie*

Le dynamisme du secteur de la biomasse énergie accélère l'émergence de technologies modernes telles que :

- ▶ la gazéification, procédé thermochimique qui permet, en l'absence d'oxygène, de convertir le bois en un gaz de synthèse valorisable dans des turbines ou moteurs, à condition d'être épuré (goudrons, métaux alcalins),
- ▶ la pyrolyse et la torréfaction, qui sont des technologies de prétraitement de la biomasse visant à obtenir un produit plus dense au niveau énergétique.

#### **Biogaz**

Le marché de la méthanisation se décompose en quatre secteurs : méthanisation des boues d'épuration urbaines, méthanisation des déchets et effluents industriels, méthanisation de la fraction fermentescible des ordures ménagères et méthanisation agricole.

Ces dernières années ont vu le développement des installations de « méthanisation territoriale » qui regroupent les déchets (et cultures énergétiques) issus de plus d'un des secteurs ci-dessus et procèdent à de la codigestion.

Le biogaz peut être valorisé par combustion directe, pour la production de chaleur et/ou d'électricité, ou bien sous forme de biométhane carburant, ou encore à travers l'injection de biométhane dans le réseau de distribution ou de transport de gaz naturel. Pour certaines installations, la méthanisation est avant tout un procédé de traitement des déchets organiques, de sorte que le biogaz est torché sans valorisation.

S'ajoute à ces quatre secteurs, l'activité de valorisation du biogaz capté dans les Installations de Stockage des Déchets Non Dangereux.

#### **Réseaux de chaleur**

La construction et l'exploitation de réseaux de chaleur n'est pas une activité propre à la biomasse énergie mais il s'agit d'un vecteur privilégié de valorisation à grande échelle de la chaleur. Les réseaux de chaleur sont d'autant plus intéressants que les usages de la chaleur sur le réseau sont denses (zones urbaines) et réguliers au cours de l'année.

## **3 Présentation du marché et de ses perspectives de développement**

### **1. Etat des lieux et dynamique récente du marché à l'international**

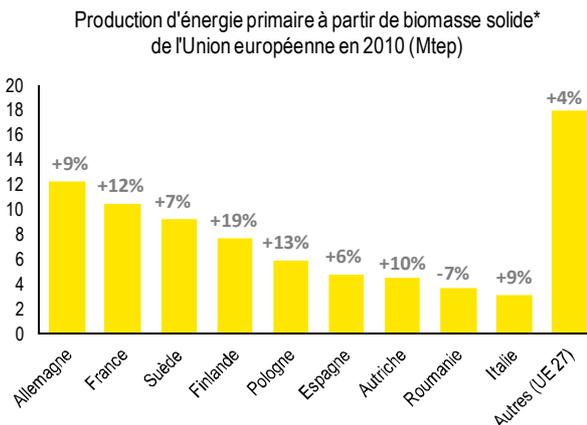
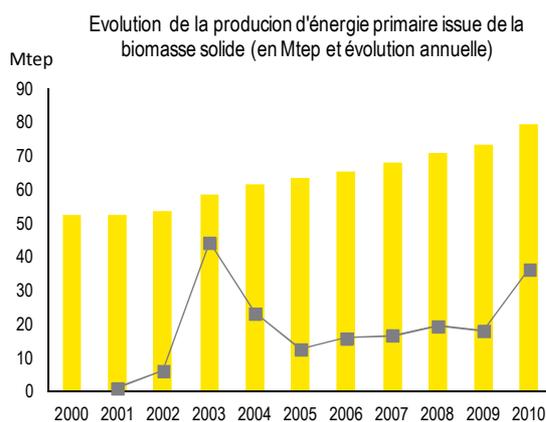
La biomasse énergie représente 10% de l'énergie primaire consommée dans le monde, soit plus que la somme de l'énergie nucléaire et de l'ensemble des autres énergies renouvelables réunies. La majorité de cette énergie (plus des deux tiers) est consommée dans les pays en développement, le reste étant consommé dans les pays industrialisés dans le secteur des utilités (électricité, chaleur), du transport (biocarburants), et pour le chauffage domestique. Les biocarburants, non traités dans cette fiche, ne représentent que 3% de la biomasse énergie totale (FAO, 2010).

Malgré l'importance encore grande de ces usages traditionnels pour le développement, la fiche est focalisée sur les usages « modernes » de la biomasse énergie et l'accent est mis sur les marchés nord-américain et européen.

#### **Biomasse solide**

##### *Union Européenne*

Sous l'impulsion de politiques publiques volontaristes, le marché de la biomasse solide (hors combustion des déchets municipaux renouvelables) a atteint **79,3 Mtep en 2010**, en croissance de 8% par rapport à 2009. Malgré la crise, l'essor de la filière apparaît comme une priorité pour nombre d'Etats membres : il s'agit du plus haut niveau de croissance observé depuis 2003, lequel avait fait exception (EurObserv'ER, 2011).



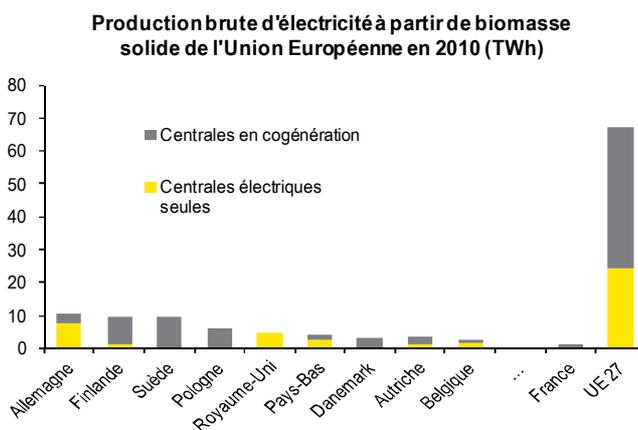
Source : Eurobserv'er, 2011

**A eux seuls, quatre pays de l'UE 27 représentent 50% de la production d'énergie issue de la biomasse solide, il s'agit de l'Allemagne (15%), de la France (13%), de la Suède (12%) et de la Finlande (10%).** Ce dernier pays est particulièrement remarquable, car il devance largement tous les autres pays de l'UE en termes de production par habitant : 1,4 tep/habitant, alors que tous les autres pays sont sous la barre des 1 tep/habitant. La France ainsi que l'Allemagne sont aux environs de 0,15 tep/habitant. Avec une progression supérieure à 10% par rapport à 2009, la dynamique en France, en Pologne et en Finlande a été particulièrement forte en 2010 (*EurObserv'ER, 2011*).

**L'essentiel de la biomasse énergie est consommée sous forme de chaleur :** la consommation finale de chaleur issue de la biomasse solide dans l'UE 27 en 2010 a atteint 66 Mtep pour une production d'énergie primaire estimée à 79 Mtep. Mais le ratio entre valorisation thermique et électrique varie fortement d'un pays à l'autre. En France et en Italie, où le marché résidentiel est prédominant, la consommation de chaleur correspond à plus de 90% de l'énergie primaire produite. La France est le premier consommateur de chaleur issue de biomasse solide (hors déchets) en Europe. Dans l'UE 27, la proportion s'établit à plus de 80% en moyenne, avec la Suède à 87%, la Finlande à 79%. En Allemagne le débouché électrique est plus important puisque la consommation de chaleur correspond à 70% de l'énergie primaire produite. Au Royaume-Uni et aux Pays-Bas, les valorisations thermiques et électriques sont quasiment équivalentes (*Eurobserv'er, 2011*).

La production d'électricité a poursuivi sa croissance en 2010 (+8,3% par rapport à 2009) mais à un rythme moindre que l'année précédente (+11,3% entre 2008 et 2009). Cette décélération s'explique par le fait que certains pays comme l'Allemagne et la Suède ont privilégié en 2010 la production de chaleur. Par ailleurs, la production d'électricité issue d'unités de cogénération a cru plus rapidement que celle provenant de centrales électriques seules (*Eurobserv'er, 2011*).

Il convient de noter que la part de la **cogénération** dans la production électrique est très variable selon les pays. Elle est ultra majoritaire dans les pays nordiques, et représente en moyenne 70% du total en Europe. Elle est en revanche très minoritaire au Royaume-Uni (*Eurobserv'er, 2011*).



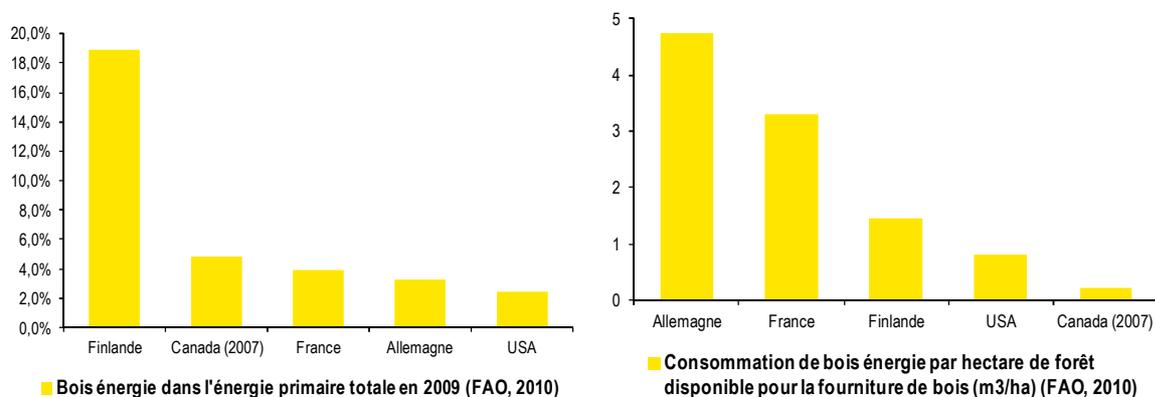
Source :Eurobserv'er, 2011

## Amérique du Nord

Au **Canada**, le bois énergie représentait près de 5% de la consommation d'énergie primaire en 2007, ce qui est faible au vu de la ressource forestière disponible : la consommation de bois énergie par hectare de forêt disponible pour la fourniture de bois atteignait à peine 0,2m<sup>3</sup>/ha en 2007 lorsqu'il était de 1,5 m<sup>3</sup>/ha en Finlande en 2009, et dépassait 3 m<sup>3</sup>/ha en France en 2009 (FAO, 2010). La majeure partie est produite et utilisée par l'industrie forestière.

Le Canada dispose de la deuxième plus grande ressource forestière sur pied à vocation commerciale au monde, après la Russie (FAO, 2010). La transformation du bois étant en déclin dans le pays, les industriels cherchent de plus en plus à se tourner vers des usages énergétiques. L'export est privilégié compte tenu du faible développement du marché intérieur. Les exports de granulés bois du Canada ont ainsi couvert plus de 10% de la consommation de l'UE en 2008, essentiellement pour alimenter les centrales électriques du Nord de l'Europe en substitution du charbon (FAO, 2010).

La Canadian Bioenergy Association note, suite à son enquête de 2011 (CanBio, 2012), un essor important du bois énergie ces dernières années. En 2011, la capacité de production de pellets d'élevait à 3,2 Mt, plus 0,3 Mt de capacité en construction, alors qu'elle n'était que de 2,1 Mt en 2010 et 1,1 Mt en 2006. Avec 1 200 emplois estimés en 2011, la production de pellets est le premier pourvoyeur d'emplois dans le secteur des bioénergies au Canada. Surtout, alors que sur la période 1980-2009, seulement 3 réseaux de chaleur au bois ont fonctionné au Canada, 16 installations ont été démarrées entre 2009 et 2011, 12 étaient en construction fin 2011 et 26 autres à l'état de projet plus ou moins avancé. La capacité de production électrique à partir de biomasse chez les producteurs indépendants a connu une dynamique moindre (466 MWe en 2011, soit une augmentation de moins 10% depuis 2009).



Aux **Etats-Unis**, le développement de la biomasse énergie est focalisé sur l'essor des biocarburants, avec l'injection par l'Etat fédéral de plus d'un milliard de dollars depuis 2007 dans des projets de bioraffinage (voir filière « Biocarburants »), de la R&D à la phase de développement industriel. La contribution du bois énergie à la production totale d'énergie primaire est relativement faible puisqu'elle dépasse à peine les 2% en 2009, lorsque la France est à 4%, et des pays tels que la Suède ou la Finlande, proches de 20%. Le marché est très majoritairement tourné vers l'utilisation de connexes des industries du bois (83% du bois énergie) dans le secteur industriel (63% de la consommation de bois énergie). Le secteur résidentiel ne consomme que 24% du bois énergie. Les produits bois en fin de vie sont très peu valorisés (1% du bois énergie total) (FAO, 2010).

Compte tenu de la couverture forestière du pays et du niveau de consommation énergétique intérieur (notamment dans le secteur résidentiel), le marché du bois énergie aux Etats-Unis semble sous-exploiter ses potentialités.

### Chine

Les capacités chinoises de production d'électricité à partir de biomasse étaient estimées à 2,2 GWe en 2006 ce qui est très faible au regard de la taille du marché intérieur et du potentiel de production d'énergie à partir des déchets agricoles et forestiers. Le Plan de développement à moyen et long terme de l'énergie renouvelable de 2007 fixait un objectif d'une puissance de 5 GWe en 2010 (Canada China Business Council, 2012).

## Biogaz

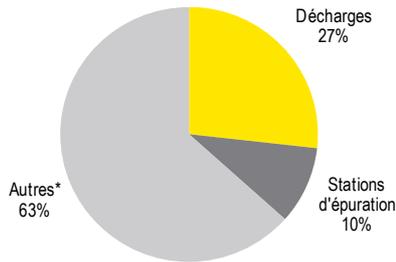
### Union Européenne

La production européenne d'énergie primaire issue du biogaz a atteint **10,9 Mtep en 2010**, en croissance de plus de 30% par rapport à 2009 (Europserv'er, 2011).

Plus de 60% des volumes de biogaz sont issus d'unités spécialement conçues pour la valorisation énergétique (biogaz agricole, unité de méthanisation des déchets municipaux solides, unité centralisée de codigestion). Ce segment, en très forte croissance, est largement porté par la dynamique du marché allemand.

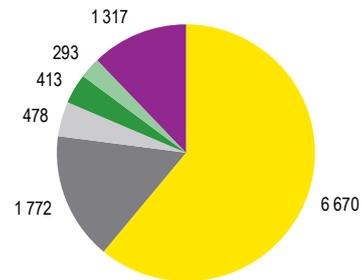
**Au niveau européen, le biogaz est principalement valorisé sous forme d'électricité**, et a permis la production de 30,3 TWh en 2010, en augmentation de 20% par rapport à 2009 (EurObserv'ER, 2010).

Production d'énergie primaire de biogaz de l'UE en 2010 (ktep)



\* Autres : unités décentralisées de biogaz agricole, unités de méthanisation de déchets municipaux solides, unités centralisées de codigestion.

Production d'énergie primaire de biogaz de l'UE en 2010 (ktep)



■ Allemagne ■ Royaume-Uni ■ Italie ■ France ■ Pays-Bas ■ Autres

Source : *EurObserv'ER*, 2010

**L'Allemagne est leader mondial sur le secteur de la méthanisation.** Le pays a fait le choix de développer les unités de méthanisation agricoles en favorisant l'utilisation des cultures énergétiques, et représente 60% de la production européenne de biogaz en 2010. Selon l'Association allemande du biogaz (Fachverband Biogas), le pays possédait en 2009 près de 5 000 installations de méthanisation, soit plus de deux fois le nombre d'installations aux Etats-Unis. De plus, le pays procède depuis 2008 à l'injection de biométhane dans le réseau. Selon la DENA (Agence Allemande pour l'Energie), plus de 60 unités devaient être opérationnelles début 2010 pour un volume de biométhane injecté de 380 millions de m<sup>3</sup>. (*EurObserv'ER*, 2010, 2011)

En **Italie** et au **Royaume-Uni**, le biogaz capté en **décharge** représente respectivement 70% et 90% des volumes totaux et est valorisé quasi exclusivement pour la production d'électricité.

Au **Royaume-Uni**, la valorisation du biogaz de décharge a été tirée par le système de certificats verts (ROCS) : sur la période du 1<sup>er</sup> avril 2008 au 31 mars 2009, le biogaz de décharge était la deuxième filière renouvelable ayant bénéficié du système avec près de 25% de la totalité des ROCS présentés. La méthanisation agricole et la codigestion ne se sont en revanche, pas développées (*EurObserv'ER*, 2010).

L'**Italie** est devenue en 2010 le 3<sup>ème</sup> producteur européen de biogaz, devant la France, grâce au fort développement du biogaz agricole. Le biogaz est principalement valorisé sous forme d'électricité de sorte que 2,1 TWh ont été injectés sur le réseau en 2010. La filière a été encouragée par la mise en place en 2009 du tarif d'achat de l'électricité issue du biogaz, produit à partir de matières premières agricoles, le plus incitatif d'Europe.

#### Etats-Unis

Les Etats-Unis ne comptent que 2 200 sites produisant du biogaz. La majorité des sites (1 500) méthanisent des boues d'épuration urbaines, près de 600 correspondent à du captage de biogaz en décharge, tandis que près de 200 installations de méthanisation à la ferme seulement sont dénombrées.

Seulement 250 des 1 500 installations en station d'épuration valorisent le biogaz produit (*American Biogas Council*, 2012). La grande majorité des installations à la ferme (175) en revanche valorisent le biogaz, essentiellement par cogénération ou pour la production d'électricité seule, dans des installations de 500 kW<sub>e</sub> en moyenne. Ce segment a connu une dynamique forte avec la mise en place du REAP suite au Farm Bill de 2008.

Le potentiel de développement est très élevé puisque 12 000 sites ont été identifiés comme présentant un potentiel intéressant de production de biogaz, dont plus de 8 000 projets à la ferme (*American Biogas Council*, 2012).

#### Chine

Le biogaz est couramment utilisé dans le nord-ouest et le nord-est de la Chine, où le gouvernement subventionne les ménages qui se procurent un tel système. Plus de 17 millions de ménages ont des digesteurs de biogaz et on compte en Chine 140 000 installations municipales de traitement des déchets et 4 000 installations de traitement des eaux usées industrielles au biogaz (*Canada China Business Council*, 2012).

## 2. Le potentiel de marché

### 1. Le potentiel de marché à l'International

Le potentiel de développement des applications modernes de la biomasse énergie (par opposition au bois de chauffe

utilisé traditionnellement avec de faibles rendements) est très important.

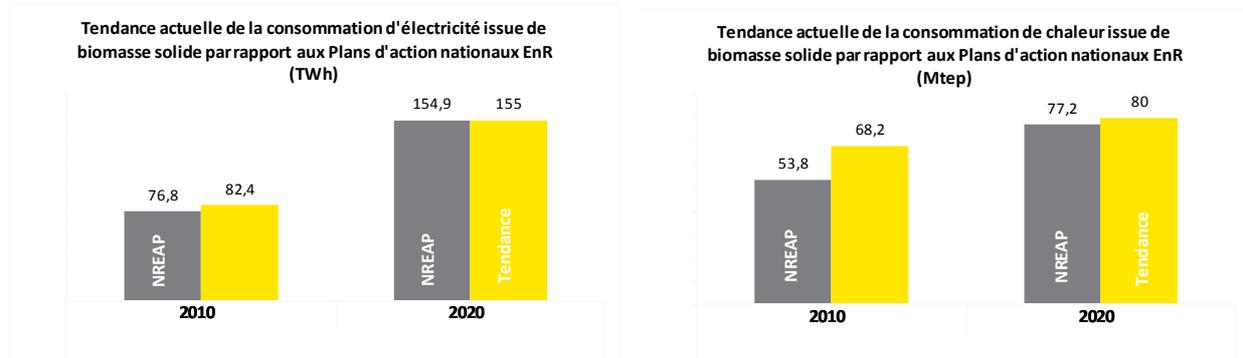
Au **Canada**, la biomasse forestière offre un potentiel intéressant et largement inexploité. Les applications les plus efficaces devraient être privilégiées, à savoir la production de chaleur par combustion directe, et la cogénération dans des projets communautaires se déroulant à proximité des ressources (*RNCan, 2011*). En attendant le marché se développe à un rythme modéré, quoiqu'accélééré depuis 2009, et les industriels du bois se positionnent sur l'exportation de granulés, principalement à destination du marché européen (co-combustion charbon-pellets).

Aux **Etats-Unis**, le potentiel de développement du secteur de la biomasse solide est très fort. D'après l'étude « U.S. Billion-Ton Study » du DOE, qui vise à évaluer la capacité des Etats-Unis à substituer 30% de la consommation de pétrole par de la biomasse, la production de biomasse atteindrait sous certaines conditions de prix 1 milliard de tonnes sèches à l'horizon 2022, réparties entre ressources forestières et agricoles. Surtout, le marché intérieur est très grand. Pourtant, la réalisation de ce potentiel est très incertaine. D'une part, parce que la politique énergétique du DOE privilégie très largement l'utilisation de la biomasse dans les bioraffineries en vue de produire des biocarburants et autres produits chimiques. D'autre part, parce que l'exploitation des gaz de schiste a considérablement augmenté le gisement de ressources fossiles accessibles à moindre coût, ce qui atténue, en l'absence d'une politique climatique volontariste, l'intérêt de recourir à la combustion directe de la biomasse. Un **développement de la méthanisation** reste néanmoins attendu, dans le secteur agricole notamment, soutenu par le Rural Energy for America Program.

En **Chine**, la réalisation des objectifs du Plan de développement à moyen et long terme de l'énergie renouvelable, ouvrirait un marché de très grande taille, puisque plus de 20 milliards d'euros d'investissement ont été prévus sur la période 2007-2020 afin de porter les capacités installées de 2 GWe en 2006 à 30 GWe en 2020. L'accent est mis sur la production d'électricité et un ambitieux programme de reforestation est mis en œuvre, qui devrait permettre de diminuer le déficit du pays en bois industriel (*Canada China Business Council, 2012*).

En **Europe**, le potentiel de développement du marché à horizon 2020 peut être estimé d'après les Plans d'action nationaux énergie renouvelable (NREAP) établis dans le cadre de la Directive européenne énergie renouvelable 2009/20/CE. Les chiffres ci-dessous intègrent la production d'énergie issue de la combustion des déchets municipaux renouvelables, considérée comme constante sur la période.

Les objectifs que se sont fixés les Etats sont ambitieux avec une croissance annuelle de la consommation d'électricité issue de biomasse solide supérieure à 7% sur la période 2010-2020. Dans le même temps la consommation de chaleur doit progresser de près de 4% en rythme annuel. D'après les indicateurs EurObserv'ER, la dynamique de la filière biomasse en 2010, permettrait d'atteindre les objectifs fixés en termes de production d'électricité, et de dépasser les objectifs de production de chaleur. Cela suppose toutefois le maintien dans les années à venir des efforts engagés par les Etats pour le développement de la filière (*Eurobserv'er, 2011*).



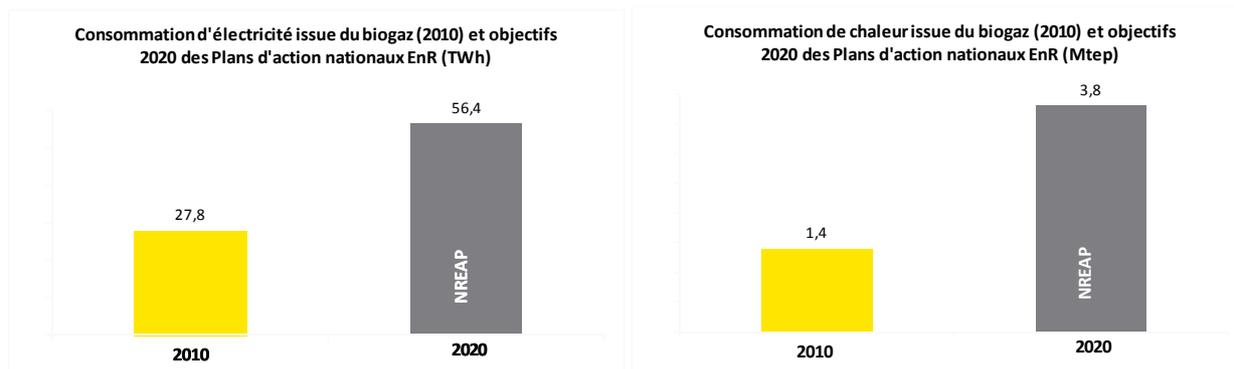
Source : ECN (Centre de recherche sur l'Energie des Pays-Bas), 2010 et Eurobserv'ER, 2011

Le développement du marché pourrait être modulé par le développement d'un dispositif de durabilité appliqué aux biocombustibles, comme cela a été fait pour les biocarburants. La Commission Européenne a lancé une consultation à ce sujet en 2012.

Sur le segment du biogaz, une dynamique tout aussi forte est attendue : les objectifs de consommation d'électricité issue du biogaz, fixés par les Etats dans leur NREAP, supposent une croissance annuelle moyenne de 7,3%. La consommation visée en 2020 s'élèverait à plus de 56 TWh, dont plus de 23 TWh en Allemagne, qui resterait de loin, le premier contributeur devant l'Italie et le Royaume-Uni (*Eurobserv'er, 2010*).

L'étude menée par Ecoprog et le Fraunhofer Umsicht « Le marché des centrales biogaz en Europe » prévoit que 3 500 unités de méthanisation seront construites sur la période 2013-2018, générant un marché estimé à près de 5,4 milliards d'euros (*Eurobserv'er, 2010*).

Les feuilles de route NREAP ne précisent pas la quantité de biométhane qui serait injectée dans le réseau mais l'Allemagne a fixé un objectif de 6 milliards de Nm<sup>3</sup> en 2020, ce qui suppose la construction d'environ 2 000 installations d'enrichissement.



Source : Eurobserv'er, 2010

## 2. Le potentiel de marché en France

Les objectifs de la France sur la biomasse énergie à horizon 2020 ont été inscrits dans la Programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité et de chaleur.

	Situation 2006	Point de passage fin 2012	Objectifs 2020
<b>Chaleur</b>			
<b>Bois individuel (+ part chaleur cogénération)</b>	7 400 ktep (5,75 Mlogements)	7 400 ktep (7,3 Mlogements)	7 400 ktep (9 Mlogements)
<b>Biomasse</b>	1 400 ktep	2 500 (+540) ktep	5 200 (+2400) ktep
<b>Part ENR des UIOM et bois DIB</b>	400 ktep	470 ktep	900 ktep
<b>Biogaz</b>	55 ktep	60 ktep	555 ktep
<b>Electricité</b>			
<b>Biomasse yc biogaz et part ENR des UIOM</b>	240 tep (460 MW)	510 tep (980 MW)	1 440 tep (2 760 MW)

A l'image des autres énergies renouvelables, à l'heure actuelle, l'investissement dans une installation biomasse énergie reste élevé (de l'ordre de 500 à 600 kEUR/MWth sur les installations aidées dans le cadre des appels à projets BCIAT). Compte-tenu du niveau actuel des prix du gaz, la biomasse énergie n'est pas compétitive en l'état sans incitations (crédit impôt aux particuliers, fonds chaleur, tarif d'achat de l'électricité) de sorte que la réalisation du potentiel de marché décrit ci-après est conditionné par le maintien des principaux dispositifs de soutien publics.

Sur le segment du **bois individuel**, la tendance observée depuis 2010 devrait se confirmer, à savoir un marché assez stable dans son ensemble, mais avec des segments différenciés : le marché des foyers et des inserts devrait se stabiliser voire régresser alors qu'une progression est attendue sur le marché des poêles à bois, en particulier les poêles à bois contemporains et poêles à granulés qui connaissent une dynamique soutenue en raison de leur efficacité énergétique. Le marché des chaudières individuelles est atone depuis quelques années en raison de la morosité du marché de la construction. De plus, les industriels français pâtissent de la concurrence de l'Allemagne et de l'Autriche sur les équipements à granulés (poêles et chaudières). En revanche, sur le marché des foyers et inserts, où le savoir-faire français est reconnu, les perspectives à l'export sont bonnes, en particulier dans les pays d'Europe de l'Est.

Concernant la fourniture de combustible bois pour le résidentiel, le marché de la bûche devrait rester globalement stable voire régresser, tandis qu'un fort essor du granulé bois est attendu : le SNPGB prévoit une production en hausse avec une estimation de 1 million de tonnes en 2012 et de 5 millions de tonnes en 2020.

Sur le segment de la **chaleur à usage collectif et industriel**, l'ADEME prévoit que le maintien du fonds chaleur jusqu'en 2020 au niveau de 2011 (qui permettrait d'atteindre les objectifs de la PPI sur ce segment) déclencherait 5,4 milliards d'euros d'investissement sur la période, pour une aide de 1,8 milliards. En 2020, l'ensemble des installations soutenues

générerait un chiffre d'affaires annuel de 1,6 milliards d'euros, dont la moitié liée à l'approvisionnement, et permettrait de substituer 3 400 ktep/an, soit une économie annuelle sur l'importation de gaz supérieure à 1 milliard d'euros. L'ADEME estime surtout que 16 500 emplois pérennes seraient constitués, pour l'exploitation et l'approvisionnement des installations, au-delà des quelques 2 000 emplois temporaires créés sur une dizaine d'années pour la construction des installations. (ADEME, 2012)

Sur le segment de la **production d'électricité**, la réalisation des projets retenus dans le cadre de l'appel d'offres CRE4 permettrait la mise en route de 420 MWe supplémentaires pour un investissement total de 1,4 milliard d'euros. D'après les objectifs PPI, environ 1 800 MWe supplémentaires sont attendus sur la période 2012-2010, sans compter le retard cumulé à fin 2012. Fin 2010, le retard était de l'ordre de 100 MWe (DGEC, 2012). Une part non négligeable de ces nouvelles capacités est attendue du secteur de la **méthanisation et de valorisation du biogaz**, notamment grâce au dynamisme des installations agricoles et territoriales. La question est de savoir si le retard observé sur la biomasse solide est rattrapable. Etant donné le très faible nombre d'installations recourant au tarif d'achat de l'électricité issue de la cogénération biomasse, la concrétisation des projets retenus par le mécanisme CRE est fondamentale.

Sur le segment du **biométhane**, la mise en route d'installations de méthanisation procédant à l'injection de biométhane dans le réseau de gaz naturel est attendue dans les années à venir, suite à la mise en place du tarif d'achat en 2011. Il est estimé que 4 années sont nécessaires entre l'étude de faisabilité et la mise en service d'une installation. Aucun objectif d'injection de biométhane n'a été fixé à ce jour.

La réalisation des objectifs de la PPI va générer une **demande très forte de biocombustibles. La consommation de plaquettes forestières, estimée à 800 000 tonnes en 2011-2012 pourrait être multipliée par 4 d'ici 2015** sur la base du développement des chaufferies (Fonds Chaleur) et des installations de cogénération biomasse (CRE) (SER, 2012).

Par ailleurs, **un développement des Combustibles Solides de Récupération (CSR) est attendu**. On entend par CSR les combustibles solides préparés à partir de déchets non dangereux destinés à être valorisés énergétiquement dans des installations d'incinération ou de co-incinération et respectant le système de classification et spécification défini dans le projet de norme CEN/TS 15359. Avec **4 millions de tonnes de déchets de bois issus du BTP**, le potentiel est élevé, de sorte que plusieurs industriels, y compris de grands groupes tels que Veolia Environnement, mènent des programmes de recherche afin de lever les freins sanitaires et environnementaux à leur développement (PIPAME, 2012).

## 4 Les enjeux de développement de la filière

### 1. Les déterminants du développement de la filière

#### 1. *Les principaux moteurs de croissance*

La croissance de la filière est tirée par plusieurs facteurs parmi lesquels :

#### **Une contribution à l'atteinte des objectifs en matière d'énergie renouvelable et de gaz à effet de serre**

La biomasse énergie contribue à l'atteinte d'objectifs de production d'énergie renouvelable et de réduction des émissions de gaz à effet de serre, au niveau des Etats (objectifs multilatéraux ou régionaux), au niveau des collectivités locales, où le développement du bois énergie est un facteur tangible de réussite des politiques de développement durable engagées par les élus, et au niveau des entreprises, engagées dans leurs démarches de RSE.

#### **Une alternative locale aux énergies fossiles importées: un atout économique et stratégique**

L'essor de la biomasse énergie reste fondamentalement lié au niveau de prix des énergies fossiles dont le cours volatile s'est largement établi à la hausse ses trente dernières années. En quelques années le surcoût d'utilisation du bois énergie s'est largement réduit, limitant le besoin de soutien public au MWh. Surtout la substitution d'énergies fossiles importées par des bioressources locales contribue, d'une part au rééquilibrage de la balance commerciale, d'autre part à l'indépendance énergétique nationale.

#### **Un potentiel sylvicole important**

La France est au troisième rang européen par son potentiel sylvicole. De plus, selon les évaluations de l'IFN, l'accroissement naturel de la forêt est d'environ 103 Mm<sup>3</sup> dont seulement 57% sont autoconsommés et commercialisés (cet accroissement n'est toutefois pas entièrement mobilisable : une partie de la ressource ne sera pleinement disponible qu'après 2020 et une autre partie est détruite ou non mobilisable) (PIPAME, 2012).

#### **Cas du biogaz : des bénéfices autres que la production d'énergie**

Au-delà de sa contribution au développement des énergies renouvelables, la méthanisation est un mode de traitement des déchets et des effluents permettant de limiter la quantité de déchets mis en décharge. De plus elle génère un résidu hygiénisé pouvant contribuer à la fertilisation des sols, en substitution aux amendements chimiques.

## 2. Les principaux freins et verrous

### **Une disponibilité limitée de bioressources**

*Bois énergie : une filière bois peu structurée insufflant une dynamique insuffisante aux usages du bois massif*

Les valorisations énergétiques du bois ne justifient pas à elles seules le développement de la couverture forestière et de son exploitation qui restent fondamentalement tirées par les usages du bois massif dans la construction, l'ameublement, ou les emballages (tonnellerie, etc.). La dynamique modérée de ces activités ne permet pas de soutenir à moyen et long termes la croissance de la demande en bois énergie, et ce d'autant moins que bois industrie partage le même gisement.

Les freins sont multiples. Au niveau forestier, les diversités régionales et le morcellement de la forêt, majoritairement détenue par des propriétaires privés, s'ajoutent à la complexité de la ressource constituée d'essences très diverses. De ce fait, la forêt française, pourtant en expansion, est sous-exploitée. Au niveau de la filière bois dans son ensemble, la segmentation des acteurs est problématique : l'amont est spécialisé dans la gestion et d'exploitation du bois, et les filières aval visent individuellement leurs différents marchés cibles (construction/rénovation, ameublement, énergie, etc.). (PIPAME, 2012) Le manque de cohésion de la filière est un frein majeur au développement des usages du bois matière, et donc du bois énergie qui en dépend.

*Méthanisation : les déchets les plus méthanogènes déjà bien valorisés*

Sur le secteur de la méthanisation, des problématiques de disponibilité de la ressource (biodéchets) peuvent apparaître localement compte tenu des concurrences entre acteurs de la filière. Les biodéchets à haut potentiel méthanogène sont déjà largement sollicités.

### **Un manque de visibilité sur les bioressources réellement disponibles**

Au-delà de la tension effective sur les ressources, le manque de visibilité sur la disponibilité réelle de la biomasse est en soi un frein majeur pour l'émergence de la filière : le risque d'une rupture d'approvisionnement est un risque fondamental pour l'investisseur. Des initiatives ont été lancées pour pallier cela mais l'observatoire en cours de développement par FranceAgriMer ne sera pleinement opérationnel qu'en 2014, et les contours ainsi que le calendrier de mise en œuvre de l'observatoire MEDDE-MAAF ne sont pas encore connus.

De plus, les évaluations de l'accroissement naturel disponible menées par l'IFN ont été nuancées par un rapport des Ponts et Chaussées de 2011 de sorte que l'incertitude sur le gisement reste forte (PIPAME, 2012).

### **La faible densité énergétique et la dispersion de la biomasse**

La biomasse est par nature dispersée et présente une faible densité énergétique. En l'absence d'une structuration satisfaisante de la filière (collecte, logistique et transformation), cela pénalise les coûts de collecte, de logistique et de transformation. Ce constat est particulièrement vrai pour les déchets agricoles.

Le développement de procédés visant à densifier la biomasse (torréfaction notamment) n'est qu'une partie de la réponse. Le fait de privilégier des filières courtes reste la principale logique d'une filière fondée sur la microdécision (adéquation entre emplois et ressources locaux).

### **L'instabilité conjoncturelle des prix des énergies fossiles**

Les cours des énergies fossiles peuvent atteindre des niveaux bas conjoncturellement (situation économique dégradée) ou de façon cyclique (en raison notamment de la cyclicité des investissements dans le secteur de l'oil & gaz). Dans les années 90 par exemple, l'essor des filières biomasses a été stoppé par le faible niveau de prix du baril.

### **Un niveau d'investissement plus élevé que certaines solutions au gaz naturel**

Le bois énergie est concurrent, sur nombre de ses applications, avec des solutions alimentées au gaz naturel qui nécessitent de moindres investissements. En période d'accès difficile au financement (crise économique) et en l'absence de soutien public, ceci est un frein majeur pour la filière.

### **Le développement d'exigences sur la durabilité des biocombustibles**

L'essor du marché pourrait être modéré par le développement au niveau européen d'exigences sur la durabilité des biocombustibles, à l'image du dispositif mis en œuvre sur les biocarburants. La Commission Européenne a lancé une consultation à ce sujet en 2012. Ces dispositions viseraient notamment à assurer la durabilité des conditions de production, dans un contexte de recours accru aux importations. Ces exigences, bien que susceptibles de freiner la croissance de la filière, constituent également un vecteur de son acceptabilité politique et sociétale.

## **2. Evolutions du paysage concurrentiel et enjeux de développement**

La **croissance** du secteur de la biomasse solide devrait se poursuivre à un **niveau soutenu** dans les années à venir : l'atteinte des objectifs fixés en **Europe** suppose en effet une croissance annuelle de plus de **4% de la production de chaleur et de 7% de la production d'électricité sur la période 2010-2020**. Dans un contexte économique difficile et incertain, la filière présente deux forces majeures. D'une part, le soutien à la biomasse énergie, en particulier à la chaleur, permet aux Etats de décarboner leur économie avec des niveaux d'investissement modérés (le MWh de chaleur biomasse coûte 3,4 MWh à la puissance publique en France (*Sénat, 2012*)). D'autre part, les projets sont porteurs de **développement** et de **création d'emplois locaux**, puisqu'une part importante de la valeur ajoutée réside dans l'approvisionnement en biomasse, celle-ci n'étant que marginalement importée.

La capacité de la filière biomasse à générer de l'emploi local en France dépend largement du maintien et du **développement d'une offre locale, fiable et compétitive de biocombustibles produits dans des conditions de durabilité satisfaisantes**. A cet égard les enjeux sont multiples. La visibilité sur la **disponibilité** réelle de la **ressource** est fondamentale, pour les investisseurs, ainsi que pour les pouvoirs publics, ce qui nécessite des données fiables sur le gisement et ses usages. Surtout, le **développement des usages du bois massif, dans la construction, l'emballage et l'ameublement est déterminant** dans la mesure où ces industries à plus forte valeur ajoutée sont motrices de l'exploitation forestière, dont est issue la plaquette forestière, et pourvoyeuses directes de coproduits utilisables en bois industrie et bois énergie. Ce développement peut reposer sur l'accroissement naturel de la forêt, actuellement sous-exploité, et sur les grumes actuellement exportées **à condition que la filière se structure**. Au niveau de la gestion forestière, l'enjeu est de **mobiliser les forestiers privés**, principaux propriétaires de la forêt française. Sur l'ensemble de la filière, constatant le manque de cohésion entre acteurs, l'enjeu est de mobiliser l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur du bois et de **développer la culture bois** afin de décloisonner la filière et d'améliorer sa visibilité. Enfin, des solutions technologiques restent à trouver afin de valoriser dans des conditions environnementales et sanitaires satisfaisantes le **bois déchet** qui constitue un gisement important largement exporté à l'heure actuelle.

Par ailleurs, les industriels français doivent poursuivre leurs efforts dans le développement d'une offre d'**équipements de combustion** diversifiée et performante d'un point de vue énergétique et environnemental. Il s'agit d'une part significative de la chaîne de valeur pour laquelle le savoir faire des industriels nationaux doit être renforcé.

Sur le marché du **chauffage au bois résidentiel**, le taux d'importation d'équipements à granulés a dépassé 80% alors qu'il s'agit d'un segment en forte croissance. Sur le segment des foyers fermés et inserts, l'enjeu est de conserver la dynamique à l'export. Surtout, l'objectif reste de réduire les émissions de particules, dues à 65% au secteur domestique, ce qui suppose de maintenir des incitations pour le renouvellement du parc ancien des équipements individuels de combustion de bois.

Sur le marché **collectif, industriel et tertiaire**, les chaudiéristes français sont bien positionnés sur le marché intérieur, mais la concurrence globale est forte (Allemagne, Brésil, Inde) et aucun avantage concurrentiel ne semble définitivement acquis à un acteur aujourd'hui. L'enjeu est le développement de gammes proposant des performances énergétiques et environnementales satisfaisantes et pouvant valoriser une plus grande diversité de biomasse, notamment en termes d'humidité. Par ailleurs, le savoir faire des industriels français sur la gestion de **réseaux de chaleur** peut être mise à profit, sur le territoire avec le développement accru de réseaux de chaleur alimentés par de la biomasse (nouveaux réseaux, extensions, verdissement du mix), et à l'international.

La production d'**électricité** issue de la biomasse solide est en-deçà des objectifs 2012 de la PPI et la **dynamique** enclenchée est **insuffisante** pour atteindre les objectifs 2020. La France ne compte pas parmi les 10 premiers producteurs d'électricité issue de la biomasse en Europe et apparaît en retard sur le développement de nouvelles technologies à haut rendement et faibles émissions, telles que la gazéification. A ce stade, il paraît important de **préciser la stratégie nationale** en la matière et ajuster en conséquence les objectifs et dispositifs de politique publique.

Enfin, le marché du **biogaz** offre de fortes perspectives de croissance en France, en Europe, en Asie, ou par exemple aux Etats-Unis, car il **répond à la fois à des enjeux énergétiques et de gestion des déchets**. Toutefois la filière française pâtit aujourd'hui de **l'absence d'équipementiers français**.

## 5 Synthèse du positionnement national et des enjeux

Atouts (+)	Faiblesses (-)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un potentiel sylvicole plaçant la France au 3ème rang européen, notamment valorisable pour la production d'énergie (à la condition d'une sylviculture adéquate et d'une occupation de l'espace adaptée)</li> <li>▪ Une filière créatrice d'emplois peu délocalisables, contribuant en particulier au dynamisme des zones rurales</li> <li>▪ Des acteurs français bien positionnés sur des segments du chauffage au bois individuel dynamiques à l'export (foyers fermés et inserts)</li> <li>▪ Un contexte politique favorable : des objectifs ambitieux fixés par la PPI à horizon 2020 sur tous les segments et une réglementation sur les émissions industrielles de GES favorisant le recours à la biomasse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une filière bois insuffisamment structurée (sous-exploitation de la forêt privée, manque de cohésion entre acteurs du bois) freinant le développement des usages du bois massif (construction, ameublement) desquels dépend l'essor du bois énergie.</li> <li>▪ Un manque d'information sur la disponibilité réelle de biomasse</li> <li>▪ Le handicap structurel des filières de valorisation : la faible densité énergétique de la biomasse (notamment des déchets agricoles) et sa dispersion pénalisent les coûts de collecte, de logistique et de transformation.</li> <li>▪ Un faible développement de la valorisation énergétique du bois déchets, à l'inverse d'autres pays</li> <li>▪ Un retard sur les technologies modernes à haut rendement et à faibles émissions (gazéification)</li> <li>▪ Des acteurs français mal positionnés sur le chauffage au bois individuel à granulés (et sur les chaudières individuelles à haut rendement)</li> <li>▪ Une absence d'équipementiers français sur le secteur de la méthanisation</li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un renouvellement des équipements anciens dans le résidentiel par les nouvelles générations d'appareils plus performants</li> <li>▪ Un potentiel de développement majeur sur l'ensemble des segments avec la constitution d'un tissu industriel complet (PME de petite et de grande taille ; énergéticiens internationaux)</li> <li>▪ Un positionnement croissant des énergéticiens et sociétés de services français sur le segment de la fourniture de chaleur aux collectivités et de la bioélectricité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une insuffisance de la biomasse disponible (développement insuffisant du gisement de biomasse, usages concurrents).</li> <li>▪ Une domination des acteurs allemands et autrichiens sur les marchés les plus dynamiques du chauffage au bois résidentiel</li> <li>▪ Une domination des acteurs Nord-européens et britanniques sur la bioélectricité, en particulier sur les technologies modernes (gazéification)</li> </ul>

**Bibliographie  
de référence**

- ADEME, 2012, Colloque biomasse SER, Chaleur biomasse : quel rôle pour les aides publiques – l'exemple du Fonds Chaleur
- ADEME, 2012, Marchés, emplois et enjeu énergétique des activités liées à l'amélioration de l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables : situation 2010-2011
- ADEME, 2012, Synthèse sur l'impact du Fonds Chaleur/ filière biomasse
- Atee-Club Biogaz, 2011, Emplois dans la filière biogaz de 2005 à 2020
- Atee-Club Biogaz, 2011, Etat des lieux de la filière méthanisation en France
- Canada Bioenergy Association (CanBio), 2012, Economic Impact of Bioenergy in Canada 2011
- Canada China Business Council, site web september 2012, <http://www.ccbc.com/research-reports/sector-research/clean-energy-sector/>
- CGDD, 2010, Les filières industrielles stratégiques de l'économie verte
- CIBE, 2009, Les réseaux de chaleur au bois
- COSEI 2011, Soutenir la compétitivité des filières françaises de production d'énergie renouvelable
- DGEC, 2010, L'industrie des énergies décarbonées en 2010
- DGEC, 2012, Pétrole, gaz, énergies décarbonées – Rapport sur l'industrie en 2011
- EurObserv'ER, 2011, Baromètre Biomasse Solide
- EurObserv'ER, 2010, Baromètre Biogaz
- FAO, 2010, What woodfuels can do to mitigate climate change
- FAO, 2012, UNECE/FAO Joint Wood Energy Enquiry 2009
- MEDDTL, 2011, Premier bilan de la réforme de la TGAP de 2009 et de la politique de soutien sur les déchets ménagers et assimilés
- Ministère Fédéral de l'Environnement, la Conservation de la Nature et la Sûreté Nucléaire (Allemagne), 2012, site Internet, <http://www.erneuerbare-energien.de/doc/42351.php>
- Ministero dello Sviluppo Economico, 2012, DM Rinnovabili elettriche – 6 Luglio 2012
- Observ'ER, 2012, Suivi du marché 2011 des ventes d'appareils domestiques de chauffage au bois en France
- PIPAME, 2012, Marché actuel des nouveaux produits issus du bois et évolutions à échéance 2020
- RNCan (Ressources Naturelles Canada), 2012, Le potentiel de la biomasse forestière comme source d'énergie au Canada.
- Sénat, 2011, Avis présenté au nom de la commission de l'économie, du développement durable et de l'aménagement du territoire (1) sur le projet de loi de finances pour 2012, adopté par l'Assemblée Nationale
- SER, 2011, Kit Bioénergies 2012
- SNCU, 2008-2010, Enquête Nationale sur les Réseaux de Chaleur et de Froid
- USDA, 2012, Agriculture Reform, Food and Jobs Act of 2012
- US DOE, 2012, Database of State Incentives for Renewables and Incentives (site Internet <http://www.dsireusa.org/>)
- US DOE, 2011, Billion-Ton Study

# 3 - ENERGIES MARINES

## 1 Synthèse

### Présentation

#### Définition et périmètre

Cette fiche couvre les technologies de production d'électricité suivantes :

- ▶ Marémoteur (énergies des marées)
- ▶ Eolien Flottant (énergie du vent)
- ▶ Hydrolien (énergie des courants)
- ▶ Houlomoteur (énergie des vagues)
- ▶ ETM (énergie thermique des mers)
- ▶ Osmotique (énergie des gradients de salinité)

### Chiffres clés

**1 000 emplois en France en 2011** (SER, 2012)

**Un marché annuel estimé à 15 milliards d'euros en 2020 en Europe** (EU-OEA, 2010)

## 2 Présentation de la filière

La particularité de la filière des énergies marines renouvelables (EMR) réside dans la variété des technologies qu'elle recouvre. A l'heure actuelle et à l'exception de l'énergie marémotrice, le secteur des énergies marines se situe à un stade de développement globalement émergent.

L'éolien off-shore dit posé est traité dans la fiche « Eolien ». La biomasse marine, parfois incluse dans le spectre des « énergies marines », est quant à elle traitée dans la fiche « Biocarburants ».

Les énergies marines exploitent différentes sources d'énergie issues des courants, du vent, des marées, des vagues ou des gradients de salinité. Chacune d'elles est brièvement décrite ci-après.

#### L'énergie marémotrice

Les usines marémotrices exploitent l'énergie potentielle des marées. Malgré la maturité de cette technologie, seulement quatre usines sont installées dans le monde. Les deux plus grandes installations étant en France (usine de la Rance) et en Corée du Sud, les deux autres, au Canada et en Chine. La centrale en Corée du Sud d'une puissance de 254 MW, mise en service début septembre 2011, a d'ailleurs détrôné l'usine française de la Rance (240 MW) de son statut d'usine marémotrice la plus puissante du monde depuis 1966. D'une manière générale cependant, peu de projets sont en cours de développement, en raison de leur coût d'investissement et de leur impact environnemental.

#### L'énergie éolienne offshore flottante

Montées sur une structure flottante, ces éoliennes permettent de s'affranchir des contraintes de profondeur auxquelles sont confrontées les éoliennes posées sur le fond de la mer. Elles peuvent être placées au large, en eaux plus profondes et ainsi profiter d'une ressource en vent plus importante et plus stable. L'électricité produite est ensuite amenée à terre par des câbles sous-marins. Technologie récente, l'éolien flottant fait l'objet d'une concurrence entre plusieurs concepts, adaptés à des profondeurs différentes pour des sites distincts, dont aucun n'est encore en phase de commercialisation. De nombreux projets sont en cours à l'heure actuelle pour développer et tester des innovations techniques (flotteur colonne à grand tirant d'eau, flotteur semi-submergé, support à lignes tendues).

### **L'énergie hydrolienne**

Les hydroliennes sont des turbines destinées à transformer l'énergie cinétique des courants en électricité ou en fluide sous pression. Outre sa prédictibilité, la ressource est également extrêmement localisée, les sites les plus favorables étant ceux où les courants sont les plus forts. Dans un contexte de foisonnement des technologies (une cinquantaine d'architectures innovantes sont comptabilisées), plusieurs prototypes et démonstrateurs sont en cours de développement ou de test.

### **L'énergie houlomotrice**

Plusieurs principes existent pour exploiter l'énergie des vagues et de la houle : soit par des installations fixes sur la côte, soit par des installations mobiles à proximité des côtes ou bien plus au large. Toutes les technologies (plus de 140) sont cependant au stade de recherche et développement ou de prototype.

### **L'énergie thermique des mers (ETM)**

Cette technologie consiste à exploiter une différence de température d'au moins 20°C entre les eaux superficielles et les eaux profondes de l'océan. Ainsi, seules les zones intertropicales disposent des conditions nécessaires à l'exploitation de cette ressource qui représente un potentiel pour contribuer à l'autonomie énergétique des îles où le coût de l'énergie est très élevé. L'ETM présente l'avantage d'être une énergie renouvelable de base non intermittente. Des prototypes à échelle de laboratoires sont en cours de développement.

### **L'énergie osmotique (ou énergie des gradients de salinité)**

Cette technologie consiste à exploiter le gradient de salinité entre l'eau de mer et l'eau douce. Les ressources sont donc localisées sur les estuaires des grands fleuves ou des fjords. Par un système de membrane semi-perméable, les concentrations salines s'équilibrent, créant une surpression dans le compartiment d'eau de mer. Cette technologie est encore à ses premiers stades de recherche et développement. L'entreprise norvégienne Statkraft est l'un des rares acteurs à se positionner sur ce secteur.

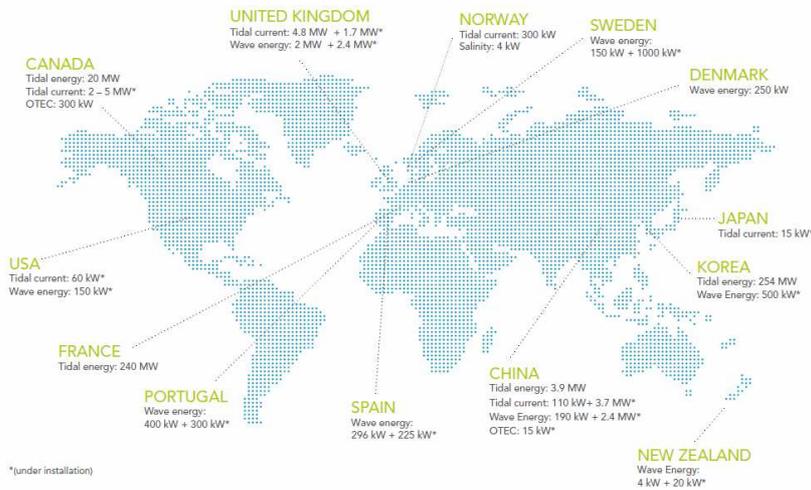
## **3 Présentation du marché et de ses perspectives de développement**

### **1. Etat des lieux et dynamique récente du marché à l'International**

#### ***Des technologies émergentes dont la capacité installée est aujourd'hui limitée et correspond principalement à du marémoteur***

La production d'électricité renouvelable représente 19,6% de la production d'électricité mondiale en 2010. Parmi elle, les énergies marines ne contribuent qu'à hauteur de 0,01% (*Observ'ER, 2011*). Leur contribution au mix énergétique mondial est donc extrêmement réduite. L'Agence Internationale de l'Energie évalue la capacité installée dans le monde à 519 MW en 2011 (*OES, 2010*), correspondant pour l'essentiel à des usines marémotrices, seule technologie mature aujourd'hui.

## WORLDWIDE OCEAN POWER INSTALLED CAPACITY



Capacité installée des EMR dans le monde (OES, 2011)

### **Hors marémoteur, une longueur d'avance pour le Royaume-Uni mais des initiatives dans d'autres pays qui peuvent changer la donne**

Le Royaume-Uni apparaît comme l'un des pays les plus dynamiques dans le domaine des énergies hydroliennes et houlomotrices. La moitié des entreprises leaders sur les énergies hydroliennes et houlomotrices seraient aujourd'hui basées au Royaume-Uni (*Ernst and Young, 2012*). En 2011, la capacité des EMR connectée au réseau a augmenté de plus de 90% passant de 2,9 MW en 2010 à 5,6 MW en 2011. (*Renewable UK, 2012*). Plusieurs programmes ont permis de soutenir le développement de la filière ces dernières années et le développement de projets au Royaume-Uni. En particulier le « Marine Energy Accelerator » du Carbon Trust avait pour objectif de contribuer à réduire les coûts des énergies marines. Ce programme, de 3,5 millions de livres entre 2007 et 2010 (*Carbon Trust, 2011*), s'appuyait sur trois grands axes:

- ▶ Développement de nouveaux concepts et technologies permettant de réduire les coûts de manière significative
- ▶ Recherche sur les composants des technologies existantes
- ▶ Développement de stratégies d'installation, exploitation et maintenance à coûts réduits.

Le Royaume-Uni soutient de plus la filière via la mise en place d'un mécanisme de soutien à la demande : l'électricité marine est en effet rémunérée 2 ROCs (Renewable Obligation Certificates)/MWh, soit environ 104€/MWh). Il a été décidé d'élever ce tarif d'achat pour soutenir les premiers projets pré-commerciaux à 5 ROCs/MWh à partir de 2013 et sous certaines conditions (*EurObserv'ER, 2011 ; Renewable UK, 2012*).

Plus récemment, en janvier 2011, le gouvernement britannique a communiqué sa stratégie pour le développement des énergies marines dont les aspects clés reposent sur le soutien au déploiement pré-commercial et à petite échelle des technologies marines (notamment dispositifs de soutien à la demande) et la planification et le partage des connaissances à travers un réseau « Intelligence Marine ».

Au-delà de ces éléments, la plateforme de recherche de l'EMEC (European Marine Energy Center) est à souligner. Cette plateforme permet l'installation en pleine mer de prototypes sur des sites disposant de connexions au réseau électrique terrestre (actuellement 14 sites permettent de tester les technologies à grande échelle). L'EMEC dispose également de deux zones de tests pour des technologies plus petites ou à des stades plus amont de développement. Ces sites permettent d'évaluer les technologies dans des conditions maritimes moins contraignantes que pour les autres sites d'essais.

En 2004, le premier dispositif houlomoteur Pelamis a ainsi été raccordé au réseau via la plateforme et depuis, plusieurs générations de Pelamis ont été testées. Par ailleurs, l'EMEC conclut des partenariats à l'international avec des acteurs de référence, comme par exemple le Fundy Ocean Research Centre for Energy (FORCE) au Canada ou avec l'Ocean University of China (OUC) en Chine.

Enfin, l'EMEC participe à la définition de standards internationaux dans le domaine des énergies marines après avoir notamment défini 12 guides en la matière.

Le gisement européen et son potentiel d'exploitation étant conséquent (3,6 GW en 2020 et 188 GW en 2050 selon l'European Ocean Energy Association) (*EU-OEA, 2010*), la plupart des pays littoraux cherchent aussi à développer la filière. Les projets en cours portent essentiellement sur l'énergie des vagues. Par exemple, l'**Irlande** a ainsi testé pendant trois mois en 2011 un prototype houlomoteur OWC (oscillating water column) à l'échelle ¼ déployé par Ocean Energy Ltd. La **Norvège** dispose de plusieurs projets en démonstration houlomoteur (Fred Olsen, Sea Horse) ou hydrolien (Hammerfest Strøm, Hydra Tidal) et du premier prototype mondial de centrale osmotique porté par Statkraft. La première éolienne flottante de grande envergure, Hywind, est par ailleurs testée au large des côtes norvégiennes depuis septembre 2009 pour le compte de Statoil.

Le **Danemark** dispose quant à lui de deux prototypes houlomoteurs opérationnels et raccordés au réseau (WaveStar (110 kW) et Floating Power Plant (170 kW)). En **Espagne**, plusieurs projets sont en cours de démonstration et le premier démonstrateur houlomoteur raccordé au réseau (BIMEP piloté par EVE), d'une capacité de 300 kW, a vu le jour en 2011. Au **Portugal**, cependant, le projet précurseur d'une ferme houlomotrice constituée de 4 Pelamis a été suspendu, notamment suite aux problèmes techniques rencontrés et aux financements nécessaires pour ajuster les prototypes. Le pays continue néanmoins de soutenir la filière, notamment grâce au Wave Energy Centre (WavEC) qui conduit entre autres le projet de démonstrateur houlomoteur de Pico aux Açores, basée sur une technologie OWC. Par ailleurs, la compagnie danoise Vestas a annoncé l'inauguration en juin 2012 de la première turbine offshore installée sur la structure flottante Windfloat pour EDP (Energias de Portugal).

Outre-Atlantique, le **Canada** investit également sur le sujet. Les efforts les plus remarquables sont portés par la province de Nova Scotia, qui a mis en place le site de démonstration hydrolien de la Baie de Fundy, ainsi qu'un tarif de démonstration pour les petits prototypes de 0,5MW. Par exemple, les technologies Clean Current Power et Open Hydro ont déjà fait l'objet des premiers tests.

Les **Etats-Unis** investissent de façon croissante, et 2011 fut marquée par la mise à l'eau des premiers prototypes de petite taille. Trois centres, le Northwest National Marine Renewable Energy Center, le Southeast National Marine Renewable Center et le Hawaii National Marine Renewable Center travaillent ainsi sur le houlomoteur, l'hydrolien et l'ETM.

D'autres pays s'impliquent également dans le secteur des énergies marines comme le **Japon**, la **Suède**, l'**Australie**, la **Corée du Sud** ou l'**Afrique du Sud**.

## **2. Etat des lieux et dynamique récente du marché en France**

### ***Un positionnement historique de la France sur les énergies marines (marémoteur) et une dynamique forte sur les autres technologies***

En France, comme à l'international, seule l'énergie marémotrice est exploitée commercialement (production électrique annuelle d'environ 500GWh).

#### *Hydrolien*

L'année 2011 a été marquée par des avancées importantes et notamment avec l'immersion de la première hydrolienne française, Open Hydro (500 KW), en octobre 2011. Cette mise à l'eau constituait la première étape avant la mise en service en 2013 de l'intégralité du site de test hydrolien EDF de Paimpol-Bréhat qui comprendra quatre turbines Open Hydro pour une puissance totale de 2 MW. Ces premiers tests ont permis de valider en particulier le processus de pose et de remontée de l'hydrolienne depuis la barge. Selon l'exploitant, les données recueillies confirment les performances mécaniques (rotation de la turbine, vitesse de démarrage) et électriques (puissance développée, production d'énergie) de la machine (*EDF, 2012*). D'autres projets sont également en cours comme les

projets ORCA et Sabella, projets lauréats de l'AMI Investissements d'Avenir. En juin 2012, Sabella et Eole Generation (groupe GDF Suez), ont annoncé avoir signé un accord en vue de l'exploitation énergétique du passage du Fromveur.

#### *ETM*

Après avoir réalisé des études de faisabilité notamment à la Réunion et à Tahiti, DCNS a installé un prototype à terre sur l'île de la Réunion début 2012. En partenariat avec la Martinique et STX France, DCNS travaille également à un projet de centrale pilote ETM. DCNS est un des deux principaux acteurs impliqués dans le développement de cette technologie avec l'américain Lockheed Martin.

#### *Eolien flottant*

**Des projets d'éolien flottant** se développent également pour ces technologies plus émergentes. Ainsi, dans le cadre de l'AMI du Programme des Investissements d'avenir, un premier démonstrateur de l'éolienne flottante à axe vertical Vertiwind, porté par un consortium réunissant Nenuphar, Technip et EDF EN est en cours de construction en région PACA pour une installation à terre en 2012 et une mise à l'eau en 2013. Un deuxième prototype et un site d'essai ont par ailleurs fait l'objet d'un financement européen via le PCRD7. Un projet de ferme d'éolienne flottante pré-commerciale a de plus été présenté par la France comme candidat au NER300 (Vertimed).

Dans le cadre de l'AMI, un démonstrateur de l'éolienne flottante Winflo piloté par Nass&Wind et associant Vergnet, l'IFREMER, DCNS et l'ENSTA Bretagne a également été retenu. Un premier test est prévu dans des eaux atlantiques.

#### *Houlomoteur*

Dans le cadre de l'AMI Energies Marines du Programme des Investissements d'avenir un dispositif houlomoteur innovant (projet S3) porté par la société SBM Offshore France, associée à l'IFREMER et à l'Ecole Centrale de Nantes fera l'objet d'une campagne de test en mer d'ici les cinq prochaines années.

Parallèlement, trois projets houlomoteurs de plusieurs megawatts chacun sont en cours de développement dans les DOM-COM, sur les technologies CETO, Pelamis et Limpet (*source EurObserv'ER, 2011*).

### ***Une dynamique soutenue par les politiques publiques***

Plusieurs instruments de soutien à la R&D ont été mis en place en France ces dernières années afin de soutenir la filière, notamment via des subventions pour la recherche et le financement de démonstrateurs. Au total, près de 80 millions d'euros ont ainsi été investis dans les EMR via le Programme des Investissement d'Avenir :

- ▶ 5 projets technologiques ont été financés pour 40 millions d'euros dans le cadre de l'Appel à Manifestation d'Intérêt (AMI) Energies marines lancé par l'ADEME : 2 projets pour l'éolien flottant (Winflo et Vertiwind), 2 projets pour les hydroliennes (Orca et Sabella 10) et 1 projet pour le houlomoteur (S3).
- ▶ France Energies Marines a été labellisé début 2012 Institut d'Excellence en Energie Décarbonnée (IEED) et bénéficiera d'un financement de l'Etat de 34,3 millions d'euros au cours des 10 prochaines années (*MINEFI, 2012*). Conduit par l'IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer), le projet réunit un large consortium de 60 acteurs : entreprises, organismes de recherche et d'enseignement supérieur et partenaires institutionnels. L'Institut vise à contribuer au développement d'une palette de technologies EMR parmi lesquelles l'éolien flottant, l'hydrolien, le houlomoteur et l'ETM et à leur mise sur le marché. Le projet France Energies Marines incarne la volonté de soutenir une double ambition : d'une part exploiter un vaste potentiel naturel, tant en métropole qu'outre-mer, pour contribuer à la demande énergétique sur les rivages continentaux et insulaires et, d'autre part, développer une filière créatrice d'emplois, pour un positionnement sur le marché mondial via une base industrielle et scientifique solide dans les secteurs maritimes et énergétiques. L'association de préfiguration, qui compte aujourd'hui une dizaine de personnes, porte d'ores et déjà des demandes d'autorisation pour des sites d'essai et démarre des projets de recherche. Parmi ces sites d'essais en développement : les sites de test hydrolien de Paimpol-Bréhat et éolien flottant à Groix, le site de test d'éoliennes flottantes de Fos sur Mer, le site de SEENEOH (Site expérimental estuarien national pour l'essai et l'optimisation d'hydroliennes) à Bordeaux et le site de SEM-REV (Site d'expérimentation en mer pour la récupération de l'énergie des vagues) situé au large du Croisic (*CESER Bretagne, 2012 / France Energies marines, site internet*).



Cartographie des sites d'essais de France Energies Marines (site internet FEM, 2012)

Au-delà des programmes mis en œuvre (Programme des Investissement d'Avenir, programme EMACOP (Energies marines, côtières et portuaires)...), des projets ont également été soutenus via les dispositifs existants comme le Fonds Unique Interministériel.

De plus, une feuille de route pour le développement de l'énergie hydrolienne sur les côtes françaises a été présentée en mars 2012 affirmant la volonté de créer une filière industrielle compétitive et pouvant générer de l'emploi. Un appel à contributions a par la suite été lancé sur la ressource hydrolienne en France et notamment sur le potentiel du Raz Blanchard (MINEFI-MEDDE, 2012). Ceci a notamment été réaffirmé dans le cadre de la conférence environnementale du 14 et 15 septembre 2012.

### 3. Le potentiel de marché

#### 1. *Le potentiel de marché à l'International*

#### **Un potentiel mondial conséquent mais des horizons de pénétration du marché à moyen et long terme**

L'EU-OEA (European Ocean Energy Association) prévoit une capacité installée de 3,6 GW en 2020 et de 188 GW en 2050 (hors éolien flottant), ce qui représenterait 15% du mix énergétique européen et un marché annuel de 15 milliard d'euros (EU-OEA, 2010).

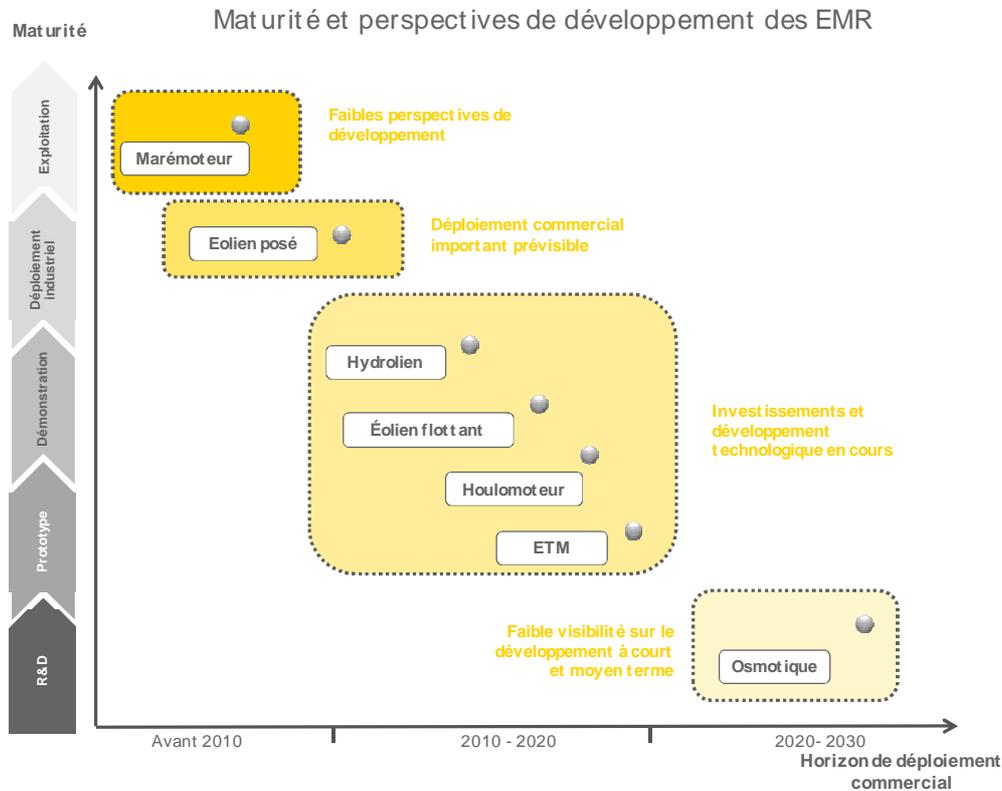
Le potentiel théorique à terme de chaque technologie est estimé par l'initiative Ocean Energy Systems de l'Agence internationale de l'énergie à (OES, 2011) :

- ▶ Energie marémotrice et hydrolienne : 7 800 TWh/an
- ▶ Energie houlomotrice : 29 500 TWh/an
- ▶ Energie thermique des mers (ETM) : 44 000 TWh/an
- ▶ Energie osmotique : 1 650 TWh/an

L'éolien flottant et l'hydrolien devraient ainsi être les premières technologies à contribuer à la production d'énergies marines, suivi par l'énergie houlomotrice (Ocean Energy Systems, 2010). Les autres énergies marines affichent des

perspectives plus lointaines et parfois sur des potentiels plus limités. Ainsi, à titre d'exemple, les installations d'ETM trouvent leurs principales applications en zones intertropicales.

Les perspectives de développement de ces technologies sont représentées ci-après.



Source : *Emst & Young, 2012*

### **Des perspectives de création d'emplois d'ici 2020-2030**

En termes d'emplois, selon l'OES, les EMR (hors éolien) permettraient de créer 160 000 emplois directs d'ici à 2030. A l'horizon 2050, l'EU-OEA estime la création d'emplois directs et indirects à plus de 470 000. En particulier, l'hydrolien pourrait contribuer à la création de 10 à 12 emplois directs et indirects par MW installé (*OES, 2011 et EU-OEA, 2010*).

A titre indicatif, au Royaume-Uni, le gouvernement britannique estime que les énergies marines pourraient représenter 1,3 GW en 2020 contre 3,4 MW aujourd'hui (*Green Unvers, 2012*). Le potentiel théorique est estimé quant à lui par le Crown Estate pour chaque technologie à 27 GW pour le houlomoteur, 32 GW pour l'hydrolien, 45 GW pour l'exploitation du marémoteur via des barrages et 14 GW pour l'exploitation du houlomoteur des lagons)<sup>25</sup> (*The Crown Estate, 2012*). Par ailleurs, Renewable UK table sur la création de 10 000 emplois d'ici à 2020 pour un chiffre d'affaires de 3,7 milliards de livres (*Renewable UK, 2012*).

## **2. Le potentiel de marché en France**

### **Des objectifs ambitieux et un potentiel exploitable intéressant**

<sup>25</sup> Certains sites disposant de caractéristiques adaptées à plusieurs technologies, ces éléments ne peuvent être sommés.

Le marché français est aujourd'hui en développement au fil des avancées technologiques. Hormis l'énergie marémotrice, technologie mature mais dont les perspectives apparaissent limitées à terme, les perspectives de développement de la filière résident davantage sur les autres technologies. L'hydrolien devrait être la première technologie à être commercialisée, et cela dans les années à venir. Plusieurs sociétés ont d'ailleurs annoncé leur volonté de fabriquer en France à échelle industrielle à partir de 2018 des hydroliennes si le marché se développe. Les technologies d'éolien flottant, d'houlomoteur puis d'ETM devraient être commercialisées par la suite. La technologie osmotique ne devrait que peu se développer sur le marché français compte tenu des conditions de développement nécessaires. Certaines opportunités de développement pourraient cependant émerger en Guadeloupe et à la Réunion.

Sur la base des connaissances actuelles, le potentiel exploitable en France en matière d'énergies marines (hors éolien flottant) est évalué entre 3 à 5 GW (DGEC, 2010).

## 4 Les enjeux de développement de la filière

### 1. Les déterminants du développement de la filière

Les énergies marines ne devraient que peu contribuer au mix énergétique à horizon 2030. Elles participent cependant à la réponse globale aux objectifs nationaux et européens en matière d'énergie (réduction des gaz à effet de serre, développement des énergies renouvelables ...). Ainsi, selon l'EU-OEA (European Ocean Energy Association), les énergies marines pourraient permettre d'éviter 2,6 millions de tonnes d'émissions de CO<sub>2</sub> en 2020 (pour une capacité installée de 3,6 GW) et 136,3 millions de tonnes en 2050 (pour une capacité installée de 188 GW) (EU-OEA, 2010).

L'accident de Fukushima a également conduit certains pays à accélérer leur sortie du nucléaire et les énergies marines, en tant qu'énergie renouvelable, pourraient faire partie des stratégies alternatives envisagées.

Les enjeux pour la filière sont notamment :

#### ***L'opportunité de créer une filière industrielle française***

Les atouts du territoire (ressource naturelle disponible, tissu d'acteurs impliqués...) permet d'envisager la création d'une filière industrielle française. La labellisation récente de France Energies Marines permettra notamment de renforcer et d'accélérer la structuration des acteurs. L'institut a en effet pour objectif de consolider l'effort de recherche en concentrant les moyens de recherche publics et privés. Il a aussi pour ambition de développer des innovations et des produits pour une mise sur le marché international, de fournir des moyens mutualisés aux acteurs, d'anticiper et de planifier les besoins en formation et d'assurer une promotion internationale de la filière française.

#### ***Une contribution à l'autonomie énergétique des îles***

Les énergies marines représentent par ailleurs une véritable opportunité pour les îles, où les énergies renouvelables sont structurellement plus compétitives qu'en métropole (coût accru du combustible fossile et de l'électricité).

#### *1. Les principaux moteurs de croissance*

Au-delà de ces enjeux de développement, des moteurs ou des atouts peuvent également être identifiés :

- ▶ **Le potentiel naturel important de la France** : Les atouts géographiques du territoire français offrent un potentiel d'exploitation des énergies marines parmi les plus importants au monde. La surface des zones sous juridiction française dépasse en effet 11 million de km<sup>2</sup> sur quatre océans. La France représente le deuxième gisement hydrolien européen derrière le Royaume-Uni (DGEC, 2011), ses conditions naturelles sont attractives pour l'éolien flottant et les territoires d'outre-mer sont propices à l'exploitation de l'énergie thermique des mers. Ces atouts géographiques rendent les énergies marines particulièrement attractives pour les industriels, dont un nombre croissant investit dans ce secteur.
- ▶ **Un tissu industriel qui dispose de compétences et savoir-faire** : Par son histoire, le tissu industriel français dispose de compétences et de savoir-faire clés pour le développement des énergies marines. La mise en place d'une filière française peut en effet s'appuyer sur le savoir-faire d'autres secteurs comme l'industrie navale, la construction d'installations industrielles en mer, l'industrie hydraulique et énergétique

(pétroliers et gaziers offshore notamment)... La filière EMR est d'ailleurs perçue par certains acteurs comme un relai de croissance potentiel pour l'industrie navale ou éolienne (offshore posé).

- ▶ **Le retour d'expérience de l'éolien offshore posé**: Le développement des projets retenus dans le cadre de l'appel d'offres éolien offshore posé devrait permettre de disposer d'un retour d'expérience sur une diversité de sujets : installation, exploitation, maintenance, impacts environnementaux, relations avec les parties prenantes...
- ▶ **La possibilité de bénéficier de la « prime au premier entrant »** : A l'échelle internationale, le marché est encore à ses prémices. De nombreux projets démonstrateurs se développent et de nouveaux acteurs se positionnent mais aucun leadership n'est aujourd'hui établi sur ces technologies ce qui représente une opportunité de « prime au premier entrant » pour les industriels.
- ▶ **Des technologies peu intermittentes et prévisibles** comparées à d'autres technologies renouvelables.

## 2. Les principaux freins et verrous

Dans le contexte de l'émergence de la filière des énergies marines, plusieurs facteurs freinent son développement :

### ***Des verrous technologiques qui restent à lever***

Certaines ruptures technologiques sont encore attendues dans le secteur, pour développer des technologies fiables, efficaces et compétitives. Les enjeux portent notamment sur la prise en compte des conditions extrêmes auxquelles sont soumises les installations (vents, courants, salinité) dans leur conception mécanique et leur installation, la conception des systèmes électriques, le raccordement des machines au réseau et les moyens d'installation, d'ancrage et de maintenance de ces technologies. Pour l'énergie osmotique, l'optimisation porte en particulier sur l'amélioration des caractéristiques de la membrane (à l'heure actuelle chaque mètre carré a une capacité de seulement quelques Watt). Le développement de moyens de stockage adapté sera également nécessaire (voir fiche « Stockage d'énergie »).

### ***Des coûts encore élevés dus au stade de développement des technologies***

Le coût des technologies reste très élevé, les machines étant encore à l'état de prototypes ou de démonstrateurs sans économie d'échelle industrielle encore possible. Les effets d'échelle et de mutualisation devraient cependant permettre à terme de baisser les coûts de production.

### ***Un cadre réglementaire encore pas assez incitatif***

Certains acteurs du secteur jugent le cadre réglementaire français pas encore bien adapté au développement des énergies marines : les procédures pour obtenir des permis ou des autorisations d'installation peuvent s'avérer longues et complexes. A titre d'exemple, le délai d'obtention d'une autorisation définitive peut s'étendre jusqu'à 5 ans. De plus, l'adaptation de l'autorisation initiale à la suite de changements technologiques ultérieurs n'est aujourd'hui pas prévue. Néanmoins, des exemples récents montrent des améliorations à la fois dans le traitement des dossiers et dans la célérité de réponse au niveau local, comme c'est le cas des sites d'essai en cours de développement en Bretagne, en Pays de la Loire et en région PACA.

Des travaux sont par ailleurs en cours afin de définir un cadre réglementaire pour des installations en zone économique exclusive (ZEE).

### ***Un impact environnemental encore mal connu***

L'impact environnemental des installations sur les fonds marins (érosion, déséquilibre des impacts sédimentaires) et la biodiversité reste encore incertain en l'absence de retour d'expérience. France Energies Marines, dans le cadre de ses missions, s'intéressera notamment à ces aspects.

### ***Des enjeux en termes d'acceptabilité des projets par les parties prenantes***

Bien que des concertations aient été menées avec les parties prenantes pour le développement des sites de test et des accords signés notamment en région PACA, l'acceptabilité des projets par les parties prenantes (conflits d'usage notamment) reste un point d'attention, à l'image de la plupart des projets d'énergies renouvelables.

### ***Une multiplicité des technologies et des concepts qui rend difficile les analyses prospectives***

A titre d'exemple, aucune technologie ne s'est aujourd'hui affirmée sur le houlomoteur. La diversité des concepts et l'incertitude quant aux technologies qui s'affirmeront à terme sur le marché rendent donc difficiles les analyses prospectives en termes de coûts, de mise sur le marché ou de retombées potentielles.

## **2. Evolutions du paysage concurrentiel et enjeux de développement**

Les énergies renouvelables marines recouvrent une grande diversité de technologies dont les niveaux de maturité sont aujourd'hui distincts et qui devraient connaître des courbes de développement propres. Malgré le fort potentiel français (ressource physique et tissu d'acteurs impliqués – centres de recherche, grandes entreprises, PME-TPE, réseaux d'acteurs, IEED...), les énergies marines ne devraient que faiblement contribuer au mix énergétique à horizon 2030.

Ainsi, sur l'énergie marémotrice, technologie mature, les perspectives de développement sont relativement réduites compte tenu notamment des coûts d'investissement et de l'impact environnemental des projets. La France a longtemps été leader au niveau mondial. Des projets voient cependant le jour en Corée du Sud, au Royaume-Uni ou au Canada.

L'énergie hydrolienne fait l'objet de prototypes et démonstrateurs en cours de test en France. Le Royaume-Uni apparaît aujourd'hui comme leader sur cette technologie. Cependant, compte tenu du stade encore émergent de la technologie et d'un nombre croissant d'initiatives et d'investissements attendus à l'échelle internationale à court terme, le leadership n'apparaît pas encore clairement établi.

L'énergie houlomotrice est moins mature et de nombreuses technologies co-existent aujourd'hui (plus de 140 au niveau mondial). La France développe actuellement plusieurs projets. Un déploiement au niveau industriel des technologies houlomotrices est à envisager à l'horizon 2020.

L'énergie thermique (ETM) devrait se développer sur le marché à plus long terme compte tenu notamment de verrous technologiques importants. La France, pionnière historique de la technologie ETM bénéficie d'un certain leadership (deux principaux acteurs impliqués à l'échelle mondiale). Des premiers projets démonstrateurs sont d'ailleurs en cours ou à l'étude dans les DOM-COM.

Enfin, l'énergie osmotique ne devrait pas se développer en France. Les pays aujourd'hui impliqués sur le sujet sont essentiellement la Norvège et les Pays-Bas, mais également la Corée du Sud, les États-Unis et le Japon.

## 5 Synthèse du positionnement national

Atouts (+)	Faiblesses (-)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Des objectifs d'installation d'éolien en mer et d'énergies marines de 6GW qui soutiennent le développement de la filière</li> <li>▪ Un potentiel géographique français parmi les plus importants au monde : deuxième gisement hydrolien européen (DGEC, 2012) et des territoires d'Outre-mer qui représentent une opportunité pour développer l'ETM</li> <li>▪ Des acteurs français qui se distinguent sur la scène internationale, et des acteurs internationaux intéressés pour s'associer au développement du potentiel français, permettant de soutenir la dynamique en France</li> <li>▪ Un tissu industriel français qui dispose de compétences industrielles (pétrolier, maritime, naval...) bénéficiant au secteur des énergies marines</li> <li>▪ Une maturité des technologies hydroliennes qui permet d'envisager une mise sur le marché prochaine</li> <li>▪ La labellisation IEED de France Energies Marines qui devrait permettre une amélioration et une intensification de la structuration de la R&amp;D et des acteurs ainsi que la facilitation des tests d'essai et démonstrateurs. L'institut permettra aussi de mettre en place des actions de formation (accueil de thèses, soutien aux initiatives de formation).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Des verrous technologiques qui restent à lever pour assurer la viabilité économique et la rentabilité des projets</li> <li>▪ Des projets de recherche qui nécessitent des investissements lourds et dont les perspectives peuvent être difficiles à appréhender (en particulier pour le houlomoteur où de nombreux concepts se concurrencent)</li> <li>▪ Des technologies encore émergentes et dont les coûts restent importants</li> <li>▪ Un impact environnemental des projets qui demeure incertain</li> <li>▪ Des projets de développement qui peuvent rencontrer des difficultés dans leur déploiement du fait de conflits d'usages (pêche, défense...) ou de problématiques d'acceptation par des parties prenantes</li> <li>▪ Un cadre réglementaire jugé comme encore pas assez incitatif par certains acteurs (procédures d'autorisation, tarifs d'achat...)</li> <li>▪ Une contribution des énergies marines au mix énergétique limitée à horizon 2030</li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un gisement mondial important qui offre des perspectives pour le développement de la filière</li> <li>▪ Une dynamique intense à l'échelle internationale, en particulier au Royaume-Uni sur les énergies hydroliennes et houlomotrices qui tire le développement de la filière.</li> <li>▪ Un marché et des leaders qui restent à identifier</li> <li>▪ Une feuille de route hydrolien en cours qui sera l'occasion d'accélérer la mise sur le marché de cette technologie et pourra soutenir l'émergence d'une filière française.</li> <li>▪ Un développement d'une filière industrielle française porteuse d'opportunités pour d'autres secteurs industriels (éolien offshore, naval...)</li> <li>▪ Des opportunités de partenariats et de collaboration avec des pays dynamiques sur les énergies marines afin de partager les connaissances et savoir-faire</li> <li>▪ Un élément de réponse possible à la problématique de la dépendance énergétique des îles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Des technologies étrangères à des stades de développement relativement avancés qui pourraient concurrencer les technologies françaises</li> <li>▪ Un manque de visibilité sur les mécanismes d'accompagnement commercial qui pourraient être envisagés dans d'autres pays (RU, Canada, etc)</li> <li>▪ Une dynamique française sur les énergies marines qui doit se poursuivre pour maintenir et développer le leadership de la France</li> <li>▪ Un surcoût de ces technologies qui peut freiner la vocation de soutien nécessaire à son émergence dans un contexte de crise économique</li> <li>▪ Des technologies encore émergentes et sur lesquelles peu de retour d'expérience est disponible, pouvant freiner les investissements de la part de financeurs</li> <li>▪</li> </ul>

## 6 Principales sources bibliographiques

### **Bibliographie de référence**

- ADEME, 2010, « Feuille de route sur les énergies renouvelables marines »
- AW Energy, 2012, <http://www.aw-energy.com/blog.html>
- Bloomberg New Energy Finance, 2012, site internet : [www.bnef.com](http://www.bnef.com)
- Carbon Trust, 2011, “Accelerating Marine Energy – The potential for costs reduction insights from the Carbon Trust Marine Energy Accelerator”
- CAS, 2012, Des technologies compétitives au service du développement durable
- CESER Bretagne, 2012, « Des énergies marines en Bretagne (2) : concrétisons la filière »
- DCNS, site internet : <http://fr.dcnsgroup.com/energie/energies-marines-renouvelables/>
- DGEC, 2010, « L'industrie des énergies décarbonées en 2010 »
- DGEC, 2012, « Les énergies marines renouvelables électriques »
- EDF, 2012, Communiqué de presse « Parc Hydrolien de Paimpol-Bréhat : point d'étape et perspectives »
- EMACOP, site internet : <http://emacop.fr/>
- ENEA Consulting, 2012, « Les énergies marines renouvelables, Enjeux et solutions techniques, Facts and Figures »
- MINEFI-MEDDE, 2012, Communiqué de presse, n°571, « Eric Besson annonce une feuille de route pour l'hydrolien », lundi 19 mars 2012
- Ernst and Young, 2012, « Les énergies marines renouvelables : quelles opportunités pour la France ? »
- Ernst and Young, 2012, “Renewable Energy Country Attractiveness Index”
- EU-OEA (European Ocean Energy Association), 2010, “European Ocean Energy roadmap 2010-2050”
- EurObserv'ER 2011, « Etat des énergies renouvelables en Europe, 11e bilan »
- France Energies marines, site internet : <http://www.france-energies-marines.org>
- GreenUnivers, 2012, « Panorama des cleantechs en France en 2012 »
- IFP Energies Nouvelles, 2012, « Energies marines renouvelables : place dans les politiques énergétiques, projets et acteurs, Panorama 2012 »
- MEDDE, site internet, « Les tarifs d'achat de l'électricité produite par les énergies renouvelables et la cogénération » : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-tarifs-d-achat-de-l-1,12195.html>
- MEEDDM, 2009, « Plan d'action national en faveur des énergies renouvelables, Période 2009-2020 »
- Observ'ER 2011, « La production d'électricité d'origine renouvelable dans le monde, Treizième inventaire »
- Observ'ER 2011, « Le baromètre 2011 des énergies renouvelables électriques en France »
- OES (Ocean Energy Systems), 2010, “Annual Report”
- OES (Ocean Energy Systems), 2011, “An international vision for Ocean Energy”
- OES (Ocean Energy Systems), 2011, “Annual Report”
- Renewable UK, 2012, “Marine Energy in the UK, State of the Industry Report 2012”
- SER (Syndicat des Energies Renouvelables), 2012, « Le livre blanc des énergies renouvelables »
- The Crown Estate, 2012, “UK Waves and Tidal Key Resources Areas Project, Summary report,”

- VESTAS, 2012, Communiqué de presse “News release from Vestas Mediterranean : Vestas, EDP and WindPlus partners inaugurate the first offshore turbine installed on the WindFloat floating foundation”, 16 juin 2012
- Yann-Hervé de Roek, 2012, « Energies Marines Renouvelables : développements et perspectives, gestion de l'espace marin »

# 4 - EOLIEN

## 1 Synthèse

### Présentation

#### Définition et périmètre

La filière « Eolien » couvre trois segments d'activité :

- ▶ l'éolien terrestre (onshore)
- ▶ l'éolien en mer (offshore).et hors eolien flottant
- ▶ Le petit éolien

### Chiffres clés

#### Eolien (terrestre et en mer)

- ▶ 6,9 GW installés en France à fin 2011 (*Observ'Er, 2012*)
- ▶ 238 GW installés dans le monde à fin 2011 (*GWEC, 2012*).
- ▶ Objectif : 19 GW (éolien terrestre) et de 6 GW (éolien en mer) à fin 2020
- ▶ 2 GW attribuées en 2012 lors du premier appel d'offres éolien en mer (*CRE, 2012*)

## 2 Présentation de la filière

### Eolien terrestre

Les technologies utilisées dans l'éolien terrestre sont maîtrisées mais font néanmoins l'objet de nombreuses recherches en vue de réduire davantage les coûts de production, de renforcer la prédictibilité de la production électrique et de s'adapter à des zones de vents plus faibles (de 3 à 6,5 m/s). Le principal segment, celui des éoliennes dites « standards », correspond en effet aux éoliennes d'une puissance de 2 à 3 MW, qui utilisent des vitesses moyennes de vent comprises entre 6 et 12 mètres par seconde (m/s).

Il existe également au sein de l'éolien terrestre des segments de niche, tel que celui des éoliennes rabattables adaptées aux zones cycloniques et développées par le constructeur français Vergnet.

### Eolien en mer posé

Les premières éoliennes offshore étaient en réalité des turbines terrestres posées en mer. Depuis, des modèles spécifiques se développent mieux adaptés aux spécificités du milieu marin : un vent plus puissant et plus régulier, des besoins de maintenance accrus en raison d'un milieu plus agressif (corrosion) et des conditions d'accessibilité plus difficiles.

Les enjeux de développement pour l'éolien en mer se concentrent notamment sur l'amélioration des technologies existantes, la réduction des coûts des technologies (productibilité et fiabilité des turbines, profondeur et distance aux côtes...), l'amélioration de la qualité des prestations (lissage et prévisibilité de la production, exploitation et maintenance...) ou sur la bonne insertion environnementale et sociétale des projets avec des niveaux d'impacts minimaux.

L'éolien flottant est traité dans la fiche « énergies marines renouvelables ».

### Petit éolien

Le petit éolien concerne les turbines inférieures à 36 kW, qui mesurent entre 10 et 35 mètres de haut.

Trois types de technologies distincts existent : les éoliennes à axe horizontal, les éoliennes à axe vertical et les éoliennes urbaines intégrées aux bâtiments. La filière des éoliennes intégrées aux bâtiments est la plus récente, les recherches se concentrent sur l'amélioration du fonctionnement en milieu turbulent et sur la limitation des transferts de vibration au

bâtiment.

Le nombre total de petites éoliennes installées dans le monde était de plus de 650 000 unités fin 2010, soit une croissance de 26% par rapport à 2009, générant une production électrique annuelle mondiale d'un peu plus de 382 GWh. La capacité totale installée dans le monde a atteint 443,3 MW à la fin de l'année 2010. Les Etats-Unis comptent pour environ 40% de cette capacité installée, avec un total de 179 MW. (WWEA, 2012)

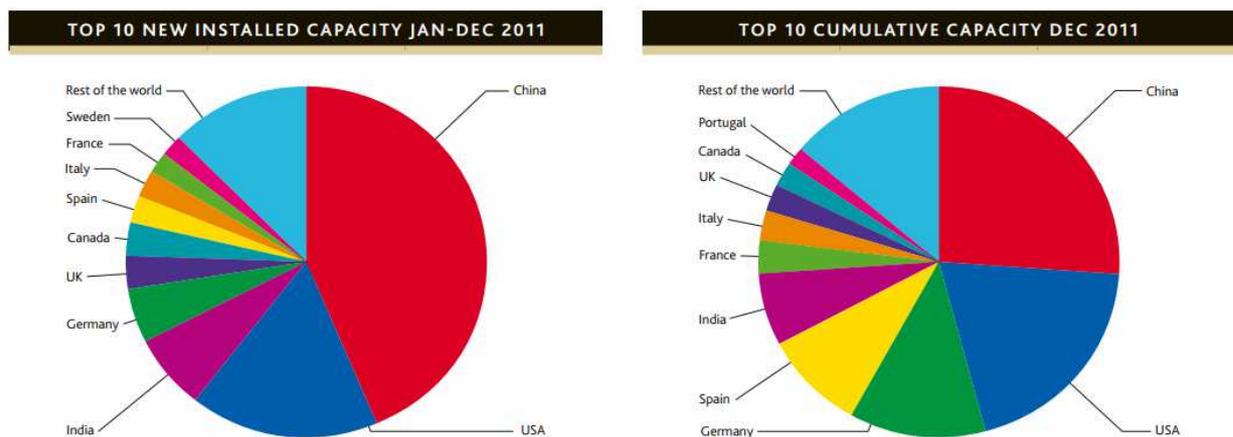
Compte tenu des marchés actuels et potentiels de l'éolien terrestre et de l'éolien en mer, seules ces deux technologies sont plus particulièrement décrites ci-après.

### 3 Présentation du marché et de ses perspectives de développement

#### 1. Etat des lieux et dynamique récente du marché à l'international

##### ***Eolien (terrestre et en mer)***

La capacité installée d'éolien (terrestre et en mer) durant l'année 2011 s'est élevée à 41 GW portant le parc à 238 GW contre 198 GW à fin 2010 soit une augmentation d'environ 20%. Les pays disposant de la plus importante capacité installée à fin 2011 étaient : la Chine (63 GW, incluant Taïwan), les Etats-Unis (47 GW), l'Allemagne (29 GW), l'Espagne (22 GW) et l'Inde (16 GW) (GWEC, 2012). A noter que la capacité installée aujourd'hui dans le monde recouvre principalement des applications terrestres.



Capacités éoliennes (terrestre et mer) installées en 2011 et en cumulé dans le monde à fin 2011 (GWEC, 2012)

Depuis quelques années, la Chine et l'Inde sont les principaux moteurs de la croissance du marché mondial. Le marché chinois représentait à lui seul en 2011 environ 43% du marché mondial. L'Inde quant à elle progresse rapidement : elle est passée à la troisième place en termes de capacité annuelle installée en 2010, et a consolidé cette position en 2011. De plus, elle pourrait rapidement devancer l'Espagne au 4ème rang mondial en termes de capacité totale installée (GWEC, 2012).

**En Europe**, à la fin 2011, la capacité totale installée s'élevait quant à elle à 97 GW, en croissance de 11% par rapport aux capacités installées à fin 2010. La capacité annuelle installée en 2011 (9,5 GW) est sensiblement similaire à celle de 2010 (9,6 GW) et a représenté un investissement global d'environ 10,2 milliards d'euros (EWEA, 2012a).

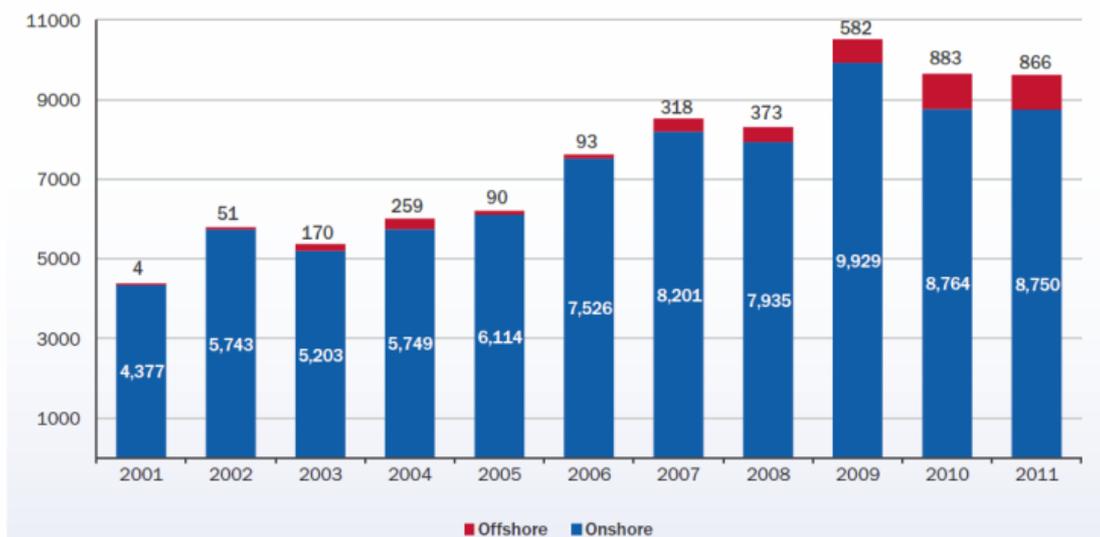
La contribution directe du secteur éolien (terrestre et en mer confondus) au PIB de l'Union Européenne était de 17,6 milliards d'euros en 2010 avec une contribution totale cumulée sur la période 2007 – 2010 de 61 milliards d'euros selon l'EWEA (EWEA, 2012a).

La France se place au 5<sup>ème</sup> rang européen avec 9% (soit 830 MW) du marché des nouvelles capacités installées en 2011 derrière l'Allemagne (2GW), le Royaume-Uni (1,3GW), l'Espagne (1GW) et l'Italie (950MW) (EWEA, 2012a).

Le graphique ci-dessous souligne les dynamiques en termes de capacités installées suivant les différents segments : éolien terrestre et éolien en mer :

ANNUAL ONSHORE AND OFFSHORE INSTALLATIONS IN MW

FIGURE 3.3



Nouvelles capacités installées annuellement en Europe (EWEA, 2012a)

En Europe, le secteur de l'énergie éolienne sur son segment terrestre représentait, en 2010, 154 150 emplois soit une diminution d'environ 13% par rapport à 2009, mais une hausse de 4% par rapport à 2007 (EWEA, 2012b). Le secteur de l'énergie éolienne en mer représentait quant à lui, près de 35 000 emplois soit une augmentation d'environ 36% par rapport à 2009, et de 82 % par rapport à 2007 (EWEA, 2012b).

#### Focus sur l'éolien en mer

Sur l'éolien en mer, l'Europe domine aujourd'hui largement en termes de capacité installée : à fin 2011 plus de 80% des capacités installées en fonctionnement le sont dans seulement trois pays européens : le Royaume-Uni (2 094 MW), le Danemark (857 MW) et les Pays-Bas (247MW) (EWEA, 2012c). A noter que jusqu'en 2010 et la mise en service d'une ferme éolienne de 102 MW en Chine, le marché de l'éolien en mer était uniquement un marché européen (EWEA, 2012c).

**En Europe**, au cours de l'année 2011, les nouvelles installations éoliennes en mer ont représenté un total de 866 MW (en baisse de 2% par rapport à 2010) avec un investissement global de 2,4 milliards d'euros. De ce fait, fin 2011, la puissance totale installée en Europe se portait à 3 812 MW contre 2 946 MW fin 2010 soit une augmentation d'environ 23%. Le marché européen est constitué de 1 371 éoliennes en mer regroupées dans 53 fermes et réparties dans 10 pays différents. Durant une année « normale » en termes de conditions de vent, la capacité installée en Europe à fin 2011 produit environ 14 TWh d'électricité, soit assez pour couvrir 0,4% de la consommation totale d'électricité de l'Union Européenne (EWEA, 2012c).

## 2. Etat des lieux et dynamique récente du marché en France

La capacité éolienne totale installée en France en mars 2012 est d'environ 6 870 MW avec plus de 4 000 éoliennes en opération à travers le pays. Cette capacité installée recouvre aujourd'hui uniquement des applications terrestres.

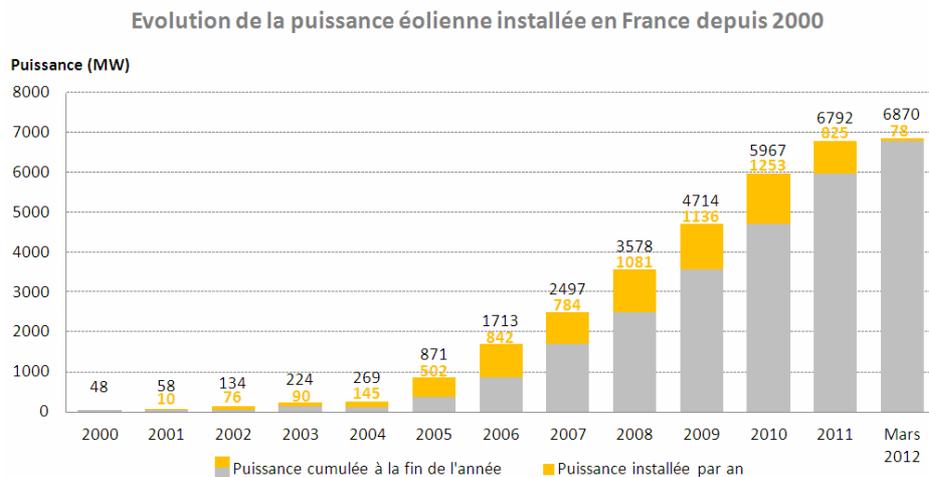
Afin de soutenir le développement de la filière, des outils transverses ont été mis en œuvre ces dernières années. Ainsi, l'Appel à Manifestations d'Intérêts (AMI) Grand Eolien lancé par l'ADEME en 2011 (et clôturé en décembre 2011) dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir cible le Grand Eolien, c'est-à-dire des composants et/ou machines d'envergure adaptés au marché terrestre, insulaire ou au marché de l'éolien en mer. L'objectif affiché est « d'accompagner des innovations ou briques technologiques critiques permettant de consolider la filière renouvelable éolienne tout en poursuivant les objectifs du Grenelle à l'horizon 2020 » (DGEC, 2012).

Par ailleurs, le travail conjoint du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, du Ministère de l'Industrie, de l'ADEME et du SER-FEE a notamment abouti à la mise en place du projet Windustry France qui constitue une vitrine du savoir-faire industriel français transposable à l'industrie éolienne terrestre comme en mer. Cette démarche a pour vocation à rassembler les entreprises actives sur l'ensemble de la chaîne de valeur de l'éolien et de ses activités connexes.

### Focus sur l'éolien terrestre

Le marché français de l'éolien terrestre est un marché historiquement en croissance marqué par un ralentissement au cours de l'année 2011. En effet, après un début d'année 2011 dynamique, le rythme des raccordements d'installations éoliennes a nettement baissé au cours des deuxièmes et troisièmes trimestres, sous l'effet notamment d'un contexte réglementaire en évolution ou remis en question (recours au Conseil d'Etat sur le tarif d'achat de l'éolien terrestre, loi POPE, régime ICPE et engagements du Grenelle II, ...). Sur l'ensemble de l'année 2011, 825 MW ont ainsi été raccordés, représentant une diminution de 34% par rapport aux 1 253 MW raccordés en 2010 (Observ'Er, 2012).

Suite à la Conférence sur l'environnement du 14 et 15 septembre 2012, le gouvernement a annoncé différentes mesures visant à soutenir la filière : suppression de l'obligation d'appartenir à une zone de développement de l'éolien, engagement « sur la continuité, dans les mêmes conditions économiques, des contrats d'achat signés sous l'empire de l'arrêté tarifaire en vigueur », mise en place d'un tarif d'achat adapté à l'éolien en Outre-mer d'ici fin 2012.



Source : Observ'Er, 2012

Selon RTE, sur la base des données de production de 2010, environ 63 % de la production française d'électricité éolienne est assurée par 6 régions : Picardie (13 %), Centre (11,3 %), Languedoc-Roussillon (10,9 %), Champagne-Ardenne (10,3 %), Bretagne (9,3 %) et Lorraine (8,4 %) (RTE, 2011). Par ailleurs, La production d'électricité éolienne française (métropole et DOM) a atteint 11,6 TWh en 2011, contre 9,7 en 2010 (Observ'Er, 2012).

Selon Observ'Er, la France comptait 20 600 emplois directs et indirects dans le secteur éolien en 2010, le chiffre d'affaires du secteur étant évalué à 2 989 millions d'euros cette même année.

### Focus sur l'éolien en mer

Le premier appel d'offres éolien en mer a été lancé en juillet 2011 et clos le 11 janvier 2012. Ce premier appel d'offres visait l'installation de 500 à 600 éoliennes installées sur cinq zones, d'ici à 2017-2018, au large des côtes de la Manche et de l'Atlantique.

Au total, 1 928 MW ont été attribués, répartis de façon suivante :

- ▶ Fécamp (Seine-Maritime) pour une puissance installée de 498 MW : remporté par la société Eolien Maritime France (EMF) qui est le consortium formé par EDF EN (actionnaire et chef de file), Dong Energy (actionnaire), WPD Offshore (développeur et actionnaire) et Alstom (fabriquant de turbine) ;
- ▶ Courseulles-sur-Mer (Calvados) pour une puissance installée de 450 MW : remporté par la société EMF, avec le même consortium que la zone de Fécamp ;
- ▶ Saint-Brieuc (Côtes d'Armor) pour une puissance installée de 500 MW : remporté par la société Ailes Marines SAS qui est le consortium formé par Iberdrola (actionnaire à 70% et chef de file), Eole-Res (actionnaire à 30%), Technip (ingénierie), Areva (fabriquant de turbine) et Neoen Marine (développeur) ;
- ▶ Saint-Nazaire (Loire-Atlantique) pour une puissance installée de 480 MW : remporté par la société Eolien Maritime France (EMF) avec un consortium formé par EDF EN (actionnaire et chef de file), Dong Energy (actionnaire), Nass&Wind Offshore (développeur) et Alstom (fabriquant de turbine).

Un second appel d'offre portant sur les zones du Tréport et de Noirmoutier a été annoncé par le gouvernement à l'issue de la conférence environnementale du 14 et 15 septembre 2012.

Le premier appel d'offres français a contribué à la structuration de la filière et à la création de consortium d'entreprises. Les dix offres déposées à la CRE émanaient de quatre consortiums (trois, si on tient compte des seuls investisseurs). Les grands énergéticiens français EDF Energies Nouvelles et GDF Suez, mais aussi le danois Dong Energy (aux côtés d'EDF EN), l'espagnol Iberdrola et le britannique RES, via sa filiale Eole-RES ont participé.

La labellisation Institut d'Excellence en Energie Décarbonée (IEED) en 2011 de France Energies Marines (FEM) devrait également contribuer à soutenir le développement et la structuration de la filière.

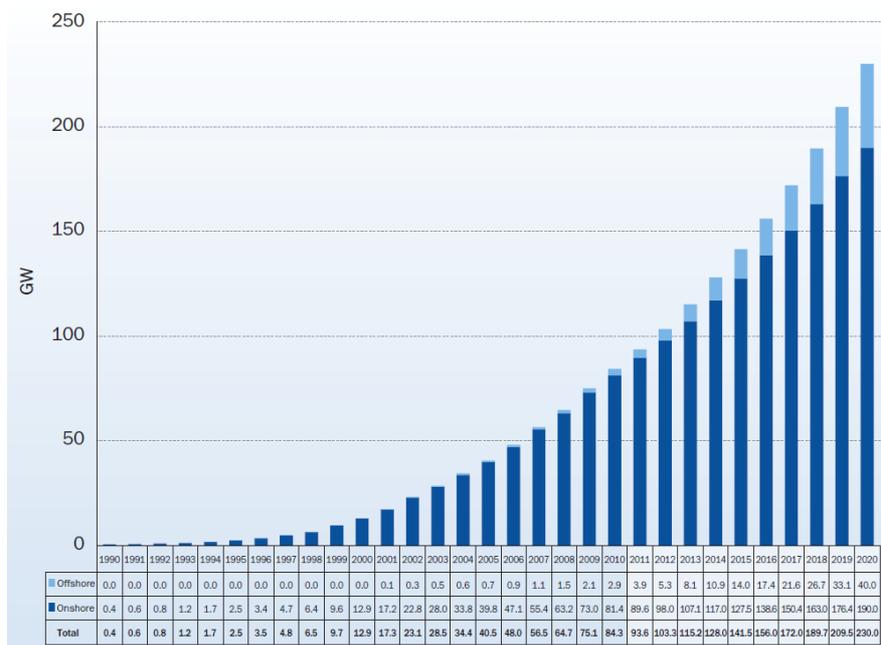
### **3. Le potentiel de marché**

#### *1. Le potentiel de marché à l'International*

##### ***Eolien (terrestre et en mer)***

**A l'échelle mondiale**, les Etats-Unis et l'Europe devraient continuer de jouer un rôle important, mais l'Asie devrait monter en puissance notamment sous l'effet du développement du marché chinois. L'Agence International de l'Energie prévoit ainsi dans son scénario « New policies » que, entre 2011 et 2035, la Chine devrait installer 384 GW de capacités éoliennes supplémentaires et l'Inde 95 GW contre 208 GW pour les Etats-Unis et 390 GW pour l'Europe (*AIE, 2012*).

**En Europe**, selon le rapport « Green Growth – The impact of wind energy on jobs and the economy » de l'EWEA, la capacité éolienne installée devrait passer de 84 GW en 2010 à 141 GW en 2015. La part de l'énergie éolienne en mer dans la capacité éolienne totale augmentera progressivement, passant de 3,5% en 2010 à 9,9% en 2015 et 17,4% en 2020 (*EWEA, 2012b*).

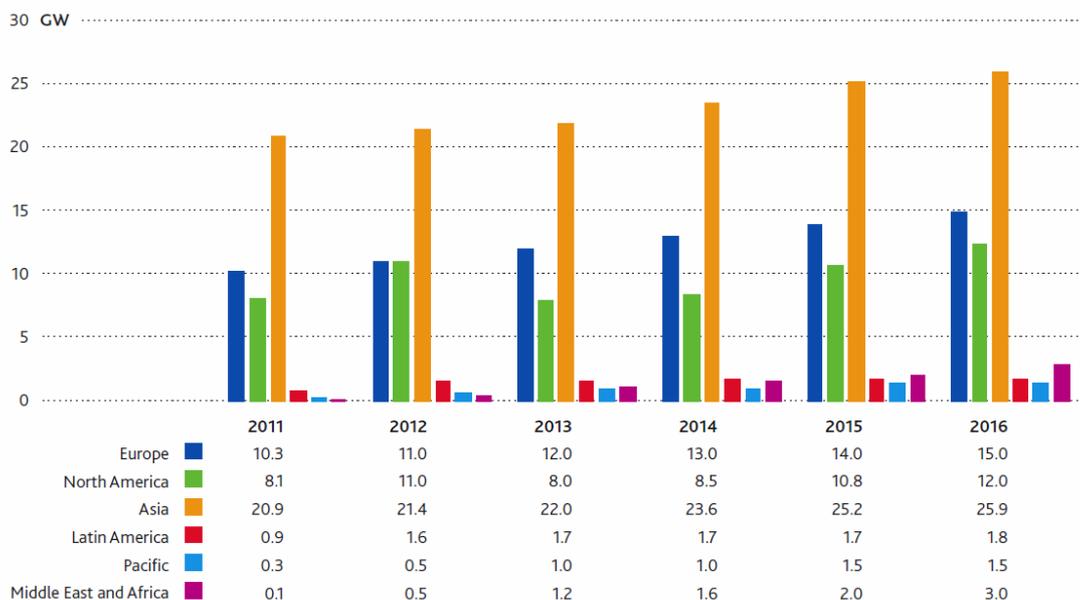


Capacité éolienne installée dans le monde et ses perspectives (1990 – 2020) (EWEA, 2012b).

Selon ce même rapport, le secteur éolien emploiera plus de 462 000 personnes en Europe en 2020 et en 2025, l'emploi dans le secteur de l'éolien en mer devrait dépasser celui du secteur de l'éolien terrestre (EWEA, 2012b).

### Focus sur l'éolien terrestre

Sur l'éolien terrestre, les perspectives de développement en termes de capacités installées annuelles se concentrent principalement en Asie, suivi par l'Europe et l'Amérique du Nord.



### Capacités éoliennes installées en 2011 et prévisions pour 2012-2016 (GWEC, 2012)

Par ailleurs, l'éolien tend à se mondialiser et des investissements sont réalisés dans des pays où cette technologie était historiquement peu présente comme par exemple au Honduras (102 MW installés en 2011), en Argentine (79 MW installés en 2011), au Vietnam (29 MW installés en 2011) ou au Cap Vert (23 MW installés en 2011). La dynamique actuelle au Brésil est par ailleurs à souligner : 583 MW ont été installés en 2011, portant ainsi la capacité installée à 1,5 GW. Celle-ci pourrait dépasser 7 GW d'ici 2016 (GWEC, 2012).

Les fabricants de turbines chinois et indiens devraient poursuivre leur développement en s'appuyant sur leurs marchés domestiques dynamiques. Les fabricants de turbines chinois ont d'ores et déjà bousculé le paysage des fabricants de turbines mondiaux, en prenant deux places sur le podium (Sinovel 2<sup>ème</sup> et Goldwin 3<sup>ème</sup>). (IHC, 2011)

**En Europe**, le développement de l'éolien terrestre est lié à de nombreux facteurs comme le contexte réglementaire, le contexte économique, la concurrence internationale, la compétitivité des technologies ou la politique énergétique. La concurrence entre les fabricants de turbines devrait cependant s'intensifier et le remplacement des turbines existantes par des turbines plus puissantes devrait progresser dans les années à venir, en particulier en Allemagne.

#### **Focus sur l'éolien en mer**

A l'échelle mondiale (hors Europe), des pays se sont fixés des objectifs en matière de capacité installée d'éolien en mer : la Chine a ainsi pour objectif d'installer 30 GW d'éolien en mer d'ici 2020 et le Japon 1 GW d'ici 2020. Les Etats-Unis ont par ailleurs des projets en cours d'études pour un total de 7 GW (GWEC, 2012). Parmi les initiatives remarquables aux Etats-Unis, citons : Cape Wind qui développe le premier projet éolien en mer du pays, d'une capacité de 420 MW et Deepwater Wind LLC qui annonce envisager 4 projets de parc éolien en mer au large de Rhode Island, du Connecticut et du New Jersey, représentant une capacité totale de 3GW (Source : Ernst & Young).

#### *2. Le potentiel de marché en France*

Si les objectifs du Grenelle de l'Environnement sont atteints, 19 GW d'éolien terrestre et 6 GW d'éolien en mer seront mis en place en France d'ici 2020. Par rapport aux installations déjà réalisées mi-2012 (6 869 MW), près de 12 GW d'éolien terrestre et 6 GW d'éolien en mer restent donc à installer, nécessitant, en particulier sur le segment terrestre, un rythme de développement de 1 200 à 1 300 MW par an, supérieur à celui qui a été observé en 2011 (825 MW) (Observ'Er, 2012).

#### **Focus sur l'éolien en mer**

Suite au premier appel d'offre éolien en mer, de grands groupes industriels ont annoncé des projets d'installations d'usines. Ainsi, le groupe Alstom a annoncé qu'il allait fabriquer les nacelles et les alternateurs de ses futures éoliennes à Saint-Nazaire (Loire-Atlantique) et les pales et mâts à Cherbourg (Manche). Le groupe a également annoncé investir sur ces deux sites jusqu'à 100 millions d'euros permettant de générer près de 1 000 emplois directs et 4 000 emplois indirects.

Areva Wind a quant à lui annoncé son intention d'installer deux usines au Havre : l'une consacrée à l'assemblage des nacelles et l'autre à la fabrication des pales. Areva Wind a également communiqué son intention d'investir dans un banc de test qui permettrait de tester le matériel avant son installation en mer. D'après Areva Wind, ce site industriel pourrait créer 650 à 700 emplois directs et adresser également le marché anglais.

## **4 Les enjeux de développement de la filière**

### **1. Les déterminants du développement de la filière**

La France a inscrit ses objectifs en matière de capacité installée en éolien terrestre et en mer dans la loi et dans sa Programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité (PPI) affirmant sa volonté sur le sujet Pour contribuer à soutenir le développement de la filière et l'atteinte de ces objectifs, un tarif d'achat dédié pour l'éolien terrestre a été mis en place et des appels d'offres ont été lancés pour l'éolien en mer.

Au-delà des objectifs en matière de capacité installée, la contribution de la filière éolienne à la croissance industrielle et à la création d'emplois est potentiellement importante pour l'économie française.

#### *1. Les principaux moteurs de croissance*

Au-delà de ces enjeux de développement, des moteurs ou des atouts peuvent également être identifiés :

- ▶ **L'éolien terrestre est la production d'électricité renouvelable la plus compétitive** : Les principaux facteurs de compétitivité de l'énergie éolienne sont liés d'une part à l'augmentation du prix de l'électricité produite à partir d'autres sources, et d'autre part à la baisse du coût de production de l'électricité d'origine éolienne. L'augmentation du prix moyen de l'électricité est notamment liée à la hausse du prix des combustibles fossiles et à l'intégration dans le prix des émissions de gaz à effet de serre (en Europe principalement). Dans certaines régions du monde, l'éolien terrestre est déjà compétitif avec le prix moyen de l'électricité sur le réseau. La baisse des prix de l'électricité d'origine éolienne dépend pour sa part de la levée de certains freins technologiques, présentés ci-dessous.
- ▶ **Le gisement de vent en mer exploitable est prometteur** : Le gisement de vent exploitable en mer est très important. A l'inverse, le gisement de vent sur le continent exploitable avec des éoliennes standards a diminué à mesure que celui-ci a été exploité (en particulier en Allemagne). Les vents en mer sont en moyenne plus réguliers et plus forts que sur terre, permettant une meilleure productivité. La France dispose par ailleurs du deuxième potentiel européen sur le plan géographique pour le développement de l'éolien en mer.
- ▶ **La demande d'électricité est en croissance** : le développement de l'éolien est également favorisé par la croissance de la demande en électricité, en particulier dans les pays émergents, ou pour de nouveaux postes de consommation d'électricité, comme les voitures électriques.
- ▶ **La structuration croissante des acteurs** : En particulier sur l'éolien offshore, la labellisation IEED de France Energies Marines, consortium de plus de 60 acteurs contribue à la structuration et la fédération de cette filière

## 2. Les principaux freins et verrous

La croissance de la filière est freinée par plusieurs verrous parmi lesquels :

### **Les coûts de production de l'électricité éolienne sont supérieurs aux technologies traditionnelles**

Le principal frein au développement de l'énergie éolienne est économique, puisque le coût de production éolien au MWh reste en moyenne supérieur au coût de l'électricité produite par des centrales traditionnelles. Cette différence de coût de production est nettement plus marquée dans le cas de l'éolien en mer, technologie plus émergente.

Sur l'éolien terrestre en particulier, les enjeux résident sur l'amélioration de la rentabilité des projets éoliens par vent faible. A l'horizon 2020, les perspectives de progrès permettent d'envisager une baisse de 15% à 20% des coûts de l'électricité éolienne (DGEC, 2011). Sur l'éolien en mer, des sauts technologiques liés aux éoliennes géantes (à partir de 10 MW) pourraient engendrer une baisse significative des coûts de production. En attendant ces sauts technologiques, des progrès liés à l'installation et à la fiabilité des turbines permettraient de réduire les coûts.

Par ailleurs, l'intensité capitalistique propre aux projets éoliens nécessite plus de capitaux à long terme, qui sont aujourd'hui difficiles à mobiliser sur les marchés financiers. Cette intensité capitalistique est la plus forte dans l'éolien en mer, en raison des coûts unitaires et de la taille des parcs plus élevés.

### **L'éolien fait face à des verrous technologiques**

Les filières éoliennes rencontrent des enjeux de développement technologique. Les principaux enjeux pour la filière éolien terrestre concerne principalement la réduction des coûts de production et au développement de technologies plus adaptées aux vents faibles (de 3 à 6,5 m/s) (voir supra).

Sur l'éolien en mer, les enjeux technologiques se concentrent notamment sur l'amélioration des technologies, la réduction des coûts des technologies (productibilité et fiabilité des turbines, profondeur et distance aux côtes...), l'amélioration de la qualité des prestations ou sur la bonne insertion environnementale et sociale des projets avec des niveaux d'impacts minimaux.

### **La production d'électricité d'origine éolienne est intermittente**

Le second type de frein, d'ordre technique, est lié à l'intermittence de la production d'origine éolienne. Cette intermittence demande une gestion plus fine des réseaux électriques (en évoluant progressivement vers des réseaux dits « intelligents »), et le cas échéant de renforcer les infrastructures de transport de l'électricité (en particulier dans le cadre de parcs en mer de grande capacité).

### **L'impact environnemental de la production d'électricité d'origine éolienne terrestre soulève des questions**

Le développement de parcs éoliens terrestres peut soulever des problématiques d'impacts visuels ou de nuisances sonores freinant son acceptabilité par les parties prenantes. De plus l'intégration de l'éolien terrestre est source d'interférences avec les radars et notamment avec les radars météo, nombreux en France, freinant le développement des parcs.

### ***La production d'électricité d'origine éolienne en mer pose des problèmes de conflits d'usage et d'acceptabilité***

L'acceptabilité des projets par les parties prenantes reste un point d'attention. Des conflits d'usages sont en effet possibles avec les autres acteurs de la mer (pêcheurs, acteurs pétroliers, défense, plaisance...) et des ressentis du type PUMA (Projet Utile Mais Ailleurs) par les populations locales envisageables et ainsi freiner le développement des projets. L'information et la communication auprès des parties prenantes pour en faciliter l'acceptation reste donc un point clé.

### ***L'éolien terrestre est soumis à des réglementations jugées par les acteurs comme assez contraignantes***

La combinaison des schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) et des Zones de Développement de l'Eolien (ZDE) est perçue par les acteurs de la profession comme des démarches administratives qui ralentissent le développement des projets. La procédure ICPE, introduite dans le cadre de la loi « Grenelle II » (décret n°2011-984 du 23 août 2011) est également considérée par les développeurs de projets éoliens terrestres comme un frein. Enfin, l'obligation pour les parcs éoliens d'être composés d'un minimum de 5 éoliennes est un facteur limitant.

Ces éléments ont été discutés lors de la Conférence Environnementale et sont actuellement débattus. La Feuille de route issue de la Conférence Environnementale propose notamment la suppression des ZDE.

## **2. Evolutions du paysage concurrentiel et enjeux de développement**

La France s'est fixée des objectifs en matière de capacité installée en énergie éolienne (terrestre et en mer) à l'horizon 2020. Afin de soutenir le développement de la filière et l'atteinte de cet objectif, des dispositifs de soutien ont été mis en oeuvre ces dernières années (tarif d'achat dédié, appel d'offres éolien offshore, AMI Grand Eolien, initiative "Windustry", labellisation IEED de France Energies Marines...).

Au-delà de ces objectifs, le développement de la filière représente pour la France un enjeu industriel et de création d'emplois important. De nombreux sous-traitants sont en effet impliqués dans la chaîne de valeur de l'éolien à l'échelle internationale (notamment pour la fabrication des turbines). De plus, l'industrie éolienne représente un potentiel de diversification pour des acteurs de l'industrie automobile, navale ou aéronautique.

D'un point de vue technologique, les concepts varient suivant les marchés visés (standard terrestre, vents faibles, petit éolien, éolien en mer géant...). Chacune des technologies connaîtra une courbe de développement propre dans les vingt à trente prochaines années, suivant leur maturité actuelle et des facteurs exogènes de développement (politiques énergétiques des pays, dispositifs de soutien...). Des améliorations technologiques, voire des sauts technologiques suivant les catégories concernées, pourraient se produire et conduire à remodeler le marché de l'éolien existant, notamment en se rapprochant de la parité réseau (éolien terrestre) ou en donnant une opportunité aux nouveaux entrants (éolien en mer géant).

Afin de soutenir le développement de la filière, des initiatives pourront être conduites afin de contribuer à lever les barrières existantes, notamment sur des aspects technologiques via la recherche et développement, sur l'évolution nécessaire des cadres juridiques, institutionnels et réglementaires, ainsi que sur l'acceptabilité sociale. Les annonces communiquées lors de la Conférence sur l'Environnement le 14 et 15 septembre 2012 vont dans ce sens sur un certain nombre de sujets (tarif d'achat, suppression des ZDE...). Par ailleurs des travaux sont en cours afin de définir un cadre réglementaire pour des installations en zone économique exclusive (ZEE).

## 5 Synthèse du positionnement national et des enjeux

Atouts (+)	Faiblesses (-)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La France dispose d'un tissu d'acteurs industriels actifs dans l'éolien ( plus de 180 entreprises</li> <li>▪ Des structures de R&amp;D dynamiques en France et des projets en cours dans le cadre notamment de l'AMI Grand Eolien</li> <li>▪ Des acteurs étrangers qui se positionnent sur le marché français tant de l'éolien terrestre que de l'éolien en mer</li> <li>▪ Une technologie d'énergie renouvelable parmi les plus compétitives aujourd'hui</li> <li>▪ <u>Eolien en mer</u> : La France possède un potentiel national important pour le développement de l'éolien en mer</li> <li>▪ Eolien en mer : Accompagnement au développement de la filière de la filière éolienne en mer au travers des pôles de compétitivité, de l'IEED France Energies Marines ou de l'IRT Jules Vernes</li> <li>▪ <u>Eolien en mer</u> : Des entreprises qui se positionnent en tant que fournisseurs de turbines de grande puissance ou équipementiers et qui s'installent en France et attirent la supply-chain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Des améliorations technologiques qui restent à réaliser pour rendre plus compétitives les technologies (éolien terrestre et éolien en mer) et améliorer leur compétitivité (ex : prédictibilité de la production)</li> <li>▪ Des projets qui disposent d'une forte intensité capitalistique (en particulier dans les projets d'éolien en mer) et un contexte économique global délicat à l'échelle européenne</li> <li>▪ <u>Eolien terrestre</u> : Un cadre réglementaire jugé comme contraignant et complexe par les acteurs du secteur</li> <li>▪ <u>Eolien terrestre</u> : un impact environnemental et des nuisances (sonores, interférences...) qui freinent le développement de la filière</li> <li>▪ <u>Eolien en mer</u> : Un retour d'expérience en France sur l'éolien mer en construction sur la base des compétences des acteurs ou de collaborations à l'étranger</li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Des perspectives de croissance à moyen - long terme : objectif de 25 GW installés en France à fin 2020</li> <li>▪ Un marché de l'éolien dynamique et disposant de fortes perspectives dans le monde, tant sur son segment terrestre (développement des capacités en Amérique Latine par exemple) que sur son segment en mer</li> <li>▪ Une opportunité de diversification de leurs activités pour des acteurs industriels français (naval, aéronautique...)</li> <li>▪ Des opportunités de positionnement pour les acteurs français sur des niches de marchés encore émergentes</li> <li>▪ <u>Eolien terrestre</u> : Des annonces récentes dans le cadre de la Conférence Environnementale et de la feuille de route de septembre 2012 qui pourraient soutenir le développement de la filière.</li> <li>▪ <u>Eolien en mer</u> : Un développement de l'éolien en mer tiré par les objectifs européens et l'objectif d'atteindre 6 GW en France en 2020</li> <li>▪</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une dynamique intense à l'échelle internationale tant sur l'éolien terrestre (concurrence sur les technologies, ...) que sur l'éolien en mer (dynamiques en termes d'installations, ...).</li> <li>▪ Une montée en puissance des acteurs asiatiques soutenue par leur marché national en croissance</li> <li>▪ Un contexte économique en Europe difficile qui ne facilite pas le développement des projets et de la filière.</li> <li>▪ Des problèmes d'acceptabilité locale des projets qui peuvent freiner leur développement</li> <li>▪ <u>Eolien terrestre</u> : Une incertitude concernant la pérennité du tarif d'achat de l'électricité provenant des parcs éoliens terrestres (recours déposé au Conseil d'Etat visant à l'annulation de ce dernier)</li> <li>▪</li> </ul>

**Bibliographie de référence**

- ADEME, 2012. <http://www.suivi-eolien.com/>
- ADEME, 2011, Feuille de route stratégique « Grand éolien ».
- AFPPE, 2010. Association Française des Professionnels du Petit Eolien - Les grands chiffres de la filière - Aout 2010 (<https://sites.google.com/site/afppeweb/reflexion-politique/etude-de-marche-petit-eolien>)
- AIE, 2012. Agence International de l'Energie. World Energy Outlook 2011.
- AMORCE, 2011. Petit éolien : état des lieux & Enquête sur le rôle des collectivités dans le développement de la filière ([http://www.amorce.asso.fr/IMG/pdf/enp25\\_notepetiteolien.pdf](http://www.amorce.asso.fr/IMG/pdf/enp25_notepetiteolien.pdf))
- DGEC, 2012. Pétrole, gaz, énergies décarbonées – Rapport sur l'industrie en 2011
- DGEC, 2011. – L'industrie des énergies décarbonées en 2010
- CAS, 2012, Des technologies compétitives au service du développement durable
- CRE, 2012. Délibération de la Commission de régulation de l'énergie du 5 avril 2012 portant avis sur le choix des offres que le ministre chargé de l'énergie envisage au terme de l'appel d'offres portant sur des installations éoliennes de production d'électricité en mer en France métropolitaine.
- Cour des Comptes, 2012. Les coûts de la filière électronucléaire.
- Legifrance, 2009. Arrêté du 15 décembre 2009 relatif à la programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité.
- EWEA, 2012a. The European Wind Energy Association (EWEA) - Wind in power 2011 European statistics February 2012
- EWEA, 2012b. Green Growth – The impact of wind energy on jobs and the economy
- EWEA, 2012c. Wind in our Sails – The coming of Europe's offshore wind energy industry
- EWEA, 2012d. The European offshore wind industry. Key 2011 trends and statistics
- EWEA, 2011. EU Energy Policy to 2050 - Achieving 80-95% emissions reductions
- FEE, 2012. France Energie Eolienne. [http://fee.asso.fr/tout\\_savoir\\_sur\\_l\\_energie\\_eolienne/aspects\\_economiques/les\\_retombees\\_economiques](http://fee.asso.fr/tout_savoir_sur_l_energie_eolienne/aspects_economiques/les_retombees_economiques)
- GreenUnivers, 2012. Panorama des cleantech en France en 2012 – GreenUnivers
- GWEC, 2012. Global Wind Energy Council (GWEC) « Global Wind 2011 Report »
- IHC, 2011. RenewablesSupport Policies in Europe: 2011 Country Comparisons
- IHS, 2011. Données 2011 de l'IHS Emerging Energy Research ( <http://www.energies-renouvelable.com/nouvelle/dossier,fabricant,eolien.html>)
- Le Havre Infos, 2012. « À quoi ressemblera le site Areva », publié le 27/04/2012. Karine Lebrun.
- Observ'Er, 2012. Le Journal de l'éolien. Juin 2012.
- Observ'Er, 2011. Etat des énergies renouvelables en Europe 2011.
- RTE, 2011. Statistiques de l'Énergie Électrique en France, juin 2011 - chiffres de production 2010
- SER, 2010. Windustry France. L'éolien se tourne vers les savoir-faire industriels français
- SER, 2012. Syndicat des Energies Renouvelables - « L'éolien, une filière dynamique et créatrice d'emplois » ([http://www.enr.fr/docs/2010123834\\_06FEEEoliencreateuremplois.pdf](http://www.enr.fr/docs/2010123834_06FEEEoliencreateuremplois.pdf))
- WWEA, 2012. World Wind Energy Association – 2012 Small Wind World Report

# 5 - GEOTHERMIE

## 1 Synthèse

### Présentation

#### Définition et périmètre

La géothermie propose une grande variété de solutions en fonction de l'usage énergétique visé (chaleur ou électricité) et du contexte géologique (profondeur et température de la ressource).

La filière de la géothermie se segmente entre des activités très différentes incluant notamment les pompes à chaleur géothermiques, les réseaux de chaleur urbains ainsi que la production d'électricité.

### Chiffres clés

**Puissance électrique mondiale:** 11 224 MW (GEA, 2012)

**Production électrique mondiale :** 67,246 GWh (GEA, 2012)

**Puissance thermique mondiale :** 50 600 MW (GEA, 2012)

**Production thermique mondiale :** supérieure à 120 000 GWh (GEA, 2012)

**Puissance électrique France :** 16,5 MW (SER, ADEME, Observ'ER)

**Production thermique France (géothermie profonde) :** 94 ktep (MEDDE, 2012)

**Production thermique France (géothermie basse et très basse énergie) :** 462 ktep (MEDDE, 2011)

## 2 Présentation de la filière

La géothermie, définie selon la directive européenne sur les énergies renouvelables comme « l'énergie emmagasinée sous forme de chaleur sous la surface de la terre solide », propose une grande variété de solutions en fonction de l'usage énergétique visé (chaleur ou électricité) et du contexte géologique (profondeur et température de la ressource).

Les filières géothermiques sont au nombre de trois, classifiées selon la température de la chaleur récupérée et en fonction de la profondeur des forages.

- ▶ **Géothermie superficielle - très basse énergie** (*inférieure à 30°*): cette filière s'est développée dans le secteur du bâtiment (maison individuelle, habitat collectif, immeubles tertiaires). Elle vise une ressource accessible à peu près partout mais dont l'exploitation nécessite de faire appel à des pompes à chaleur géothermiques, permettant également de climatiser les bâtiments en été.
- ▶ **Géothermie basse énergie** (*entre 30° et 90°*): principalement associée à des réseaux de chaleur urbains, elle permet un usage direct de la ressource géothermique située dans les nappes d'eau chaude du sous-sol profond (entre 1500 et 2000 mètres de profondeur) pour chauffer des bâtiments.
- ▶ **Géothermie profonde : moyenne & haute énergie** (*au-delà de 90°*): si cette filière peut concerner des applications telles que l'utilisation de la chaleur pour des procédés industriels (séchage notamment), la production de froid dans les DROM-COM ou la cogénération (production simultanée de chaleur et d'électricité), elle cible surtout la production d'électricité. Cette application se prête particulièrement bien au contexte volcanique, et notamment en milieu insulaire, comme à la centrale de Bouillante en Guadeloupe. Hors contexte volcanique, deux segments peuvent être distingués:
  - l'exploitation de ressources aquifères à moyenne température (*entre 90° et 150°*), en ayant recours notamment à des turbines à fluides binaires;
  - les technologies EGS («Enhanced Geothermal Systems»), permettant d'exploiter des ressources très profondes à haute température.

Le déploiement de projets de géothermie s'appuie également sur un ensemble d'activités connexes telles que

la connaissance du sous-sol, les activités d'exploration nécessaires à l'identification des structures géologiques et le suivi de l'exploitation des réservoirs pour tout type de géothermie.

La filière française de la géothermie est très diversifiée. Elle regroupe aussi bien (pour le segment des pompes à chaleur) de nombreuses PME/PMI actives principalement dans les activités d'installation, que des spécialistes d'exploitation de réseaux de chaleur collectifs, ainsi que des acteurs issus du secteur pétrolier spécialisés dans l'ingénierie du sous-sol pour la géothermie profonde.

### 3 Présentation du marché et de ses perspectives de développement

#### 1. Etat des lieux et dynamique récente du marché à l'international

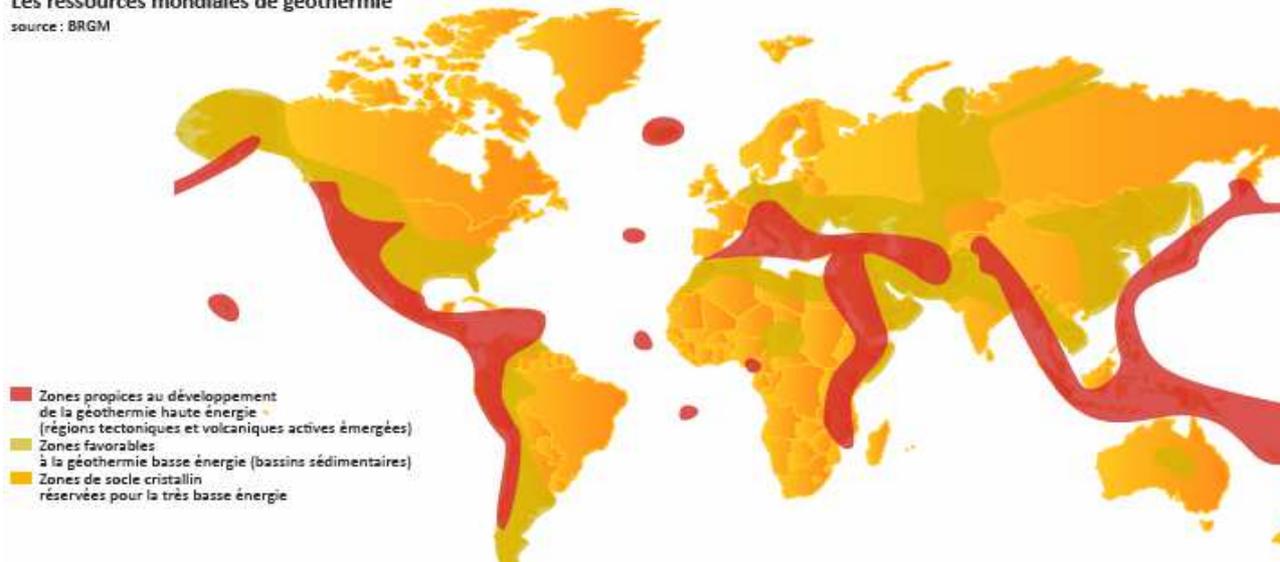
Le marché des PACg<sup>26</sup> est estimé à 100 000 unités par an dans les pays de l'Union européenne, pour environ un million de PACg en fonctionnement, et une puissance thermique de 12 000 MWth (DGEC, EurObsv'ER, 2011). Sur ce segment, le marché français est le 3<sup>ème</sup> en Europe.

La France est également le 3<sup>ème</sup> marché européen pour l'utilisation directe de la chaleur (hors PACg), segment dont la puissance cumulée s'élève à 4 700 MWth en Europe, correspondant à 212 réseaux de chaleur, situés principalement en France, en Islande, en Allemagne, en Suède ou en Hongrie. D'ici à 2015, 200 nouveaux réseaux devraient voir le jour. Au niveau mondial, les plus fortes capacités sont installées aux Etats-Unis et en Chine.

En ce qui concerne la géothermie haute énergie (production d'électricité), la capacité installée a atteint 11 224 MW dans le monde début 2012 (Geothermal Energy Association, 2012), dont 3187 MW aux Etats Unis, leader mondial. Viennent ensuite les Philippines, l'Indonésie, le Mexique et l'Italie. La croissance des capacités installées, bien que continue depuis les années 1980, a été relativement faible. Un renouveau de la géothermie se dessine depuis quelques années, en raison notamment des cours élevés du pétrole et des besoins de nombreux pays de diversifier leur sources d'énergie. C'est notamment le cas de pays émergents tels que l'Indonésie ou la Turquie, mais également du Japon qui instaure actuellement de nouvelles réglementations incitatives afin d'exploiter son potentiel géothermique estimé à plus de 20 000 MW.

#### Les ressources mondiales de géothermie

source : BRGM



La puissance électrique installée d'origine géothermique de l'ensemble des pays de l'Union Européenne était estimée en 2011 à environ 1 672 MWe pour 59 installations et plus de 3 000 MWe devraient être installés d'ici à 2020. En Europe, l'Italie fait figure de leader avec 843 MW installés (Geothermal Energy Association, 2012).

<sup>26</sup> Pompe à chaleur géothermique

## 2. Le potentiel de marché

### 1. *Le potentiel de marché à l'International*

Le potentiel de développement de la géothermie à l'international est très significatif, mais présente des opportunités contrastées pour les acteurs français. L'expérience acquise dans le développement de réseaux de chaleur urbains en Ile-de-France et en Aquitaine est un atout important pour le développement à l'export, et demande d'être appuyé par une promotion du savoir-faire français. Certaines entreprises françaises telle que Dalkia et Cofely développent d'ailleurs leur activité à l'international, notamment en Europe de l'Est et en Chine et font figure de leaders dans le secteur. La réalisation d'environ 200 nouveaux projets en Europe à l'horizon 2015 présente des opportunités de développement pour les bureaux d'études techniques, pour les entreprises de forage, ainsi que pour les exploitants de réseaux.

La filière française de la géothermie haute énergie a la capacité de proposer une solution intégrée, disposant d'acteurs positionnés sur l'ensemble des maillons de la chaîne de valeur, et de s'appuyer sur l'expérience des projets de Bouillante et de Soultz-sous-Forêts. Si le potentiel de développement de la géothermie haute énergie est pour l'essentiel à l'exportation, les entreprises françaises sont confrontées à une forte concurrence d'acteurs américains, italiens, japonais, etc. Dans ce contexte, l'articulation des dispositifs de financements à l'exportation (tels que la Réserve Pays Emergents) ou la mise en place d'un fond de garantie soutenant les projets d'exportation d'acteurs français doivent être envisagées. De tels dispositifs permettraient aux entreprises françaises d'être présentes dès les phases amont des projets de géothermie et pourraient leur permettre de négocier plus facilement des contrats d'exclusivité pour la construction et l'exploitation des équipements de production.

Les zones présentant les potentiels de développement les plus significatifs sont notamment :

- ▶ L'Indonésie, qui fait partie des pays dont le potentiel géothermique est le plus élevé au monde, avec environ 27 000 MW de ressources potentielles. Plusieurs acteurs français y sont actifs dont Alstom (impliqué dans la centrale de 20 MW dans le Lahendong), GDF Suez (via sa filiale International Power) et le BRGM. GDF Suez a notamment conclu un accord de société commune en 2011 avec PT Supreme Energy et Marubeni pour le développement du projet de Rantau Dedap (220 MW), qui se situe dans le Sud de la province de Sumatra.
- ▶ La Turquie, qui est considérée comme le septième pays au monde présentant le plus fort potentiel géothermique, estimé à 31 000 MW dont environ 1 500 MW pourraient être utilisés pour la production d'électricité. Aujourd'hui la capacité installée pour l'utilisation directe est de 100 MWth. Le marché turc de la géothermie haute enthalpie a été particulièrement vigoureux ces dernières années : la capacité installée a quadruplé depuis 2004. L'objectif du gouvernement est d'atteindre 300 MWe installés d'ici 2015.
- ▶ La Chine, qui dispose d'un important potentiel, essentiellement constitué de ressources à moyenne ou basse température. La Chine est le premier utilisateur au monde de la géothermie sous forme thermique, avec plus de 8800 MWth installés, la géothermie étant quasiment exclusivement utilisée pour son application thermique à l'heure actuelle. Le pays dispose pourtant de ressources géothermiques à haute température, notamment dans la région autonome du Tibet, et les provinces du Yunnan et du Sichuan, avec un potentiel estimé entre 2 000 et 10 000 MW. Ce potentiel reste sous-exploité, la seule centrale générant de l'électricité étant celle de Yangbajain au Tibet construite en 1977 et d'une capacité installée de 24 MW.
- ▶ La zone du Rift Africain (Djibouti, Ethiopie, Kenya, Ouganda), qui recèle des opportunités importantes dans le domaine de la haute énergie. Le Kenya a entrepris de valoriser son potentiel géothermique, estimé à 7 000 MW. A ce stade, 167 MW sont déjà en fonctionnement sur le site d'Olkaria. Le gouvernement kenyan souhaite que la géothermie fournisse 30% de l'électricité au pays d'ici 2030, soit l'équivalent de 5 000 MW à développer. L'objectif intermédiaire à atteindre est de 1 600 MW installés d'ici 2016. Pour y parvenir, plusieurs projets sont en cours : KenGen développe actuellement 280 MW supplémentaires dans la région d'Olkaria. Par ailleurs des opérations de forage dans la région de Menengai devraient déboucher à terme sur une capacité exploitable de 400 MW. En Ethiopie, la production d'électricité géothermique pourrait atteindre 5 000 MW, dépassant les besoins annuels en électricité du pays et atténuant ainsi la dépendance aux importations énergétiques. Aujourd'hui, seule la centrale de 7,3 MW d'Aluto-Langano, mise en service en 1999, est opérationnelle. Plusieurs pays ont été approchés pour contribuer au développement de la filière sur le territoire éthiopien, notamment l'Islande, les États-Unis, l'Allemagne, la France et le Japon.
- ▶ Les pays d'Amérique Centrale et d'Amérique du Sud : Le Mexique dispose d'un potentiel géothermique estimé à 10 000 MW environ. Alstom est déjà très présent sur le territoire mexicain et a déjà réalisé une centrale géothermique de 4 x 25 MW à Los Azufres II en 2000. Le Chili dispose pour sa part d'un potentiel géothermique estimé à 16 000 MW, dont 3 000 MW sont envisagés à moyen terme. De nombreux projets de prospection sont en cours, preuve du dynamisme du marché. Nombre d'entreprises, chiliennes ou étrangères (italiennes et nord-américaines notamment) se positionnent pour répondre aux appels d'offre du Ministère de l'Energie. Plusieurs acteurs français (GDF Suez, Terranov, etc.) sont également actifs dans cette région, au potentiel prometteur.

## 2. Le potentiel de marché en France

La France dispose d'un gisement géothermique très favorable, dont seule une faible partie est aujourd'hui exploitée. Afin de valoriser le potentiel considérable de la filière, les objectifs définis dans le cadre du Grenelle de l'environnement et du Plan de développement des énergies renouvelables prévoient une multiplication par six de la production de chaleur issue de la géothermie pour 2020. La géothermie devrait ainsi contribuer au mix énergétique français à hauteur de 1,3 million de tonnes équivalent pétrole d'ici 2020 grâce au développement des réseaux de chaleur et à l'utilisation des pompes à chaleur géothermiques dans le résidentiel et le tertiaire. Elle constituerait également une source d'énergie indispensable pour atteindre l'autonomie énergétique dans les territoires d'Outre-mer à l'horizon 2030. Cette ambition pour la filière doit permettre d'atteindre l'objectif national de développement des énergies renouvelables et d'encourager l'émergence d'une filière industrielle créatrice d'emplois. En effet, on évalue les effectifs actuels à quelques 10 000 personnes (DGEC, 2010) et différents scénarios prévisionnels tablent sur une multiplication par 6 en 2020 (UFE, 2010).

Dans le domaine de la géothermie très basse énergie, l'atteinte de l'objectif de 2 millions de foyers équipés d'ici 2020 (cet objectif concerne toutefois en majorité les pompes à chaleur aérothermiques, la part estimée des PACg se situant entre 20 et 30%), fixé dans le cadre du Grenelle de l'Environnement et repris dans la PPI chaleur, passe par la poursuite des démarches qualité initiées depuis quelques années. La pérennisation de la filière PACg nécessitera également l'adaptation du cadre réglementaire afin de simplifier les démarches et de lever les barrières (règles d'urbanisme, code minier, etc.) qui aujourd'hui peuvent conduire les professionnels à privilégier d'autres solutions thermiques. Cette évolution doit s'accompagner d'une démarche qualité des forages.

Le segment des réseaux de chaleur connaît une nouvelle dynamique, qui a été confortée par l'annonce, le 20 septembre 2012, de pérenniser le Fond chaleur. Sur ce segment dont le marché est essentiellement national, l'enjeu sera à la fois la diversification géographique (la majorité des projets étant situés en Ile-de-France) et la diversification des usages. Si les réseaux de chaleur alimentent environ 150 000 logements, un potentiel important existe dans le secteur agricole et industriel. Par ailleurs, une évolution progressive des réseaux de chaleur vers des systèmes multi-énergies intégrés, capables de combiner plusieurs sources d'énergie (solaire, biomasse) à d'autres réseaux (froid, gaz, électricité, eau) est appelée à se concrétiser.

Dans le domaine de la production d'électricité géothermique, via des forages profonds, la France s'est positionnée depuis les années 1970 en Guadeloupe avec le projet de Bouillante. Ce type d'opération, très spécifique compte-tenu des conditions climatiques et volcaniques de l'île, a permis aux professionnels d'acquérir des compétences particulières sur ce marché. La Guadeloupe, la Martinique et la Réunion présentent des conditions géologiques très favorables à l'utilisation de l'énergie géothermique pour produire de l'électricité. En dépit de ces conditions naturelles et de la demande croissante d'électricité enregistrée dans ces territoires, les conditions économiques (tarif d'achat, prise en compte du risque géologique, etc.) n'ont pas permis de mobiliser les financements nécessaires au développement de projets de géothermie haute énergie. Le développement de la géothermie dans les DROM-COM, permettrait de contribuer à l'autonomie énergétique de ces territoires et de servir de tremplin pour le développement sur les marchés de l'exportation du savoir-faire français, dans les Caraïbes et plus largement en Amérique Centrale et en Amérique du Sud.

Enfin, le développement de la technologie EGS ouvre de nouvelles perspectives, en France et à l'étranger. En France, le projet de Soultz-sous-Forêts, pionnier à l'échelle mondiale, commence à essaimer avec le projet du site de la société Roquette frères à Beinheim (Alsace), et une quinzaine de demandes de Permis exclusif de recherche de gîtes géothermiques à haute température sont actuellement en instruction pour de nouveaux projets de cogénération dont certains candidatent à des financements dans le cadre des Investissements d'Avenir.

## 4 Les enjeux de développement de la filière

### 1. Les fondamentaux de la filière

#### 1. Les principaux moteurs de croissance

Le nouveau développement que connaît actuellement la géothermie est lié au fait que cette technologie est dans l'ensemble maîtrisée sur le plan technique (à des degrés variables selon les applications) et présente, selon les conditions locales, des coûts de production compétitifs par rapport à d'autres sources d'énergie, conventionnelles ou renouvelables. Dans ce contexte, le maintien à des niveaux élevés du cours du pétrole depuis le pic de 2008 favorise l'émergence de projets de géothermie. Cet essor est également lié, en Europe, aux politiques mises en place dans le cadre des objectifs nationaux en matière de transition énergétique et de lutte contre le changement climatique, qui accordent un rôle plus ou moins important à la géothermie. La France a choisi de fixer un objectif particulièrement ambitieux (multiplication par 6) de la chaleur produite par la géothermie d'ici 2020.

Compte tenu du facteur de charge important, la géothermie est perçue par les pays qui disposent de conditions

géologiques favorables comme une alternative crédible pour contribuer à la sécurité énergétique. Cet élément, ainsi que la protection contre la volatilité des cours des combustibles fossiles expliquent les mesures incitatives prises par un certain nombre de pays (Chili, Indonésie, Japon, etc.). Pour les pays émergents disposant de vastes ressources inexploitées, la demande croissante d'énergie motive une accélération de l'exploration géologique et du développement de projets de géothermie.

De fait, les efforts continus mis en place dans le cadre de partenariats avec des bailleurs de fonds bilatéraux (Banque Mondiale, AFD, KfW par exemple) ou avec des entreprises privées permettent progressivement d'évaluer et de localiser les ressources géothermiques. Plusieurs dispositifs ont d'ailleurs été mis en place pour garantir ou pour financer (sous forme de subventions) les campagnes de forage d'exploration (ArGeo, Geotherm, etc.).

### 1. Les principaux freins et verrous

Un certain nombre d'éléments ralentissent aujourd'hui le développement de la filière :

- ▶ les incertitudes sur la prédictibilité de la ressource (débit et température) pénalisent les analyses de faisabilité et de rentabilité des projets. Ces incertitudes se traduisent pas des risques plus importants et par des difficultés à intégrer la géothermie dans des études de préfaisabilité d'un bâtiment.
- ▶ Des freins administratifs et réglementaires conduisent à des délais parfois peu compatibles avec les projets de bâtiments. Pour les PACg, un effort de simplification administrative et législative est à faire car les textes actuels ne tiennent pas compte de l'évolution des procédés et des moyens de chauffage. Cet effort doit être conditionné à une amélioration de la qualité des produits et services.
- ▶ Un déficit d'information sur les PACg auprès des particuliers. Plus généralement, l'acceptabilité sociale de la géothermie pourrait évoluer dans un contexte de débat sur les usages du sous-sol.
- ▶ Un besoin de formation conséquent pour atteindre les objectifs fixés dans le cadre du Grenelle de l'Environnement tout en maintenant le niveau de la qualité de services.
- ▶ Les verrous technico-économiques de la filière EGS: si les technologies EGS présentent un fort potentiel de marché, elles font encore face à des défis importants en termes de réduction des coûts, liés au manque d'historique sur cette technologie.

### 2. Evolutions du paysage concurrentiel et enjeux de développement

Le potentiel de la géothermie basse énergie pourrait être considérable dans les prochaines années si cette technologie parvient à effectuer une pénétration significative dans la construction neuve et dans la rénovation thermique, comme cela a été le cas en Suisse, en Suède ou en Allemagne. Pour y parvenir, des efforts importants seront nécessaires pour soutenir le développement du marché, sous la forme d'actions d'information et de promotion de la technologie, notamment auprès des maîtres d'ouvrage et du grand public. Cela sous-tend des efforts continus d'amélioration de la qualité des produits et des services pour éviter toute contre-référence. Le développement du marché suppose également des ajustements du cadre normatif et réglementaire (amendements du code minier et des exigences des documents d'urbanisme, etc...). Le déploiement de ces solutions impliquera de disposer de salariés formés à la conception, la réalisation et l'exploitation de ce type d'installation et par conséquent d'adapter l'offre de formation. Les enjeux dans ce domaine sont importants compte tenu de l'objectif de multiplier par 6 l'utilisation des PACg.

L'expérience française en matière d'exploitation de réseaux de chaleur a permis aux leaders français Dalkia et Cofely d'étendre leur activité à l'export. Cette évolution doit permettre à différentes entreprises impliquées dans l'ingénierie et la caractérisation du sous-sol, dans le forage et la construction d'équipements de prendre des positions sur les marchés d'avenir (la Chine par exemple). Bien que de nombreuses avancées techniques (coût de forage et d'installation, rendement, analyse du sous-sol) soient nécessaires pour améliorer la compétitivité de la filière, la perspective d'avenir des acteurs français pourrait être de parvenir à développer des approches multi-énergies intégrées. En synergie avec les réflexions en cours sur la ville durable cette approche permettrait de déployer les compétences françaises sous un angle différenciant. Les progrès en matière de projets multi-énergies et la mise sur le marché par des entreprises françaises de technologies hybrides innovantes (Heliopac, Giordano Industries ou Fondis), constituent de réelles opportunités pour les acteurs français de se positionner comme précurseurs et à terme leaders sur ces marchés.

Plusieurs acteurs français visent à saisir les opportunités qu'offre le domaine de la géothermie haute énergie à l'export. La valorisation du potentiel des DROM-COM permettra dans un premier temps de servir de « vitrine » du savoir-faire français, de consolider l'expérience acquise et de renforcer les réseaux de sous-traitants. La France dispose par ailleurs d'une première expérience d'EGS qui la positionne parmi les pionniers d'un domaine à fort potentiel. Cependant, de

nombreux pays (Australie, Etats Unis, Japon,...) investissent fortement dans le développement de cette technologie.

La mobilisation de nouveaux acteurs industriels tels que Fonroche Géothermie et Electerre de France reflète l'essor actuel en France de projets de géothermie. La filière française continue d'ailleurs de se structurer au sein de l'AFPG, en articulation avec les pôles de compétitivités et les projets récemment retenus dans le cadre des appels à projets Laboratoires d'Excellence et IEED.

## 5 Synthèse du positionnement national et des enjeux

Atouts (+)	Faiblesses (-)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Technologie maîtrisée présentant un coût de production compétitif (selon les contextes locaux et les conditions géologiques)</li> <li>▪ Facteur de charge important, permettant à la géothermie de fournir de l'énergie de manière continue, à la différence d'autres énergies renouvelables intermittentes</li> <li>▪ Forte expérience de la filière française, notamment en développement et gestion de réseaux de chaleur</li> <li>▪ Potentiel de développement important, porté par des marchés historiques et par la relance de nombreux programmes de développement de la ressource dans les pays émergents</li> <li>▪ Dispositifs de garanties spécifiques mis en place en France (Aquapac, fonds géothermie)</li> <li>▪ Mise en place de programmes d'assurance qualité</li> <li>▪ Structuration progressive de la filière française</li> <li>▪ Les projets existants en France ont donné lieu à une concertation importante et font l'objet d'une forte adhésion des acteurs locaux</li> <li>▪ Intégration territoriale : faible niveau d'impact visuel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Filière française encore en structuration, notamment car les différents segments sont très distincts, ne permettant pas un suivi précis des opérations en cours</li> <li>▪ Nombre limité d'acteurs français d'envergure internationale disposant d'une forte expérience en géothermie</li> <li>▪ Un déficit de sensibilisation des bureaux d'étude, des prescripteurs et des maîtres d'ouvrage sur le potentiel de la technologie</li> <li>▪ Nombre restreint de foreurs qualifiés en France</li> <li>▪ Contraintes posées par le code minier ou par les règles d'urbanisme nécessitant des procédures parfois trop longues pour un développeur de projet</li> <li>▪ Manque de visibilité de la filière, qui reste encore mal connue</li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Volonté politique affirmée : objectif fixé par le Grenelle de production d'environ 1,3 Mtep supplémentaires de chaleur en France à partir de la géothermie et de pompes à chaleur d'ici 2020</li> <li>▪ Evolutions normatives et notamment intégration progressive des pompes à chaleur dans les bâtiments neufs (contexte de la RT 2020).</li> <li>▪ Adaptation des technologies au contexte insulaire des DROM-COM s'articulant avec la volonté d'atteindre l'autonomie énergétique dans ces territoires</li> <li>▪ Potentiel de développement de la géothermie profonde avec des développements techniques en cours</li> <li>▪ Développement de projets à l'export (réseaux de chaleur, géothermie profonde et EGS) en s'appuyant sur l'acquis de projets développés en France</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Forte concurrence des acteurs étrangers sur le marché des pompes à chaleur</li> <li>▪ Délais importants des opérations de forage et retards possibles des projets du fait du nombre limité de foreurs certifiés en France</li> <li>▪ Goulets d'étranglement en matière de forage et notamment de disponibilité des machines de forage</li> <li>▪ A l'export, concurrence dynamique au niveau international sur les projets de géothermie profonde</li> <li>▪ Acceptabilité plus faible des activités liées au sous sol, dans le cadre du débat sur le gaz de schiste</li> </ul>

## 7 Principales sources bibliographiques

### **Bibliographie de référence**

- ADEME, Septembre 2011, « Feuille de route stratégique géothermie »
- ADEME / CFG Services, 2009, « Perspectives d'exportation de biens et services français en matière de géothermie appliquée au chauffage ou à la production d'électricité »
- CAS / Jean Bergougnoux, Août 2012, « Des technologies compétitives au service du développement durable »
- Rapport du Député des Bouches-du-Rhône M.Roland Blum, Avril 2012, « Principales décisions que le Parlement et le Gouvernement devront prendre dès l'été 2012 pour que la France puisse atteindre les objectifs de sa politique énergétique »
- COSEI, 2011, « Soutenir la compétitivité des filières françaises de production d'énergie renouvelable »
- DGCIS, 2011, « Technologies clés 2015 »
- DGEC, 2011, « Pétrole, gaz, énergies décarbonées - Rapport sur l'industrie en 2011 »
- EGEC, 2011, « Deep geothermal market report 2011 »
- EGEC / Gibaud, Jean Philippe, Décembre 2011, « Geothermal Electricity Market in Europe »
- EGEC, Avril 2012, « Strategic Research Priorities for geothermal Electricity »
- EGEC, Avril 2012, « EGEC policy paper on the European Commission's "Energy Roadmap 2050" »
- GEA, Mai 2010, « Geothermal Energy : International Market update »
- GEA, Mai 2012, « Geothermal : International Market Overview Report »
- Lund J.W., Freeston D.H., Boyd T.L., 2010, « Direct Utilization of Geothermal Energy 2010 Worldwide Review »
- MEDDE, 2012, Bilan énergétique de la France pour 2011
- MEDDE, 2011, Rapport sur les progrès réalisés dans la promotion et l'utilisation des énergies renouvelables
- MEDDTL / Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, 2010 « Rapport sur l'industrie des énergies décarbonnées en 2010 »
- MEEDDM / CGDD, 2009, Étude « Filières vertes : Les filières industrielles stratégiques de la croissance verte »
- SER, Juillet 2012, Fiche Info 2012 : La géothermie en France, en Europe et dans le monde

# 6 - SOLAIRE

## 1 Synthèse

### Présentation

#### Définition et périmètre

La filière « Solaire » regroupe l'ensemble des activités destinées à transformer l'énergie du soleil en électricité ou en chaleur exploitable :

- ▶ **Le solaire photovoltaïque (ou PV) :** production d'électricité par le biais de cellules exploitant l'effet photoélectrique.
- ▶ **Le solaire photovoltaïque à concentration (ou CPV** pour "Concentrated PhotoVoltaic") qui est une variante du PV où des lentilles optiques concentrent la lumière sur des cellules photovoltaïques en nombre plus restreint mais qui affichent de plus hautes performances.
- ▶ **Le solaire thermodynamique (ou CSP** pour « Concentrated Solar Power ») qui consiste à concentrer (grâce à des miroirs) le rayonnement direct du soleil pour chauffer à haute température un fluide dont la chaleur sera soit directement utilisée, soit convertie en électricité.
- ▶ **Le solaire thermique** (dit de « basse température ») qui vise à convertir le rayonnement solaire en chaleur pour un usage généralement domestique (eau chaude sanitaire, chauffage ou rafraîchissement solaire).

### Chiffres clés

#### Solaire Photovoltaïque (PV)

**Capacité installée cumulée à 2011 dans le monde :** 69 GWc (*EurObserv'ER, 2012a*)

**Capacité installée cumulée à 2011 en France :** 2,8 GWc (*EurObserv'ER, 2012a*)

**Prévisions de capacité totale mondiale installée en 2017 :** 231 GW (contre 69GW aujourd'hui) (*IEA, 2012a*)

#### Solaire photovoltaïque à concentration (CPV)

**Parc mondial :** 100MW (construction récente) et 241 MW en cours de construction (*PV Insider, 2012*)

#### Solaire thermodynamique (CSP)

**Capacité installée cumulée à 2011 dans le monde:** 1,5GW (+124% depuis 3 ans) (*SER, 2012*)

**Prévisions :** capacité installée mondiale de 11GW en 2017(*IEA, 2012a*)

#### Solaire thermique

**Puissance installée en France en 2011 :** 210MWth (-5% depuis 2009). (*EurObserv'ER, 2012*)

**Puissance installée cumulée à 2010 dans le monde :** 196GWth (*IEA, 2012a*)

**Prévisions :** augmentation de +150% de la puissance installée entre 2010 et 2017 (*IEA, 2012a*)

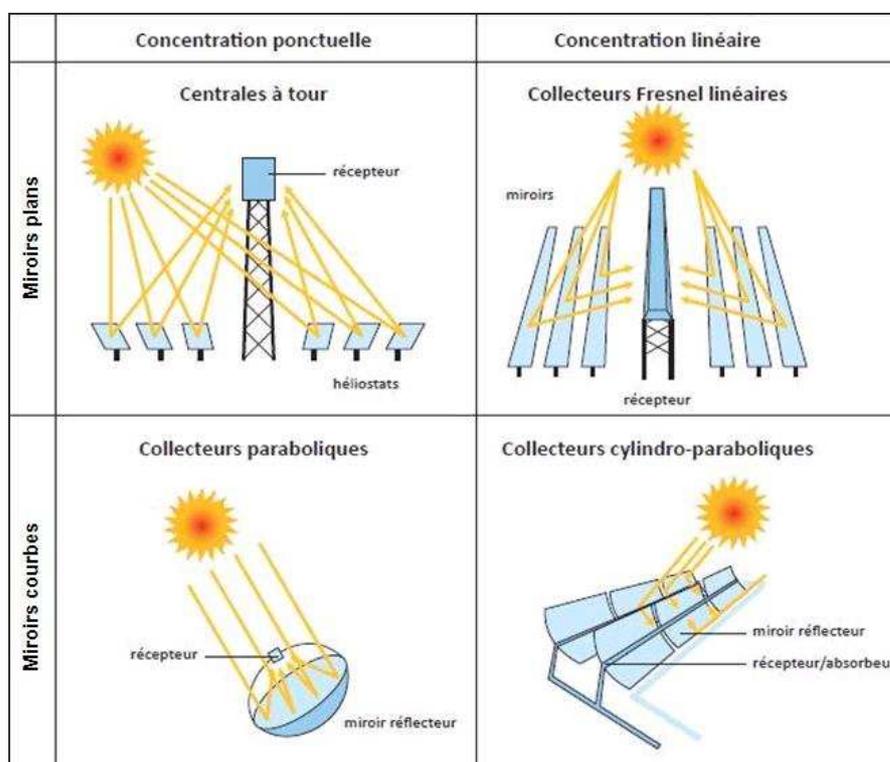
## 2 Présentation de la filière

Chaque filière solaire présentée ci-dessus se structure autour de différentes technologies permettant d'utiliser l'énergie solaire. Les caractéristiques de ces technologies étant assez variables (niveaux de maturité, efficacité, acteurs, etc.), celles-ci sont présentées ci-après :

- ▶ **Solaire photovoltaïque (PV).** Il existe plusieurs générations de cellules photovoltaïques :
  - **1ère génération: Silicium.** Les premiers types de panneaux PV ont été constitués de fines plaques de silicium mono ou poly-cristallin. Ces cellules affichent un rendement généralement compris entre 14 et 20% et constituent la grande majorité du marché PV actuel.
  - **2ème génération: Couches minces.** Cette seconde technologie, qui est constituée d'une ou plusieurs couches de matériaux semi-conducteurs et photosensibles déposés sur un support plan (verre, acier,

plastique, etc.), a permis de diminuer les coûts des panneaux mais affiche un rendement par cellule moindre (5 à 13%). Cette technologie représente actuellement environ 10% du marché (SER, 2012a).

- 3ème génération: Cellules Organiques. Cette dernière génération n'est actuellement qu'au stade expérimental : les cellules PV sont ici constituées de semi-conducteurs organiques (moléculaires, en polymères ou organiques hybrides) qui offrent pour l'instant un rendement plus faible que d'autres technologies PV (5 à 10%) mais dont le potentiel de réduction des coûts est significatif notamment grâce à un procédé de production peu consommateur d'énergie.
- ▶ **Solaire photovoltaïque à concentration (CPV).** Cette technologie utilise des cellules dont le rendement est de l'ordre de 20 à 30% et placées au sein d'un foyer optique. Les modules ainsi constitués doivent être montés sur des structures héliostatiques (ou « trackers ») qui suivent la course du soleil. En fonction de la concentration des rayons obtenue, on peut parler de haute, moyenne ou basse concentration (respectivement HCPV, MCPV ou LCPV).
- ▶ **Solaire thermodynamique (CSP).** Quatre technologies, ou configurations de centrale CSP, se partagent le marché. La figure ci-après les présente en fonction de la zone de collecte de l'énergie lumineuse (ponctuelle ou linéaire) et de la géométrie de miroirs concentrant les rayons lumineux (plans ou courbes). Par ailleurs, l'ensemble de ces technologies fonctionne grâce à un rayonnement solaire direct : l'usage de trackers, gardant les miroirs face au soleil, est indispensable. Les collecteurs cylindro-paraboliques sont une des technologies les plus matures de la filière CSP. Les collecteurs paraboliques ("Dish-Stirling"), bien que moins mature possèdent l'avantage d'être modulaire et donc adaptés à la construction de centrales de petite taille en milieu isolé.



Source : SER, 2012

- ▶ **Solaire thermique.** 4 technologies de capteurs solaires principales existent pour convertir le rayonnement du soleil en chaleur directement utilisable. Parmi ces différentes solutions, présentées ci-dessous, les 3 premières dominent le marché actuel.
  - Capteurs plans vitrés. Ces capteurs sont composés d'un corps noir absorbant le rayonnement, d'un isolant thermique, d'une vitre assurant l'effet de serre et d'un circuit permettant le transport du fluide caloporteur (généralement de l'eau associée à un antigel). Ce type de capteur est le plus répandu.
  - Capteurs à tubes sous vide. Cette technologie atteint des performances supérieures à celle des plans vitrés en réduisant les pertes convectives dues à l'air.
  - Capteurs plans non vitrés. Il s'agit d'une surface constituée de tubes noirs, généralement en plastique,

accolés qui servent généralement au chauffage de piscines (notamment en Europe), à la production d'eau sanitaire (dans les pays chauds) ou encore, comme aux Etats-Unis, à la ventilation des bâtiments commerciaux et industriels, au chauffage par air et aux applications spécifiques du secteur agricole.

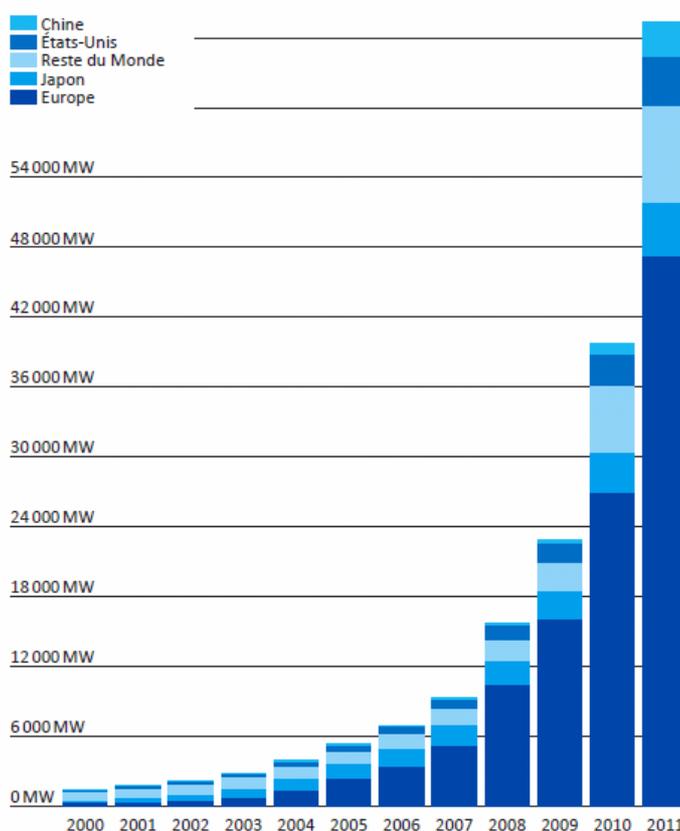
- Capteurs à air. Cette technologie permet de réchauffer la température de l'air en la faisant transiter, grâce à un système de ventilation, au travers d'une espace aménagé entre l'absorbeur du capteur (couche supérieure) et un isolant (couche inférieure). Cette technologie est très peu répandue au sein des pays de l'Union européenne (*EurObserv'ER, 2012*).

### 3 Présentation du marché et de ses perspectives de développement

#### 1. Etat des lieux et dynamique récente du marché à l'international

##### **Solaire photovoltaïque (PV)**

Le marché mondial du photovoltaïque a continué sa forte progression en 2011 avec une capacité raccordée supplémentaire de 29 GWc en 2011 contre 16,8 GWc en 2010 et 7,3 GWc en 2009 (*EurObserv'ER, 2012a*). L'Union Européenne réunit à elle seule 74% des puissances nouvellement connectées avec 3 des 6 pays cumulant plus de 1GWc de capacités installées dans l'année (Italie, France, Allemagne, Chine, Etats-Unis, Japon). Au final, le marché du photovoltaïque mondial présente ainsi une dynamique très forte depuis 2009 avec une augmentation exponentielle des puissances installées : plus de 69 GWc sont installés à travers le monde dont 42% l'ont été courant 2011 (*EurObserv'ER, 2012a*).

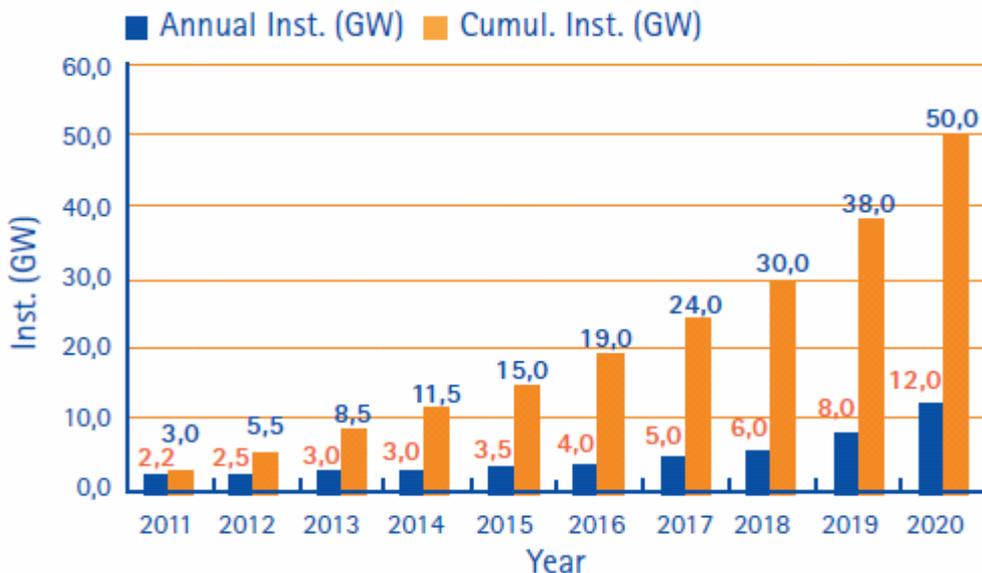


Développement de la capacité photovoltaïque mondiale (MW) ( *SER, 2012a*)

Le marché global du PV (incluant modules, composants des systèmes et installations) représente un chiffre d'affaires de 91,6 milliards d'euros en 2011 (en progression de 29% par rapport à 2010) et pourrait atteindre 130,5 milliards en 2021 (*EurObserv'ER, 2012a*).

Parmi les pays dynamiques sur le solaire PV, la Chine, les Etats-Unis et l'Allemagne sont particulièrement remarquables.

**La Chine** dispose d'un marché actif grâce à de nombreux acteurs nationaux et une politique de soutien de la demande très volontariste : de 500 MWc raccordés en 2010 et ce sont près de 2 140 MWc qui ont été installés en 2011 (*EurObserv'ER, 2012a*). L'objectif du parc PV national a ainsi été fixé à 15 GWc d'ici à 2015 soit une production annuelle de 20 TWh (*EurObserv'ER, 2012a*). Le graphique ci-dessous récapitule les prévisions gouvernementales du parc solaire chinois (à noter que ces prévisions incluent 1MW de CSP en 2015 et 2MW en 2020, le reste étant du photovoltaïque) :



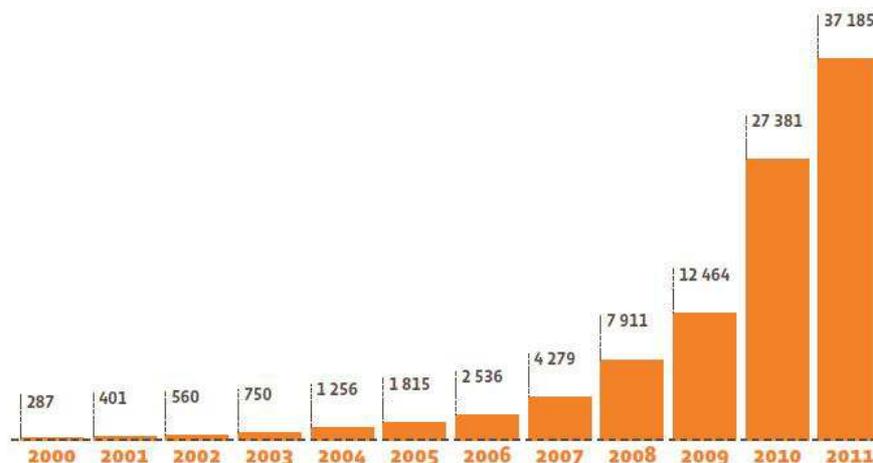
Prévisions gouvernementales du parc solaire chinois (*IEA, 2012*)

**Les Etats-Unis** ont vu leur marché intérieur plus que doubler entre 2010 et 2011 pour atteindre 1 855 MWc de puissance installée dans l'année (*EurObserv'ER, 2012a*).

**L'Allemagne** affiche un marché toujours dynamique avec 7 505 MWc de puissance connectée en 2011 soit l'équivalent de 2010 (7 411MWc) (*EurObserv'ER, 2012a*) mais près du double de 2009 (3 9402MWC) (*EurObserv'ER, 2011*). Ainsi, avec 36% de la puissance PV totale installée dans le monde, l'Allemagne a une nouvelle fois dépassé son objectif annuel fixé à 3,5 GWc.

Finalement, on pourra souligner l'explosion du marché italien en 2011 qui, passe de 699 MWc en 2009 (*EurObserv'ER, 2011*) à 9 280 MWc en 2011 (*EurObserv'ER, 2012a*) soit une multiplication par un facteur 13. Toutefois, cette situation résulte d'un effet d'aubaine lié au fort décalage entre le prix des modules (en forte baisse) et le tarif de rachat de l'électricité.

En parallèle de cette forte progression des ventes, les prix des modules PV ont continué à diminuer en raison de la surcapacité de l'industrie mondiale du PV. Cette dernière affiche des volumes de production record, en progression de 36% entre 2010 et 2011. Le graphique ci-dessous montre l'évolution de la production de cellules PV de 2000 à 2011 dans le monde (en MWc) : 37 GWc de capacité de production existaient en 2011 contre 29 GWc effectivement installés. A noter cependant, que les puissances déclarées comme installées peuvent être inférieures aux puissances affichées par les cellules produites.

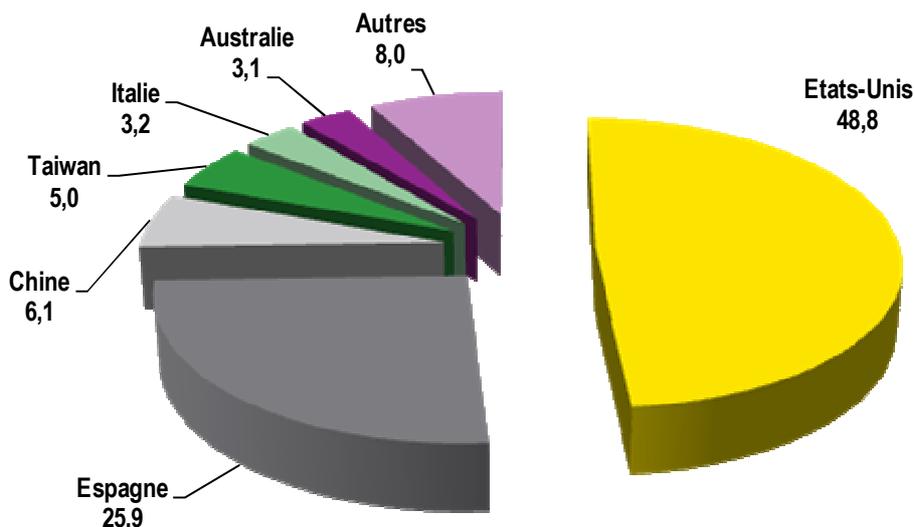


Evolution de la production de cellules PV de 2000 à 2011 dans le monde (en MWc) (EurObserv'ER, 2012a)

Ainsi, les pertes affichées par la majorité des acteurs du PV en 2011 a conduit à de nombreuses faillites dont celles, en septembre 2011, de Solyndra (Etats-Unis) ou en avril 2012 de Q-cells (Allemagne), emboîtant le pas à de nombreuses PME forcées de réduire leurs effectifs. Les acteurs asiatiques semblent avoir mieux résistés au choc notamment grâce à des bénéfices plus importants enregistrés lors des années précédentes, mais aussi à des subventions publiques et des garanties de prêts octroyées par leurs gouvernements (EurObserv'ER, 2012a). Cette situation a créé une controverse aux Etats-Unis et plus récemment en Europe où les fabricants chinois sont accusés de « dumping » et de concurrence déloyale. Des droits de douane très élevés ont ainsi été imposés par les Etats-Unis à une soixantaine d'industriels chinois en mai 2012 et une plainte officielle contre les pratiques commerciales chinoises a été déposée en juillet 2012 auprès de la Commission Européenne par un groupement d'équipementiers solaires : EU ProSun.

#### **Solaire photovoltaïque à concentration (CPV)**

En 2012, le marché mondial du CPV reste un marché de niche qui regroupe près de 140 installations d'une puissance moyenne inférieure à 1MW ayant pour objectif de tester et améliorer les technologies. Toutefois, les premières centrales de taille industrielle ont fait leur apparition : 30 MW pour la centrale CPV du Colorado (Etats-Unis), 7,8 MW pour celle de Villafranca (7,8MW – Espagne), 5,8 MW à Navarra (Espagne) et 5 MW au Nouveau-Mexique (Etats-Unis). L'ensemble des centrales CPV actuellement installées et opérationnelles s'élève à 100 MW de puissance, avec la répartition affichée ci-dessous (en MW).

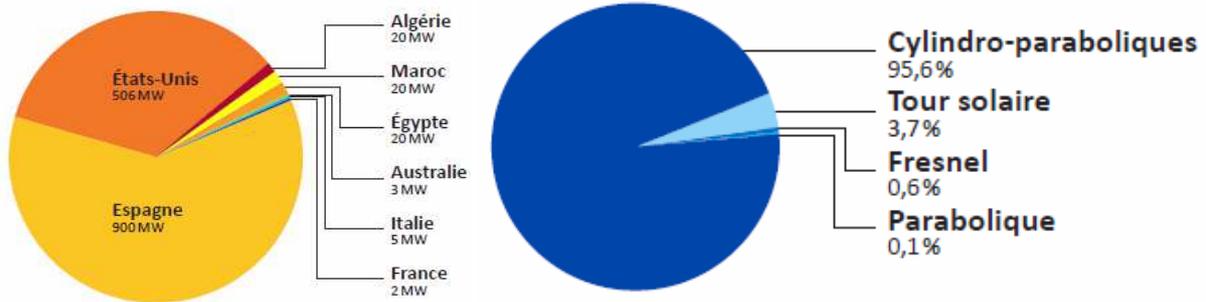


Répartition géographique des centrales CPV actuellement installées et opérationnelles (PV insider, 2012).

Les Etats-Unis et l'Espagne sont les principaux marchés actuels du CPV grâce notamment à quelques sites de taille industrielle affichant des puissances significatives : seules 26 installations affichent, à mi-2012, une puissance supérieure à 1MW.

### Solaire thermodynamique (CSP)

Le marché mondial du CSP se concentre, à l'heure actuelle, autour de 2 principaux pays qui concentrent 95% des capacités installées dans le monde : l'Espagne et les Etats-Unis. Ainsi, en 2011, 1 476 MW (SER, 2012) sont installés à travers le monde contre 660 MW environ en 2009 (+124%) (CSP World, 2012). Les graphiques ci-dessous décrivent l'état des puissances installées en CSP dans le monde en septembre 2011.



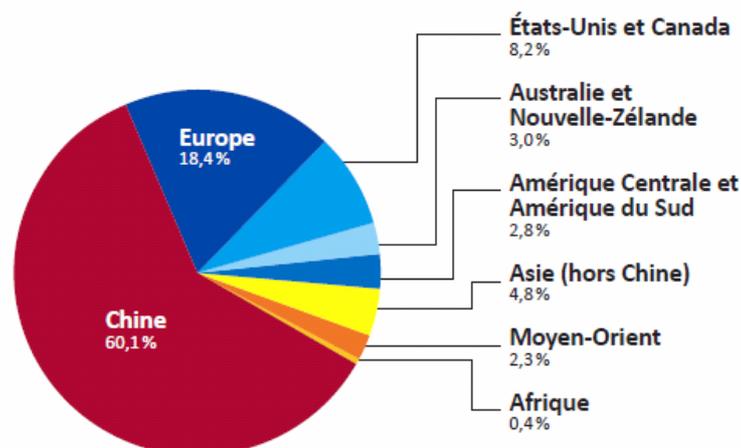
### Répartition des capacités CSP dans le monde et suivant les technologies (SER, 2012)

L'Espagne est, actuellement, le seul pays de l'Union Européenne à avoir développé une filière industrielle du CSP grâce à son marché qui a affiché un développement fulgurant entre 2006 et 2011. Si en 2008 le pays ne comptait que 2 centrales CSP en service (60 MW cumulés) ce sont successivement 6 centrales en 2009 (220 MW) puis 9 en 2010 et 2011 (450 MW et 420 MW) qui ont été raccordées au réseau (EurObserv'ER, 2012).

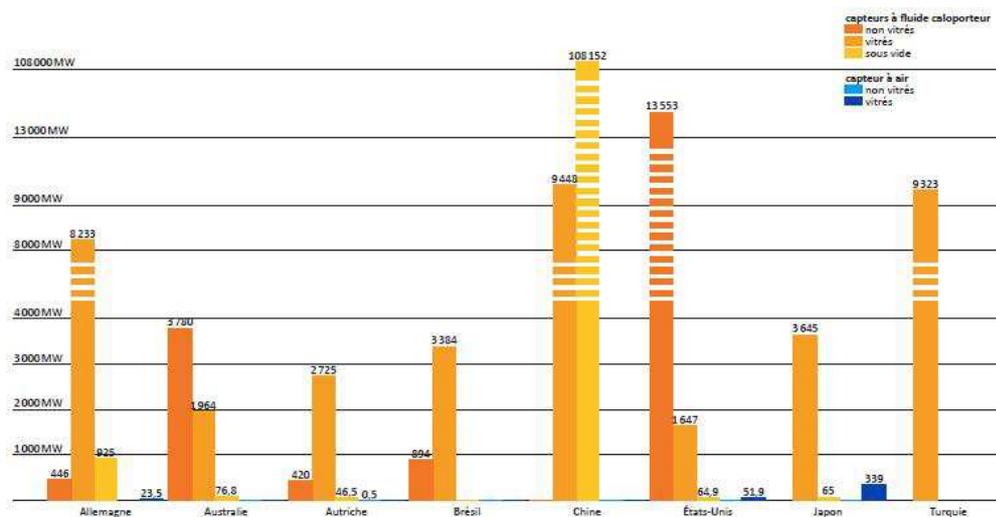
De nouveaux pays ont récemment franchi des étapes importantes dans le développement de centrales CSP, dont l'Australie (où une centrale de 44 MW utilisant la technologie linéaire Fresnel sera couplée à une centrale thermique), l'Inde qui a attribué après appel d'offres plusieurs centrales CSP et le Maroc qui a complété le financement (après attribution du marché) d'une centrale cylindro-parabolique de 160 MW à Ouarzazate, première tranche d'un projet de 500 MW à terme.

### Solaire thermique

La répartition des types de capteurs dans le monde en 2010 est représentée dans la figure ci-dessous : la Chine dispose ainsi du premier parc solaire thermique tandis que les Etats-Unis affichent un développement soutenu des capteurs non-vitrés.



### Répartition des types de capteurs dans le monde en 2010 (SER, 2012b)



Répartition des capacités solaires thermiques installées des principaux pays fin 2010 (MW) (SER, 2012b)

Le marché Allemand, leader en Europe, a retrouvé en 2011 le chemin de la croissance après des années 2009 et 2010 difficiles (+10,3% en 2011) (EurObserv'ER, 2012) mais sans pour autant renouer avec les niveaux atteints en 2008. Ainsi, en 2011, l'Allemagne a installé 903 MWth de capteurs sur 1 290 000 m<sup>2</sup> soit 4 fois plus qu'en France sur la même année (EurObserv'ER, 2012). A fin 2011, le parc solaire thermique allemand affichait une puissance 6 fois plus élevée que le parc Français.

## 2. Etat des lieux et dynamique récente du marché en France

### Solaire photovoltaïque (PV)

L'année 2011 a été contrastée pour le marché français du PV : malgré la forte progression des puissances installées sur le territoire national, de nombreuses faillites ou réductions d'effectifs chez les entreprises françaises du secteur ont été enregistrées. L'ajout de 1 634 MWc de puissance PV sur le réseau représente un quasi-doublement vis-à-vis de 2010 (862MWc) et une multiplication par 7 avec 2009 (221MWc) (EurObserv'ER, 2012a). La puissance totale des installations est estimée à 2 831MWc fin 2011 répartis entre 242 295 centrales (EurObserv'ER, 2012a).

Le fort développement du marché photovoltaïque, sous l'impulsion notamment des tarifs d'achat et de la baisse des prix des modules, a cependant induit une forte augmentation du coût pour le consommateur du système de soutien lié au tarif d'achat (via la contribution au service public de l'électricité ou CSPE) qui a été estimé à 800 millions d'euros pour 2011 (ADEME, 2012). Le gouvernement a diminué deux fois les tarifs d'achat en 2010, avant d'instaurer le 10 décembre 2010 un moratoire de trois mois sur l'obligation de rachat pour les nouvelles installations. Un nouveau décret, publié le 4 mars 2011, a introduit une formule de révision des tarifs de rachat tous les trimestres, en fonction du nombre de projets ayant candidaté précédemment, et un plafonnement annuel des nouvelles installations à 500 MW. Par ailleurs, le nouveau cadre réglementaire prévoyait un processus d'attribution par appel d'offres pour les projets supérieurs à 100 kWc, qui a conduit aux résultats suivants :

- ▶ Un premier appel d'offre pour les centrales de 100 à 250kWc a permis de retenir, le 26 mars 2012, 45MWc sur les 120MWc possibles pour un prix moyen de 22,9€/MWh.
- ▶ Un second appel d'offre, dont les résultats ont été publiés le 26 juillet 2012, a sélectionné 21MWc de projets compris entre 100 et 250kWc et 442,5MWc de projet de taille supérieure à 250kWc.

En France, en 2011, la filière PV totalisait 27 400 emplois directs, en diminution de 13% par rapport à 2010 (ADEME, 2012). Les capacités de production étant situées principalement hors de France, 82% de ces emplois correspondent à des activités d'installation et d'exploitation-maintenance. D'après l'ADEME, la filière affichait par ailleurs un chiffre d'affaire de 3,8 milliards d'euros en 2011, en forte baisse après avoir atteint 5,9 milliards en 2010 (ADEME, 2012),

reflétant les difficultés rencontrées par la filière.

Par ailleurs, dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir (PIA), l'ADEME a publié début 2011 deux appels à manifestation d'intérêt (AMI) pour le financement de démonstrateurs de recherche, démonstrateurs préindustriels et plateformes technologiques : l'AMI PV (photovoltaïque) et l'AMI Solaire (CPV, CSP et thermique). Courant avril 2012, une première série de projets a été sélectionnée dont 8 projets pour l'AMI PV et 6 pour l'AMI Solaire avec un total de 130 millions d'euros d'aides concédées.

### **Solaire photovoltaïque à concentration (CPV)**

Début 2012, 3 sites démonstrateurs de CPV étaient en activité en France, pour une puissance totale de près de 0,9 MW. Le marché français du CPV devrait connaître une expansion rapide car si l'AMI Solaire a permis de lancer 2 projets CPV, les résultats de l'appel d'offre de la CRE, publiés au 26 juillet 2012, ont désignés 8 projets lauréats en CPV, pour un total de 54,47MW de puissance installée. Ces projets, allant de 1,2 à 12 MW sont prévus à horizon 2013-2014 en Provence-Alpes-Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon. Ces 54MW à construire représentent une avancée significative du CPV français, notamment en comparaison des 100 MW actuellement installés dans le monde. Comme pour le CSP, l'enjeu est ici essentiellement de faire émerger des projets de référence qui pourront faciliter l'exportation de ces technologies dans d'autres régions.

### **Solaire thermodynamique (CSP)**

Fin 2011, 2 prototypes de centrales CSP de type Fresnel étaient construites sur le territoire : la première, d'une puissance de 500kW, a été mise en service en 2010 à la Seyne-sur-Mer (Var - PACA) et la seconde, de 250kW en 2011 sur le site de Thémis à Targassonne (Pyrénées-Orientales) (*EurObserv'ER, 2012*). Ces installations ont été développées par deux entreprises françaises, CNIM et Solar Euromed, qui ont toutes deux été retenues dans le cadre de l'appel d'offre de la CRE dont les résultats ont été publiés le 26 juillet 2012 et qui acte la construction de deux nouvelles centrales CSP d'ici à 2014 : une en Corse d'une puissance de 12MW (« Alba Nova 1 » de Solar Euromed) et la seconde dans les Pyrénées-Orientales d'une puissance de 9MW (par CNIM près de Llo) et qui bénéficieront d'un tarif de rachat de 349€/MWh.

### **Solaire thermique**

Après des années de croissance fortes entre 1998 et 2006 (+40% par an) puis entre 2007 et 2008 (+20%), le secteur du solaire thermique affiche, depuis 2009 et à l'image de nombreux pays européens, une baisse des puissances installées annuellement. Ainsi, après la stabilisation de la puissance équivalente installée entre 2009 (221,9MWth) et 2010 (221,8MWth), le marché français s'est légèrement contracté (-5%) en 2011 (210,5MWth) (*EurObserv'ER, 2012*).

Parmi ces installations solaires thermiques, 17,4% ont eu lieu dans les départements d'Outre-mer en 2011, ces derniers affichant une augmentation de 21% des surfaces installées par rapport à 2010. Le marché français est également tiré par les installations d'eau chaude solaire collectives qui ont enregistré une augmentation de 30% entre 2011 et 2010, passant de 79 300m<sup>2</sup> à 103 800m<sup>2</sup>. Au final, la France (DOM inclus) dispose, à fin 2011, de 1 659 MWth réparti sur 2 932 451 m<sup>2</sup>.

A noter que les aides du Fonds Chaleur ont joué un rôle primordial dans le développement du solaire thermique ces dernières années.

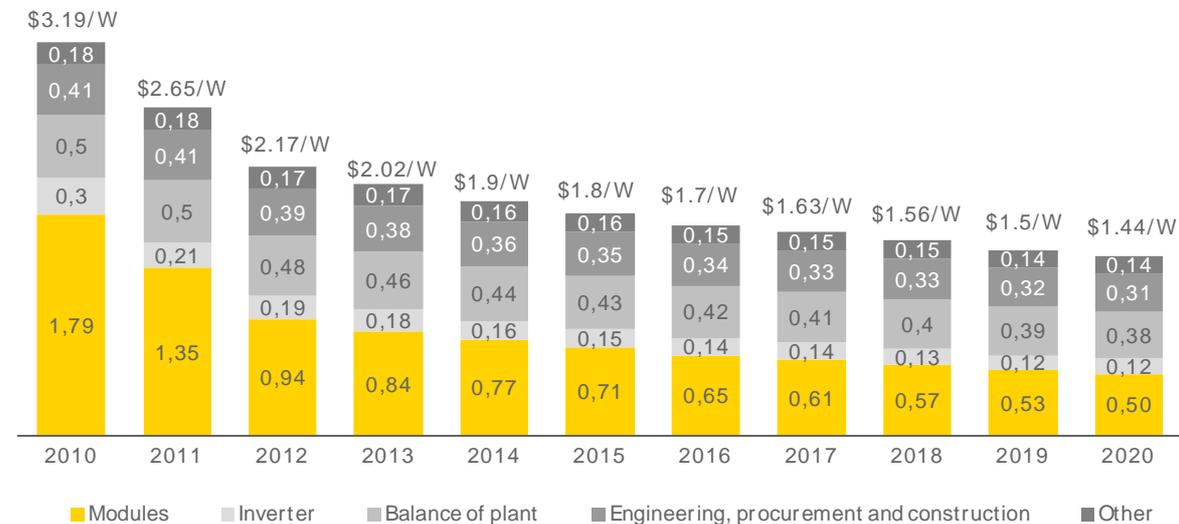
En 2010, la France occupait la deuxième position européenne en tant qu'employeur dans le secteur avec 8 000 emplois (en baisse de 3% vis-à-vis de 2009) pour un volume de 577 millions d'euros (en baisse de 6%) (*EurObserv'ER, 2011*). 65% de ces chiffres étaient réalisés dans la production de capteurs, 25% dans la distribution et l'installation et 10% dans l'exploitation-maintenance (*EurObserv'ER, 2011*).

## **3. Le potentiel de marché**

### *1. Le potentiel de marché à l'International*

L'AIE prévoit dans son rapport « Medium-Term Renewable Energy Market Report 2012 » qu'entre 2011 et 2017, les énergies renouvelables afficheront une production énergétique en hausse de près de 6% par an et qu'à horizon 2017, le solaire représentera près de 5% de la production d'énergie de sources renouvelables, le photovoltaïque en tête (*IEA, 2012a*).

### Baisse des prix attendues à l'avenir: \$1.44 en 2020 (\$/W)



Source: Bloomberg New Energy Finance

Les plans nationaux et internationaux auront également un rôle dans le développement de la filière solaire. C'est par exemple le cas d'initiatives régionales comme le Plan Solaire Méditerranéen, initié en 2008 dans le cadre de l'Union pour la Méditerranée, qui vise à l'installation de 20GW de puissance renouvelable sur le pourtour de la Méditerranée d'ici 2020 dont une importante part devrait provenir de l'énergie solaire (PV, CPV et CSP). Plusieurs pays ont récemment lancé des plans nationaux de construction de centrales solaires, dont l'Afrique du Sud, l'Inde (la Jawaharlal Nehru Solar Mission prévoit 20 GW en 2022) ou l'Arabie Saoudite (41 GW de capacité solaire installée en 2032). Parmi les pays qui sont à proximité de la France, on peut citer les initiatives de l'Algérie, du Maroc et de la Tunisie.

#### Solaire photovoltaïque (PV)

L'AIE prévoit, dans son rapport « Medium-Term Renewable Energy Market Report 2012 », 231 GW de puissance totale installée en 2017 (contre 70 GW aujourd'hui) avec une production d'électricité issue du photovoltaïque qui progresserait de 27% par an (IEA, 2012a). Cette augmentation de la puissance installée devrait se répartir principalement entre la Chine (+32 GW), les États-Unis (+21 GW), de l'Allemagne (+20 GW), le Japon (+20 GW) et l'Italie (+11 GW) (IEA, 2012a).

Le marché devrait continuer à évoluer en fonction de deux tendances :

- ▶ Le déséquilibre persistant entre l'offre et la demande. Ainsi le cabinet d'analystes GTM Research prévoit que la surcapacité de production actuelle va aller en s'accroissant avec une capacité mondiale de production estimée à près de 100 GWc à l'horizon 2016, pour un marché de seulement 55 GWc, laissant présager encore plusieurs années difficiles pour les industriels de la filière (GTM Research, 2012).
- ▶ L'atteinte progressive de la « parité réseau » qui pourrait permettre au secteur de s'émanciper progressivement des systèmes publics de soutien, laissant envisager un large déploiement du marché.

#### Solaire photovoltaïque à concentration (CPV)

Le marché actuel du CPV est aujourd'hui principalement constitué de démonstrateurs et installations de petite taille et affiche un potentiel de progression important. De nombreux projets sont d'ores et déjà en cours de construction et en phase pré-opérationnelle. Ainsi, une forte progression par rapport à 2011 peut être anticipée sous l'effet principal de lancement de centrales de tailles significatives notamment en Australie (154 MW à Mildora, Victoria), en Afrique du Sud

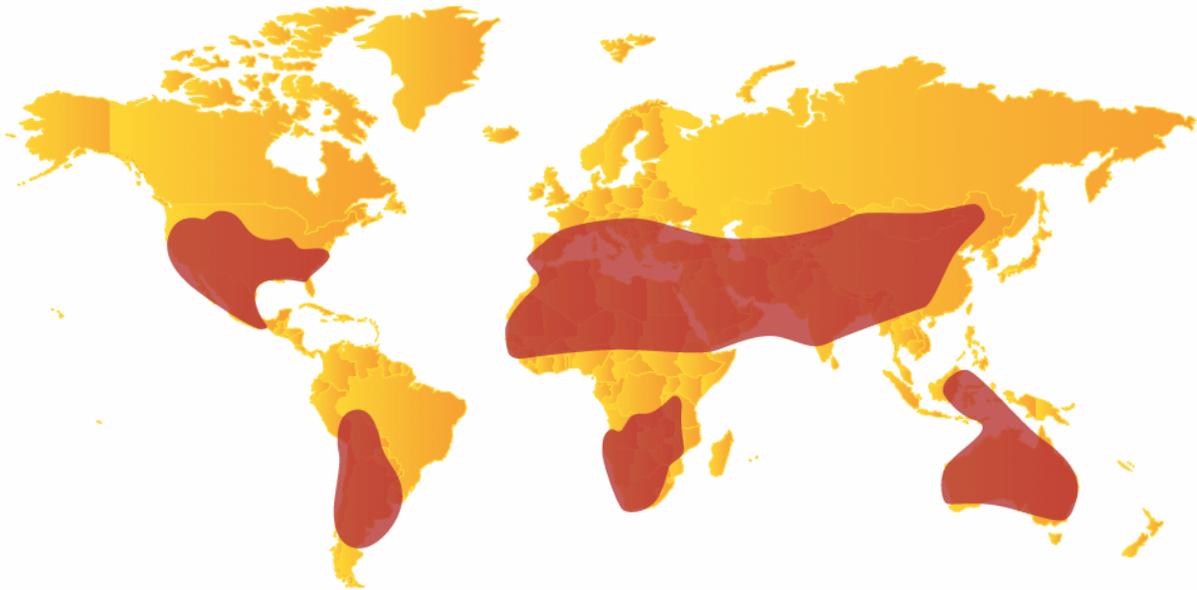
(44 MW à Touwsrivier) et à Taïwan (59 MW à Taichung). Des projets sont également en préparation aux Etats-Unis, à des degrés différents d'avancement.

A terme, le CPV pourra connaître un déploiement important notamment dans les pays arides à fort ensoleillement direct où il affiche des avantages intéressants : une faible consommation en eau (contrairement à certaines technologies CSP) et un bon rendement en dépit de hautes températures (contrairement au PV). Des solutions adaptées au contexte de pays émergents ou en développement (pompage pour l'irrigation par exemple) sont en cours de développement. Le déploiement à grande échelle du CPV dépendra ainsi des retours d'expériences des premiers projets mis en service.

### **Solaire thermodynamique (CSP)**

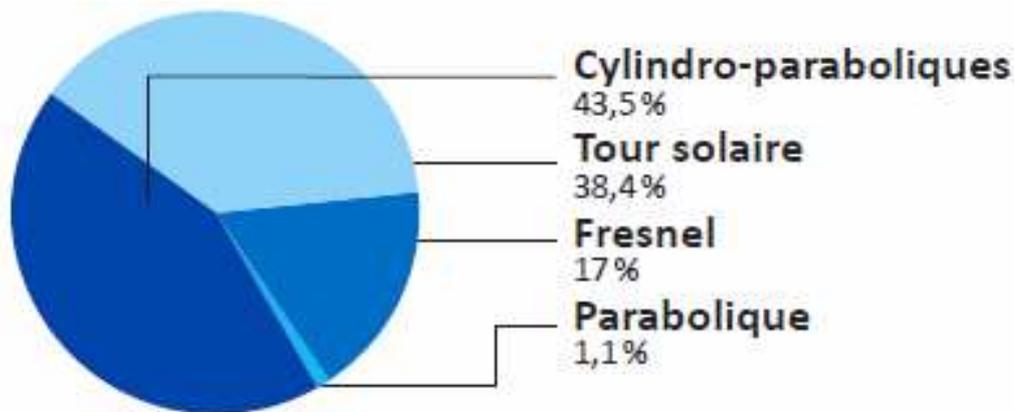
Le marché du CSP est en pleine expansion avec plus de 1 GW en cours de construction au 1<sup>er</sup> janvier 2012 (*EurObserv'ER, 2012*). Toutefois, le CSP fait face dans de nombreux marchés à la concurrence du PV dont les prix de l'électricité produite ont baissé beaucoup plus rapidement que dans le cas du CSP au cours des dernières années. Par ailleurs, le marché espagnol, actuellement leader, traverse de fortes turbulences en raison de l'incertitude sur la pérennité du système de soutien actuel et sur la possible mise en œuvre d'une taxe sur les installations de production d'électricité. Dans ce contexte, l'AIE envisage ainsi une capacité cumulée de 11 GW en 2017 (*IEA, 2012a*).

Les entreprises françaises sont fortement impliquées dans plusieurs projets emblématiques : Areva construit actuellement une centrale de 44MW (en complément d'une centrale thermique conventionnelle) et a été retenue pour la construction de 2 centrales de 125MW chacune en Inde, BrightSource (partenaire d'Alstom) a signé de nombreux contrats en Californie (dont le projet d'Ivanpah d'environ 350 MW, qui est en cours de construction) et la CNIM coordonne le projet eCare qui vise à construire un démonstrateur de 10MW dans un pays d'Afrique du Nord. Le schéma ci-dessous montre l'ensemble des zones favorables à l'installation de centrales CSP dans le monde, illustrant ainsi le potentiel de développement de la filière.



Zones favorables à l'installation de centrales CSP dans le monde (SER, 2012)

Les acteurs français se concentrent davantage sur les technologies Fresnel et tour solaire, que sur la technologie cylindro-parabolique, mieux maîtrisée mais qui est en perte de vitesse. Ces deux technologies sont celles qui affichent les potentiels de développement les plus importants : le schéma ci-dessous montre la répartition par technologie des centrales actuellement en projet.



Répartition par technologie des centrales actuellement en projet (SER, 2012)

### **Solaire thermique**

L'AIE prévoit une progression importante du solaire thermique avec une augmentation de 150% de la puissance installée entre 2010 (196 GWth) et 2017 (500GWth) : les principaux marchés seront la Chine, l'Allemagne, les États-Unis, la Turquie et l'Inde (IEA, 2012a).

#### *2. Le potentiel de marché en France*

La France dispose du cinquième gisement solaire européen avec des régions recevant un ensoleillement de l'ordre de 1 900 kWh/m<sup>2</sup>.

### **Solaire photovoltaïque (PV)**

Les objectifs fixés lors du Grenelle de l'environnement et repris par la PPI visent une augmentation de la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique français à hauteur de 23% **d'ici 2020 avec un objectif de 5 400MW** pour le photovoltaïque. Cependant l'accélération du rythme d'installation a conduit les pouvoirs publics à revoir les conditions du développement de la filière. Au-delà des prochains développements (un prochain appel d'offres de la CRE pour des centrales de taille moyennes et grandes est prévu d'ici fin 2012), l'amélioration de la compétitivité prix de la filière, et de l'atteinte d'une parité avec les prix de l'électricité distribuée (voire avec les coûts de production) devrait à terme accélérer l'émergence et le développement de nouveaux projets.

Au delà de 2020 et dès 2018 pour certains bâtiments, la nouvelle réglementation thermique 2020, prévoyant des bâtiments à énergie positive, devrait généraliser l'usage de systèmes PV sur les nouveaux bâtiments.

### **Solaire photovoltaïque à concentration (CPV)**

Le CPV étant une technologie de concentration des rayons lumineux, il a une efficacité maximale avec un rayonnement solaire direct. Plus cher que le PV à l'heure actuelle, il est d'autant plus rentable que le rayonnement lumineux est fort : le marché français devrait donc, à moyen terme, se limiter au quart sud-est et à certains DROM-COM.

### **Solaire thermodynamique (CSP)**

La France affiche un potentiel de marché limité car, à l'inverse des leaders actuels comme l'Espagne elle ne dispose pas d'un ensoleillement suffisant pour assurer le fonctionnement de telles centrales sur une partie importante de son territoire : seuls les départements méditerranéens et la Corse sont propices à l'installation de cette technologie. Ainsi, le Plan d'action national prévoit **540 MW installés d'ici 2020**. Pourtant, bien que limité, le marché français jouera un rôle primordial dans l'émergence de démonstrateurs et de projets de référence indispensables aux entreprises françaises pour se positionner sur des appels d'offres internationaux.

### **Solaire thermique**

La technologie solaire thermique en France semble en proie à des difficultés liées à des conditions économiques

difficiles et d'un prix du gaz relativement bas : l'investissement des particuliers dans ce type de système s'en trouve réduit face à d'autres moyens de production d'eau chaude ou de chauffage.

Toutefois, l'augmentation quasi-certaine du prix de l'énergie, l'application progressive des nouvelles réglementations thermiques dans les constructions neuves, et les règles sur l'étiquetage énergétique (A, B, etc.) des systèmes de production d'eau chaude devrait donner un second souffle à la filière.

De plus, le gisement solaire français est largement sous-exploité avec 36m<sup>2</sup> de capteurs solaires thermiques pour 1000 habitants fin 2011 contre 567m<sup>2</sup>/1000 habitants en Autriche et 186m<sup>2</sup> / 1000 habitants en Allemagne, pays dont l'ensoleillement est pourtant bien inférieur (*EurObserv'ER*, 2012). EurObserv'ER envisage ainsi une croissance moyenne du marché du solaire thermique de 10% par an en Europe jusqu'en 2020 (*EurObserv'ER*, 2012) : en tant que 6<sup>ème</sup> marché européen pour cette filière, la France devrait connaître une croissance limitée.

## 4 Les enjeux de développement de la filière

### 1. Les déterminants du développement de la filière

La France s'est fixé l'objectif d'augmenter la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique à hauteur de 23% d'ici 2020 avec notamment un objectif de 5 400MW pour le solaire photovoltaïque. Au-delà des objectifs en matière de capacité installée, la filière solaire présente des enjeux importants de création d'emplois et de création de valeur ajoutée industrielle dans des domaines où la France pourrait capter des marchés significatifs à l'international.

#### 1. *Les principaux moteurs de croissance*

Plusieurs moteurs et atouts de la filière solaire peuvent être identifiés :

- ▶ **L'abondance de la ressource** solaire: le rayonnement solaire reçu par la Terre chaque année pourrait suffire à couvrir plusieurs milliers de fois la consommation énergétique mondiale annuelle. La France dispose par ailleurs du 5<sup>ème</sup> gisement d'Europe
- ▶ **Les tensions sur les prix et l'approvisionnement en énergies fossiles** : les incertitudes sont grandes sur l'évolution future des prix des énergies fossiles dont dépendent de nombreuses économies actuellement. Par ailleurs, les gouvernements cherchent à limiter leur dépendance énergétique et à sécuriser leur approvisionnement. La recherche d'une plus grande indépendance énergétique et d'une production énergétique à un prix prévisible pousse donc au développement des énergies renouvelables dont le solaire.
- ▶ **La lutte contre le réchauffement climatique et la protection de l'environnement.** La recherche de sources d'énergie décarbonnées afin de contrer le réchauffement climatique (notamment en Europe où le marché du carbone affecte un prix aux émissions) et la volonté de réduire les pollutions, notamment en matière d'émissions locales, plaide également en la faveur d'un développement du solaire.
- ▶ **La baisse continue des prix des modules** : L'ADEME estime que le prix moyen du module silicium polycristallin a chuté de 2,00€/Wc en 2009 à 0,80€/Wc en 2011, prix qui s'approche en 2012 de 0,60€/Wc.
- ▶ **Des compétences et savoir-faire en France** dans le domaine du solaire en raison d'acquisitions ou de participations (Bright Source, Sun Power, Ausra, Advancis) que de développement technologiques en propre, ainsi qu'une compétence reconnue dans le solaire PV intégré au bâtiment.

#### 2. *Les principaux freins et verrous*

La filière solaire doit encore faire face à de nombreux défis afin de pouvoir assurer son développement à long terme:

- ▶ **Le prix encore élevé de la plupart des technologies solaires** : si le PV s'approche d'une compétitivité prix selon les régions, cette perspective semble plus lointaine pour le CPV et le CSP. Pour le solaire thermique, l'ESTIF (European Solar Thermal Industry Federation) estime que le développement de la filière devra ainsi passer par une réduction des coûts à tous les niveaux de la chaîne de valeur : depuis le choix de matériaux moins onéreux, à la réduction des coûts d'installation encore trop élevés en passant par la conception de systèmes moins sophistiqués (*EurObserv'ER*, 2012).
- ▶ **L'intermittence en matière de production d'énergie** : à l'exception du CSP qui peut être associé à une solution de stockage, les technologies solaires sont confrontées à la gestion de l'intermittence de la ressource

solaire (en raison de passages nuageux, de la nuit, etc.), et à des facteurs de charges faibles (variables selon les conditions d'ensoleillement) par rapport aux alternatives conventionnelles de production d'électricité.

- ▶ **La forte baisse des prix du PV** se traduit par une forte dynamique de cette filière qui a également pour conséquence de réduire l'attrait d'autres filières solaires. En particulier, la concurrence du PV est perçue comme l'un des facteurs ayant ralenti l'émergence du CSP au cours des deux dernières années.
- ▶ **Le découplage récemment observé entre les prix du gaz et ceux du pétrole** pourrait réduire la compétitivité du solaire thermique. Ainsi en Pologne, la vente de capteurs solaires a affiché un fort dynamisme en 2011, en partie suite à la forte augmentation du prix du gaz russe et l'anticipation d'une hausse encore plus importante. Depuis, les récentes découvertes de réserves de gaz de schiste remettent en cause l'attrait du solaire thermique.
- ▶ **Dans le cas du solaire PV** : un cadre réglementaire qui a rapidement évolué ces trois dernières années dans un contexte économique difficile (concurrence internationale, crise économique) freinant le développement de projets. Par ailleurs, le cadre instauré désormais encadre les volumes de nouvelles capacités installées annuellement.
- ▶ **Dans le cas du solaire PV** : Une difficulté à financer les projets de taille significative, compte tenu des évolutions du cadre réglementaires et des contraintes de liquidités des acteurs bancaires.
- ▶ **Dans le cas du solaire PV** : une dépendance à certaines terres rares (ex : Tellure ou Indium) qui soulève la question de la sécurité en approvisionnement et de l'évolution possible de leurs cours
- ▶ **Dans le cas du solaire thermique**, les difficultés du secteur de la construction dues au contexte de crise ont par voie de conséquence réduit le marché de la construction neuve et de la rénovation pour la filière.
- ▶ **Dans les cas du CSP et du CPV**, de nombreuses technologies innovantes émergent mais manquent encore de retours d'expérience opérationnels ou nécessitent des améliorations techniques.

## 2. Evolutions du paysage concurrentiel et enjeux de développement

Sur la filière solaire, la concurrence à l'international se structure de la façon suivante :

**Les leaders technologiques et historiques.** Des pays comme l'**Allemagne** ou les **Etats-Unis** ont investi dans le domaine du solaire depuis plusieurs décennies et ont ainsi développé des filières industrielles fortes sur la quasi-totalité des filières du solaire. Leur industrie peut en effet s'appuyer sur un tissu dense d'acteurs reconnus et positionnés à tous les échelons de la chaîne de valeur. Toutefois, leur position sur le marché a été récemment mise en difficulté par la concurrence asiatique (chinoise pour l'essentiel) dans le domaine du PV et du solaire thermique : ces deux pays ont enregistré de nombreuses faillites en 2011-2012 dans ces domaines. **L'Espagne** fait également figure de leader sur la filière du CSP qu'elle développe depuis le milieu des années 2000. Toutefois, son industrie semble actuellement connaître un ralentissement sur son marché domestique en raison de la baisse des aides publiques. Les acteurs de la filière se positionnent fortement à l'export, notamment les développeurs de projet.

**Les nouveaux leaders du secteur.** Les pays d'Asie, notamment la **Chine** ou **Taïwan**, ont rapidement développé une industrie solaire très compétitive. La faiblesse des coûts de la main d'œuvre ainsi que le financement public que les industriels chinois peuvent utiliser (prêts de la China Development Bank) font partie des éléments qui expliquent l'émergence de ces acteurs en quelques années. La position de la Chine est désormais largement dominante dans la majorité des segments de la chaîne de valeur du photovoltaïque. Toutefois, leur présence sur les segments du CPV et le CSP reste encore limitée à l'heure actuelle. La Chine était auparavant tournée essentiellement vers l'exportation mais dispose d'un marché local qui va aller croissant.

**Les « outsiders ».** Ces pays affichent un fort volontarisme pour se positionner sur la filière solaire, bien que ne disposant pas encore, à l'heure actuelle, d'une industrie leader. C'est notamment le cas du **Japon** qui, par le biais de sa politique de soutien devrait permettre à ses industriels déjà bien positionnés de gagner des parts de marché dans les années à venir. D'autres pays émergents qui développent des programmes nationaux ambitieux pourraient, à moyen terme, développer une industrie nationale compétitive figurent également dans cette catégorie : **Afrique du Sud, Arabie Saoudite, Maroc**, etc. Toutefois, les difficultés liées à la structuration d'une filière industrielle de pointe ne sont pas à négliger.

Les paragraphes ci-après récapitulent, par sous-filière, le positionnement que la France pourrait viser à moyen terme.

Si le marché français du solaire PV a connu un grand dynamisme ces dernières années, la progression des capacités installées n'a pas permis l'émergence d'une filière industrielle robuste. Les entreprises françaises impliquées dans la production d'équipements à grande échelle ont essentiellement acquis (ou pris des participations dans) des entreprises étrangères, à l'image de l'acquisition partielle de SunPower par Total. En s'appuyant sur ses capacités de R&D, la filière française pourrait toutefois renforcer sa présence sur le marché, soit par le développement de produits différenciants, apportant une valeur ajoutée technique (par exemple dans le cas de l'intégré au bâti), soit par un positionnement tourné vers l'ingénierie, le développement et l'exploitation de projets.

La France est actuellement bien positionnée dans le secteur du CPV avec deux entreprises technologiques qui sont très actives à l'international. La filière CPV étant la moins mature des 4 dans le solaire, le leadership des acteurs sur la filière n'est pas encore clairement établi. La France se positionne parmi les acteurs remarquables à l'échelle internationale derrière les Etats-Unis, Allemagne ou l'Espagne. Les résultats de l'appel d'offre de la CRE de juillet 2012 contribueront à renforcer la crédibilité des technologies développées en vue de leur développement à l'exportation.

Dans le cas du CSP, les acteurs français visent essentiellement le marché international des pays à fort ensoleillement. Face à la concurrence d'acteurs provenant d'Allemagne, des Etats-Unis et de l'Espagne (développeurs), les acteurs français ont développé des technologies spécifiques ou ont procédé par acquisitions externes. Les soutiens actuels (fonds démonstrateurs, appel d'offres) vont permettre de tester et de valider certains choix technologiques, à condition que tous les projets parviennent à être financés. Dans ce domaine, la France dispose des retours d'expérience de la plate-forme Themis et peut s'appuyer sur les compétences des entreprises françaises dans le domaine de l'ingénierie et de la gestion d'installations thermiques.

L'enjeu sera aussi de développer des systèmes de stockage adéquats. Cet aspect technologique constitue un fort avantage pour cette filière, incitant les investisseurs à financer son développement. En effet, le CSP affiche une qualité de production électrique proche des centrales fossiles en termes de fiabilité et de continuité, en opposition des problèmes d'intermittence qui affectent en général les énergies renouvelables. De même, la possibilité de projet hybrides combinant solaire et énergies fossiles est un élément susceptible de favoriser le développement de cette sous-filière.

Sur le solaire thermique, avec un marché français encore largement en dessous de son potentiel réel et une industrie nationale exportatrice nette, la France dispose d'atouts pour développer une filière solaire thermique solide. Elle peut avoir l'ambition d'être un leader européen à court terme (3-4 ans) si le marché national se développe à l'image de certains pays voisins.

## 5 Synthèse du positionnement national et des enjeux

Atouts (+)	Faiblesses (-)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une ressource solaire abondante qui fait de la France le 5ème gisement d'Europe</li> <li>▪ L'existence de plusieurs champions français dans les secteurs de l'énergie et de l'ingénierie de projets complexes, ayant opéré des investissements significatifs au cours des dernières années</li> <li>▪ <b>PV</b> : une compétence reconnue dans l'intégré au bâti des entreprises françaises.</li> <li>▪ <b>CPV</b> : des entreprises françaises qui se développent en France et à l'international</li> <li>▪ <b>CSP</b> : La France bénéficie de l'existence de démonstrateurs (Thémis) sur son sol, et d'industriels s'impliquant progressivement dans cette technologie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un cadre réglementaire qui a fortement évolué au cours des dernières années (plus de 4 arrêtés tarifaires en 5 ans)</li> <li>▪ Un encadrement du volume de nouvelles capacités annuelles qui limite la croissance du marché</li> <li>▪ Une filière industrielle qui n'a pas réellement émergé sur le sol national, la plupart des industriels français du secteur s'appuyant sur des sites de productions à l'étranger.</li> <li>▪ <b>CSP</b> : Une ressource solaire nationale limitée pour cette technologie nécessitant un fort ensoleillement.</li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Des perspectives de croissance très fortes pour la filière selon l'AIE d'ici 2017 : +160GW de PV/CPV et +9GW de CSP.</li> <li>▪ Des marchés importants à l'international, sous l'impulsion de nombreuses initiatives politiques en faveur du solaire (Plan Solaire Méditerranéen, Desertec, plans nationaux en Inde, au Maroc, en Arabie Saoudite, etc.).</li> <li>▪ Le savoir-faire en matière de gestion de grands projets à l'export, notamment dans les zones à fort potentiel solaire du Maghreb et de l'Afrique</li> <li>▪ Des efforts de R&amp;D importants, destiné à faire émerger des technologies innovantes</li> <li>▪ <b>PV</b> : une parité réseau proche en Europe et notamment dans le Sud-est français et les DOM-COM.</li> <li>▪ <b>PV</b> : Une 3ème génération de panneaux PV sur laquelle aucun acteur ne dispose encore d'avance significative.</li> <li>▪ <b>Solaire thermique</b> : un gisement national encore largement sous-exploité et un fort potentiel de développement du marché national</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une concurrence internationale intense et des pays déjà en position dominante sur certaines filières : <ul style="list-style-type: none"> <li>- PV et Thermique : Allemagne, Etats-Unis, Chine</li> <li>- CSP : Allemagne, Espagne et Etats-Unis</li> <li>- CPV : Allemagne, Etats-Unis</li> </ul> </li> <li>▪ La crise des liquidités engendre une difficulté accrue à assurer le financement des projets</li> <li>▪ La frilosité des investisseurs à soutenir des projets à l'export dans les pays à forts potentiel solaire mais qui présentent un niveau élevé de « risque pays ». Cette menace est exacerbée pour les projets nécessitant de forts investissements initiaux (dans le CSP notamment)</li> <li>▪ La relative perte de confiance des investisseurs dans la stabilité du marché français</li> <li>▪ <b>PV</b> : le risque de rupture d'approvisionnement pour certaines terres rares utilisées dans les modules (ex : Tellure ou Indium) et l'incertitude sur l'évolution du prix des modules PV</li> </ul>

### **Bibliographie de référence**

- ADEME, 2012 – « Photovoltaic Power Applications in France – National Survey Report 2011 »
- CSP World, 2012 – « CSP Facts & Figures » - <http://www.csp-world.com/resources/4-csp-facts-figures>
- Enerplan, web – [http://enerplan.asso.fr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=15&Itemid=36#aides](http://enerplan.asso.fr/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=36#aides)
- Ernst&Young, 2011 – « Overall design and structuring of a CSP project in Jordan & roadmap for project preparation and implementation »
- EurObserv'ER, 2011 – « Etat des énergies renouvelables en Europe – Edition 2011 »
- EurObserv'ER, 2012 – « Baromètre solaire thermique et héliothermodynamique, mai 2012 »
- EurObserv'ER, 2012a – « Baromètre photovoltaïque, avril 2012 »
- GreenUnivers, 2011 – « Panorama des cleantechs en France en 2011 »
- GreenUnivers, 2012 – « Panorama des cleantechs en France en 2012 »
- GTM Research, 2012 – « PV Technology, Production and Cost: 2012-2016 Outlook »
- IEA (International Energy Agency), 2010 – « World Energy Outlook 2010 »
- IEA (International Energy Agency), 2012 – « PVPS Annual Report 2011 »
- IEA (International Energy Agency), 2012a – « Medium-Term Renewable Energy Market Report 2012 »
- KEE (Koordinierungsstelle Erneuerbare Energien), 2012– « Résumé des principaux changements en matière de soutien à l'électricité solaire »
- PV insider, 2012 – « CPV World Map »
- SER, 2012 - « Fiches solaire thermodynamique intégrale juin 2012 »
- SER, 2012a - « Fiches solaire photovoltaïque intégrale juin 2012 »
- SER, 2012b - « Fiches solaire thermique intégrale juin 2012 »
- Solrico, 2011 – « Solar thermal industry, worldwide 2011 »

# **Filières d'optimisation des consommations de ressources naturelles**

# 7 - BATIMENT A FAIBLE IMPACT ENVIRONNEMENTAL

## 1 Synthèse

### Présentation

#### Définition et périmètre

Le bâtiment à faible impact environnemental désigne la diminution de l'empreinte écologique des bâtiments tout au long du cycle de vie, en phase de construction, d'exploitation et de déconstruction. La filière « Bâtiment à faible impact environnemental » couvre ainsi les activités de construction, rénovation, gestion, exploitation et la maintenance des bâtiments ainsi que des fournisseurs de matériaux et d'équipements.

Le périmètre de cette fiche, ne se restreint pas à l'amélioration de l'efficacité énergétique dans les bâtiments mais considère les impacts environnementaux réduits des bâtiments dans leur ensemble.

### Chiffres clés

**Nombre de salariés** : 1,4<sup>27</sup> millions (MEDAD, 2007)

**Nombre d'entreprises** : environ 308 000<sup>1</sup> (MEDAD, 2007)

**Chiffre d'affaires** : 132<sup>1</sup> milliards d'euros (MEDAD, 2007) **Part dans le PIB national** : 8%

**Part des entreprises de moins de 10 salariés** : 93% (COSEI, 2011)

**Part dans la consommation d'énergie finale totale** : 43 % (Ademe, 2011)

**Part dans les émissions de gaz à effet de serre** : 20%

**Objectif du Grenelle de l'Environnement** : 38% d'économie d'énergie d'ici à 2020

## 2 Présentation de la filière

La filière du bâtiment est structurée autour de trois principales activités.

- ▶ La conception et la réalisation de nouveaux ouvrages (gros oeuvre et second oeuvre),
- ▶ L'exploitation et la maintenance des ouvrages (qui s'ajoutent normalement aux chiffres du BTP),
- ▶ La rénovation des ouvrages et la déconstruction.

Dans ce marché à la fois structuré et en pleine mutation, les fournisseurs redoublent d'effort d'innovation technologique pour accompagner la transformation du secteur. Il existe deux grandes familles de fournisseurs du bâtiment à faible impact environnemental, et plus largement du bâtiment :

- ▶ Fournisseurs de matériaux : Isolants, matériaux issus de la biomasse, ciments.
- ▶ Fournisseurs d'équipements : solutions de chauffages, accumulateurs, gestion technique : Thermostats, détecteurs, stores, GTB.

<sup>27</sup> Les chiffres clés présentés ne prennent pas en compte la maîtrise d'ouvrage, une partie des matériaux et équipements, la gestion et l'exploitation-maintenance des bâtiments.

### 1. Etat des lieux et dynamique récente du marché à l'international

D'après Euler Hermes, le secteur du bâtiment devrait connaître une légère hausse d'activité de 2% au niveau mondial en 2012 malgré une conjoncture économique défavorable. Cette hausse est à imputer en majeure partie aux pays émergents (Chine +8,9%, Inde 6,7%, Brésil 6,6%). L'Asie (+4,7%), l'Amérique Latine (+25,6%) et l'Afrique (+6,7%) tirent donc la croissance du marché mondial du bâtiment.

Par ailleurs, dans l'Union Européenne, la crise a réduit de 17% les activités dans la construction et les infrastructures entre janvier 2008 et avril 2012, et l'éclatement de la bulle immobilière dans certains pays a encore freiné l'activité du secteur, pénalisé par un assèchement des financements. L'amélioration de l'efficacité énergétique progresse lentement, en particulier dans l'ancien. Seuls 20 000 bâtiments ou maisons basse consommation ont été construits dans l'UE, dont 17 000 en Allemagne et en Autriche (*Commission Européenne, 2012*).

Seuls huit États membres ont arrêté la définition d'un bâtiment basse consommation en dehors de la France (Autriche, Danemark, Royaume-Uni, Finlande, Belgique, Allemagne et République Tchèque). Quelques-uns se sont fixés des objectifs nationaux : l'Autriche attribuera, en 2015, des subventions aux seuls logements sociaux à la consommation zéro; au Danemark, d'ici 2020 tous les nouveaux bâtiments devront consommer 75% d'énergie en moins que les bâtiments standards actuels; en Allemagne, en 2020, tous les bâtiments devront fonctionner sans énergie fossile et la Hongrie vise des bâtiments zéro émission en 2020.

### 2. Le potentiel de marché

Impulsée par la législation et la prise de conscience collective, la part du bâtiment à faible impact environnemental devrait logiquement prendre le pas dans le marché du bâtiment. Malgré cette mutation, le chiffre d'affaire de la filière du bâtiment ne devrait pas évoluer significativement en dehors de celui de la réhabilitation thermique. Il devrait néanmoins connaître des transferts internes de savoir-faire et de technologies importants.

Le potentiel de marché du bâtiment à faible impact environnemental dépend des rythmes de rénovation des logements et du tertiaire, et de la construction neuve. Dans la transition du secteur vers le bâtiment à faible impact environnemental, des niches technologiques (gestion technique du bâtiment, TIC, comptage, matériaux biosourcés), et des nouvelles méthodes de conception et de réalisation (construction sèche, industrialisation de la qualité) devraient se développer rapidement.

#### 1. *Le potentiel de marché à l'International*

#### **Un marché tiré par les pays émergents (BRICS)**

Le marché du bâtiment au niveau mondial devrait conserver une croissance modérée dans les cinq prochaines années (2% d'évolution du taux d'activité 2012/2011) compte tenu du contexte économique global. En effet, malgré une augmentation prévue de la population mondiale, donc des besoins en logements, le poids des dettes des Etats et le niveau d'endettement des ménages sont autant de freins à la croissance du marché. Le secteur du bâtiment devrait cependant être tiré par les pays émergents (Brésil, Russie, Inde, Chine) avec un taux de croissance moyen de 6% par an (Euler-Hermes, 2012).

#### **Les exports souffrent du manque de PME intermédiaires**

Le secteur du bâtiment n'est pas **par essence un secteur d'export**. Les grands groupes rayonnant à l'international opèrent en effet directement dans les pays via leurs filiales en employant de la main d'œuvre locale (Lafarge, Saint-Gobain, Dalkia, etc.). Cependant, un potentiel de marché existe pour des PME intermédiaires notamment sur les **équipements de forte valeur ajoutée** (chaufferie, gestion technique, domotique).

Le tissu économique du bâtiment souffre d'un manque de PME intermédiaires capables d'innover et d'exporter à l'international. Pour mémoire, 93% des entreprises ont moins de 10 salariés. Il conviendrait donc de lever les freins au développement de PME prometteuses de la filière pour dynamiser l'export.

## 2. Le potentiel de marché en France

### La rénovation

#### Tertiaire

L'atteinte de l'objectif du Grenelle de -38% en 2020 dépend pour près d'un tiers de la réussite de la rénovation du secteur tertiaire. La loi du 12 juillet 2010, dite « Grenelle 2 » prévoit que des travaux d'amélioration de la performance énergétique du parc tertiaire existant, public et privé, devront être réalisés dans un délai de 8 ans à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2012. Le décret d'obligation de travaux n'a cependant pas été publié à ce jour, compte tenu de la complexité du sujet et du nombre de parties prenantes. Le décret devra trouver la juste combinaison pour :

- ▶ Exploiter tous les gisements d'économies potentielles en imposant des travaux sur les systèmes et l'enveloppe du bâti,
- ▶ Ne pas imposer aux propriétaires des investissements imposant des réallocations de budget servant traditionnellement à d'autres actions,
- ▶ Imposer un rythme de rénovation soutenable pour les maîtres d'œuvre et d'ouvrage.

Le potentiel de marché est important, puisqu'il existe près d'un milliard de m<sup>2</sup> chauffés identifiés dans le secteur tertiaire, principalement composés de commerces, bureaux et enseignement.

branche	surface chauffée	part
commerce	203 626	22,3 %
bureaux	200 989	22,0 %
enseignement	181 822	19,9 %
santé	105 780	11,6 %
sport	67 585	7,4 %
café, hôtel, restaurant	63 470	7,0 %
habitat communautaire	63 952	7,0 %
transport	25 130	2,8 %
total	912 354	100,0 %

Source : Ademe, 2011

Une première approche consiste à évaluer le coût annuel de réhabilitation à partir d'une hypothèse de surface et d'un coût moyen au m<sup>2</sup>. Avec une hypothèse d'un rythme de rénovation de 5% par an (plus de 45 millions de m<sup>2</sup>) et un coût moyen de 140 euros hors taxe par m<sup>2</sup> SHON (moyenne des premières réhabilitations thermiques significatives de bâtiments tertiaires d'après le Plan Bâtiment Grenelle), l'investissement global nécessaire peut être évalué à plus de 6,3 milliards d'euros par an, mobilisant quelques 90 000 emplois (EY, 2012).

#### Logements

L'objectif du Grenelle est de rénover 400 000 logements par an à compter de 2013 et 800 000 logements sociaux les plus énergivores d'ici 2020. D'après l'observatoire OPEN de l'ADEME, le coût de rénovation d'un logement de type BBC est en moyenne de 25 000 euros hors taxe. Pour atteindre les objectifs du Grenelle, le montant total des travaux devrait s'élever à environ 10 milliards d'euros par an, mobilisant directement ou indirectement 150 000 emplois.

Sur les 33 millions de logements, environ 8,5 millions sont en copropriété : les nouveaux dispositifs réglementaires et d'accès au financement à taux zéro devraient libérer le marché de la rénovation en habitat collectif. Le premier CPE à d'ailleurs été signé début 2012 en copropriété privée (60 logements) à Neuilly-sur-Marne (93). Il devrait permettre aux habitants d'économiser jusqu'à 40% d'énergie (Le Moniteur, 2012). Malgré un cadre juridique assoupli et une offre établie, la décision de travaux reste suspendue à l'unique volonté des copropriétaires, ce qui pourrait freiner fortement la

rénovation.

### **La construction neuve**

La construction neuve va être impactée favorablement par la Réglementation Thermique 2012 (RT2012), qui a pour objectif, tout comme les précédentes réglementations thermiques, de limiter les consommations énergétiques des bâtiments neufs, qu'ils soient pour de **l'habitation (résidentiel) ou pour tout autre usage (tertiaire)**. Au-delà de la législation, la rentabilité du coût global devrait accélérer progressivement le marché de la construction neuve.

### Tertiaire

L'obsolescence du parc tertiaire existant devrait être l'un des moteurs de la construction neuve. Sa rapidité de renouvellement sera directement liée aux prix de l'énergie, la valeur verte, et indirectement liée au décret de rénovation du parc tertiaire. Selon les modélisations économiques, les maitrises d'ouvrage pourraient privilégier la déconstruction-reconstruction à la rénovation.

### Logements

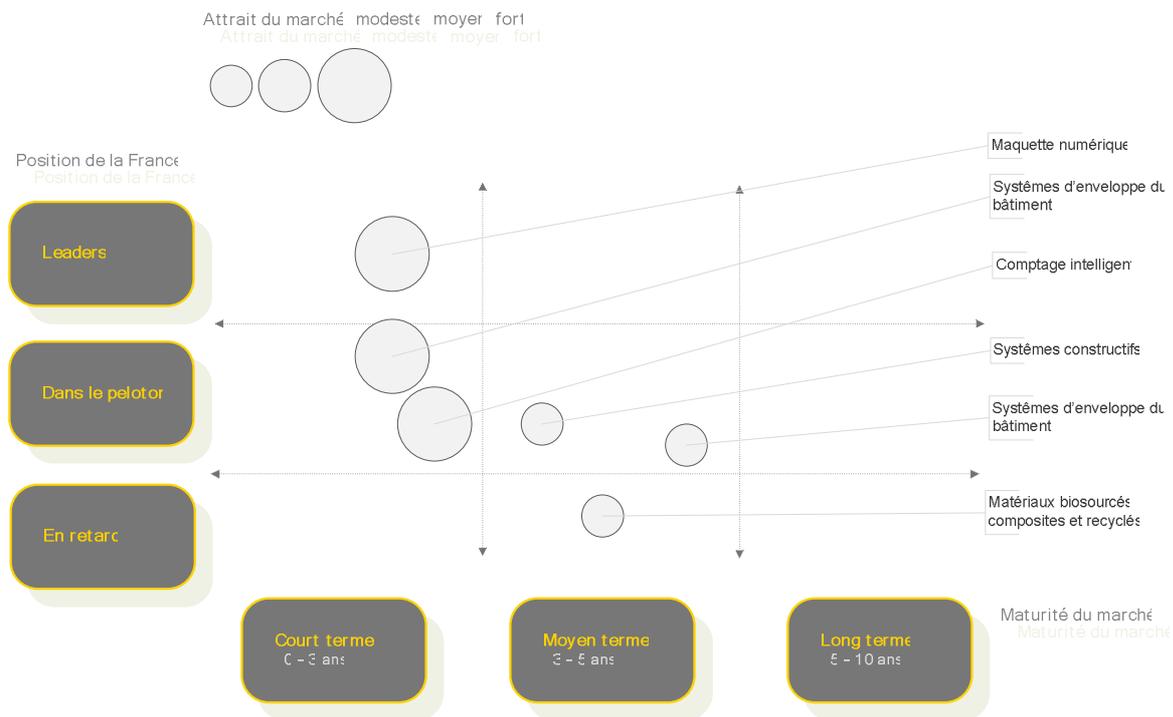
La construction neuve à basse consommation se heurte principalement à la diminution de la solvabilité des ménages, en particulier pour les primo accédants. La construction neuve devrait profiter favorablement de la prise de conscience progressive des acheteurs. Dans les **zones non tendues**, la faible valeur verte des logements existants renseignée (étiquette énergie) jouera progressivement un rôle décisif dans le choix de faire construire un logement BBC ou Bepos, plutôt que d'acheter un logement moins vertueux.

En revanche, l'impact de la valeur verte des logements neufs devrait rester limité en **zone tendue**, où un simple remplacement de l'offre existante devrait être constaté.

### **Matériaux et équipements**

Les technologies clés identifiées dans le secteur du bâtiment (rapport « Technologies clés 2015 » du Ministère de l'Economie) concernent principalement des technologies liées aux matériaux et aux équipements : systèmes d'enveloppe du bâtiment, systèmes constructifs (Bâtiment préconstruit en bois), matériaux biosourcés, composites et recyclés (chanvre, lin, bois, ouat de cellulose, etc), maquettes numériques (outils permettant d'atteindre une qualité de travaux supérieurs), outils de comptage intelligent (mise en réseau du comptage de l'énergie) ou technologies d'intégration et de mutualisation des énergies renouvelables dans le bâtiment.

Ces technologies ont des horizons de développement assez courts et devraient être matures et opérationnelles avant 2015. La France est plutôt bien placée face à la concurrence internationale notamment sur les aspects de maquette numérique, les systèmes d'enveloppe et de comptage intelligent. Les autres technologies constituent à l'heure actuelle des marchés de niche selon le Ministère de l'Industrie.



Source : *Ministre de l'Industrie, de l'Énergie et de l'Économie numérique*, 2012

Par ailleurs, ces dernières années auront été marquées par le dynamisme de la construction bois. Le marché français de la construction bois est estimé entre 1,5 et 1,9 milliard d'euros pour l'année 2009. Répondant aux défis du bâtiment à faible impact environnemental, les entreprises du secteur cherchent à se démarquer en proposant des systèmes constructifs préfabriqués, industrialisés et innovants. Cette technique de construction sèche in-situ permet d'atteindre des niveaux de qualité d'assemblage bien plus élevés qu'en chantier, et devrait se développer dans les années à venir. D'après les prévisions de Xerfi, les maisons en ossature bois représenteront entre 13% et 15% des logements individuels construits en France d'ici 2015.

Les mises en construction de maisons en ossature bois représentent désormais plus de 10% des logements individuels pour 378 600 mises en chantier en France en 2011 (Xerfi, 2012). **Avec une multiplication par quatre des mises en chantiers de maisons en ossature bois depuis 2001**, ce marché est donc un marché porteur et attractif pour le secteur du bâtiment en France.

## 4 Les enjeux de développement de la filière

### 1. Les déterminants du développement de la filière

#### 1. *Les principaux moteurs de croissance*

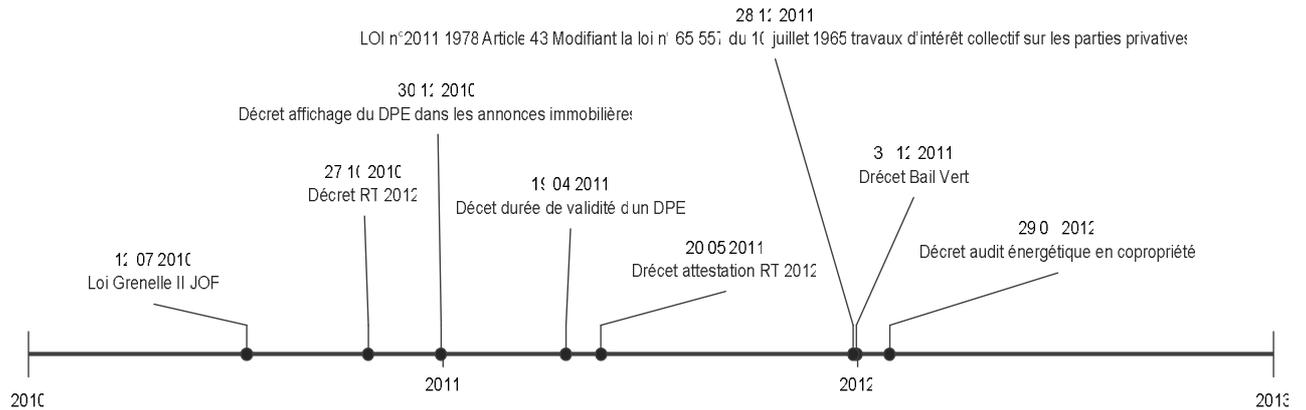
#### **Une prise de conscience collective et un renchérissement du coût des énergies qui soutiennent le marché**

Que ce soit dans le logement ou dans le tertiaire, une tendance s'est installée ces trois dernières années : les français, les bailleurs, les constructeurs, et les foncières ont pris conscience de la nécessité d'agir en faveur de la réduction des consommations d'énergie. Le poids de la facture d'énergie, la protection contre l'inflation du prix des énergies, ou encore la recherche de valorisation d'un bien, sont autant de moteurs qui incitent au passage à l'action. Lors de l'achat ou de la location d'un logement, plus de la moitié des français jugent désormais l'étiquette énergie comme étant un critère « assez important », et un tiers d'entre eux la juge « très important »

(ADEME,2011).

### Une feuille de route inscrite dans la loi

Depuis la promulgation de la loi Grenelle 2, le 12 juillet 2010, une dizaine de décrets ont profondément transformé le paysage de la filière. Les constructeurs ont anticipé la nouvelle réglementation thermique 2012 et la plupart des acteurs intègre désormais les risques d'obsolescence énergétique des actifs immobiliers. Notons également les efforts qui ont été menés pour lever les freins aux investissements dans les copropriétés, pour permettre d'intervenir sur les parties privatives dès que l'intérêt collectif est prouvé.



Publication des décrets impactant la filière (Ernst & Young, 2012)

### Des projets qui se concrétisent et soutiennent l'émulation des acteurs

Le secteur peut se targuer de succès emblématiques qui catalysent la filière et soutiennent une demande croissante de la maîtrise d'ouvrage. Ainsi, le plus grand chantier de rénovation tertiaire a été livré en 2011 à la Défense. La Tour First, plus de 87 000 m<sup>2</sup>, a obtenu la mention « très performant » pour 6 des cibles de la grille de notation HQE® :

la relation du bâtiment avec son environnement immédiat, le chantier à faible impact environnemental, la gestion de l'énergie (combinaison de systèmes qui permet de limiter la consommation en énergie finale à 80 kWh/m<sup>2</sup>/an, soit 5 fois moins que l'ancienne Tour AXA),

la maintenance et la pérennité des performances environnementales, le confort hygrothermique, le confort visuel.

Ce chantier préfigure du futur de la rénovation du parc tertiaire de grande taille. Néanmoins, l'investissement reste très lourd : plus de 3 500 euros HT/m<sup>2</sup>.

Sur le volet de la construction, des démonstrateurs de maisons à énergie positive sont déjà opérationnels. Environ 120 projets réalisés ou en cours de livraison sont déjà identifiés sur le territoire national (Source : Plan Bâtiment Grenelle). L'un des plus connus est la maison Multi Confort de Saint-Gobain.



Maison Multi confort de Saint-Gobain



Chantier de réhabilitation de la Tour First

## 2. Les principaux freins et verrous

### Freins et verrous de la demande

#### Conjoncture et financement difficiles

Le secteur du bâtiment n'est pas épargné par la crise économique. Néanmoins, le nombre de défaillances d'entreprises du secteur de la construction diminue depuis le sommet enregistré en mars 2010 (*Banque de France, 2012*).

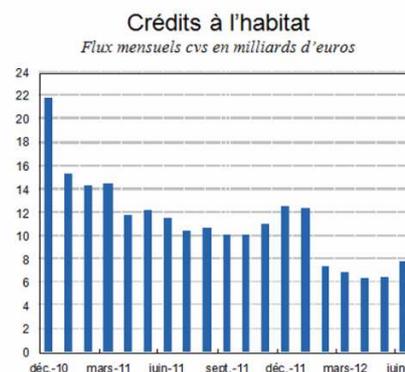
Plus récemment, les problématiques du financement des opérations pour les particuliers et les entreprises est un véritable enjeu. La dernière enquête d'août 2012 de la Banque de France auprès des établissements financiers indique en effet une tendance au durcissement des conditions de financement observées depuis plusieurs mois.

#### Critères d'octroi de crédits à l'habitat

(en pourcentage pondéré des réponses)

	enquête trimestrielle		prévisions	enquête mensuelle			
	T4 2011	T1 2012	T3 2012	avr.-12	mai-12	juin-12	juil.-12
Les critères d'attribution							
- se sont sensiblement durcis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- se sont quelque peu durcis	17,5	0,3	0,0	13,2	13,2	13,2	0,0
- n'ont pratiquement pas changé	82,5	99,7	100,0	86,8	86,8	77,2	100,0
- se sont quelque peu assouplis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0
- se sont sensiblement assouplis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Solde des réponses	17,5	0,3	0,0	13,2	13,2	3,6	0,0

Un solde positif indique un durcissement des critères d'octroi des crédits par les banques.



*Durcissement des conditions d'octroi, et baisse des volumes de crédit à l'habitat (Banque de France, 2012)*

De plus, les contraintes budgétaires réduisent les possibilités de financements publics. Le rabotage récent des aides publiques telles que le PTZ dans l'ancien et le Sellier ont des impacts directs sur l'activité de la filière.

#### La réhabilitation, un sujet complexe pour les particuliers

La problématique de la réhabilitation suppose une approche transversale et un croisement des disciplines et des pratiques, associant savoir-faire théorique, financier, et parfois juridique. Ceci peut être un frein à la prescription des travaux et au suivi de la qualité du chantier. A ce titre, le rapport du Programme National de Recherche et d'Expérimentation dans les BÂTiments (PREBAT) de 2011 sur la rénovation en copropriété, illustre les freins de l'amélioration sur le volet énergétique :

- ▶ « une carence d'information des particuliers et des professionnels de la copropriété ; »
- ▶ « un manque d'efficacité des actions engagées par les pouvoirs publics et les collectivités locales ; »
- ▶ « la prédominance de visions négatives de la question et une approche trop souvent descendante des solutions à mettre en oeuvre ; »
- ▶ « une difficulté de prise de décision en raison des divergences d'intérêts des copropriétaires ; »
- ▶ « une absence presque totale d'opérations de référence à haut niveau de performance énergétique. » (*PREBAT, 2011*)

### Freins et verrous de l'offre

#### Une filière à deux vitesses

Pour réaliser une construction ou une rénovation de qualité, le maître d'œuvre doit associer l'ensemble des corps de métiers et les faire travailler ensemble et non plus successivement. La conception globale du bâtiment à faible impact environnemental, du berceau à la tombe, n'est pour l'instant accessible qu'aux plus grandes entreprises du secteur, qui possèdent les ressources et les moyens suffisants pour adapter leur stratégie aux enjeux. En revanche, les PME, les TPE et les artisans souffrent de leur taille modeste pour bâtir une approche collective et globale de l'ouvrage.

### La difficile équation de la formation

La filière très atomisée ne facilite pas la diffusion des savoirs et des bonnes pratiques. Les artisans et les ouvriers du bâtiment représentent plus de 90% des emplois. Pour les structures très petites, il est souvent difficile de libérer les artisans et ouvriers pour suivre des formations. Le programme de formation FEEBAT lancé en décembre 2007 avec un objectif affiché de former plus de 50 000 personnes d'ici à fin 2009, peine à atteindre ses objectifs. Malgré des formations qui répondent à l'attente de 93% des participants, le nombre de participant reste très en deçà des objectifs initiaux du programme. En juillet 2012, 48 000 participants avaient suivi les programmes de formation.

Pourtant, le succès de la transformation de la filière vers le bâtiment à faible impact environnemental passera nécessairement par une main d'œuvre plus qualifiée, par une connaissance des technologies clés et des solutions d'amélioration énergétique performantes, une maîtrise de l'approche globale des bâtiments et surtout sur la capacité à vendre la réhabilitation thermique et environnementale des bâtiments.

Les constructeurs de maisons individuelles, qui représentent environ 50% des logements livrés en 2011, sont particulièrement vulnérables à l'entrée en vigueur de la RT2012 au 1<sup>er</sup> janvier 2013 et nécessiteront un accompagnement prioritaire sur les sujets de formation.

### Des procédures historiques qui peuvent freiner le développement d'écoproduits

L'émergence de nouveaux produits, et notamment de matériaux issus de la biomasse, **peut être freinée par un cadre de reconnaissance rigide et coûteux**. Deux exemples :

- ▶ La réalisation des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES)
- ▶ Les Avis Techniques rendus par le CSTB sur lesquels s'appuient les assureurs avant de s'engager sur un projet.

Ces démarches administratives peuvent être complexes et coûteuses et peser lourdement sur les PME et TPE du secteur. L'avis technique est en effet fortement valorisé auprès des assureurs, ce qui rend son obtention quasi obligatoire pour commercialiser un nouveau produit.

### Timidité des entreprises françaises dans les appels à projets

Des appels à projets émis par les organismes publics français de soutien de la recherche (ADEME, OSEO, ANR, FUI) et européens (7<sup>ème</sup> programme cadre de la Commission Européenne) sont régulièrement publiés sur la thématique de l'efficacité énergétique des bâtiments, mais aussi sur le développement technologique de filières industrielles (le photovoltaïque par exemple).

Selon le rapport final du Comité Stratégique des Eco-industries (COSEI) de 2011, les entreprises françaises sont peu présentes sur des projets transnationaux soutenus par la Commission Européenne par opposition à l'Allemagne, l'Espagne ou l'Italie. Ainsi sur 2010, la France n'a obtenu dans le programme Energy efficiency in Buildings (EeB) que 3,6% des aides contre 19% pour l'Allemagne et 12% pour l'Espagne et l'Italie.

## **2. Evolutions du paysage concurrentiel et enjeux de développement**

Le paysage de la filière du bâtiment devrait connaître dans les prochaines années une mutation importante des pratiques professionnelles. Les enjeux de développement sont principalement tournés vers le marché intérieur, mais la France ne doit pas négliger pour autant l'export de matériaux et d'équipements à forte valeur ajoutée. La **réhabilitation thermique des logements et du tertiaire** est l'un des principaux relais de croissance de la filière, qui aura pour double avantage de créer des emplois sur le territoire national, tout en réduisant progressivement **le déficit commercial lié à l'énergie**. Ces efforts devront être couplés à la maîtrise des consommations d'électricité spécifiques des ménages.

De façon plus générale, les principaux enjeux pour la filière du bâtiment à faible impact environnemental sont :

### Du côté de la demande,

- ▶ Le principal enjeu législatif à court terme réside dans la publication du décret de rénovation du parc tertiaire. Il aura pour effet de lancer la rénovation massive du parc, **nécessaire pour atteindre les objectifs du Grenelle**. Le potentiel de marché est estimé par Ernst & Young entre **6 et 7 milliards d'euros par an** selon les objectifs définitifs qui seront arrêtés par décret.
- ▶ La capacité d'investissement des ménages, des entreprises, et des collectivités pour la rénovation du bâti reste incertaine. En ce sens, le Plan Bâtiment Grenelle vient de lancer un nouveau groupe de travail sur le thème des "financements innovants de l'efficacité énergétique". L'objectif de ce groupe est "de favoriser l'émergence" d'outils

innovants de financement des travaux de performance énergétique. **L'équation du financement de la rénovation doit être résolue dans un contexte particulièrement difficile.**

- ▶ L'optimisation de la fiscalité verte permettra de poursuivre les résultats encourageants de la rénovation des logements. En l'espèce, la restriction de ces aides aux travaux réalisés par les artisans et ouvriers ayant reçu des formations spécifiques est un objectif ambitieux, mais qui permettra d'améliorer l'efficacité du dispositif.

#### Du côté de l'offre,

- ▶ Les premiers retours sur **la qualité des ouvrages BBC, et la professionnalisation** progressive de la filière, devraient permettre une amélioration rapide de l'offre. La centaine de démonstrateurs Bepos présents sur le territoire national montre qu'il est techniquement possible de réaliser ce type de travaux. **La formation** des artisans et des ouvriers du bâtiment est un enjeu central pour le développement de la filière. Néanmoins, les constructeurs individuels restent très vulnérables à l'exigence de qualité de la RT2012 alors qu'ils représentent plus de la moitié des logements livrés en 2011.
- ▶ L'accompagnement sur **la mesure et sur la garantie de performance environnementale** des ouvrages doit concerner tous les acteurs de la filière. Le rapport d'évaluation de la ZAC de Bonne à Grenoble conclut : « *Au titre des principales leçons, on retiendra d'abord que la notion de prévision d'une consommation est un concept certes séduisant, mais tout à fait illusoire et irréaliste. Le travail de mesure a montré à quel point la consommation finale de chauffage, par exemple, dépendait de paramètres qui ne pourront jamais être maîtrisés par les concepteurs* ». Le coût du contrôle de la qualité par une tierce personne paraît soutenable en logement collectif et en tertiaire, mais reste difficile à mettre en œuvre dans le logement individuel.

La mutation de la filière devrait faire apparaître de **nouvelles techniques de construction et technologies**, propices à l'export notamment. La filière est majoritairement composée de petites structures (plus de 90% des entreprises ont moins de 10 salariés), et est dominée par quelques groupes internationaux. Ce rapport de force déséquilibré laisse peu de chance au développement de PME intermédiaires. La France devra être capable de fournir le support suffisant pour protéger et renforcer les capitaux de ces entreprises, et de les accompagner dans les démarches administratives conduisant au développement de nouveaux produits de la construction (FDES, Avis technique).

## 5 Synthèse du positionnement national et des enjeux

Atouts	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une prise de conscience généralisée des enjeux de la mutation de la filière vers le bâtiment à faible impact environnemental</li> <li>▪ Une mobilisation forte des grands groupes du secteur qui affichent leur stratégie et leurs ambitions</li> <li>▪ De grands groupes français, présents sur toute la chaîne de valeur et à l'international et qui axent leur stratégie sur le bâtiment à faible impact environnemental</li> <li>▪ Un tissu dense d'entreprises réparties et ancrées sur l'ensemble du territoire</li> <li>▪ Une anticipation de la législation par les principaux acteurs pour la construction de logements neufs (BBC)</li> <li>▪ Des acteurs impliqués sur la recherche et développement (Pôles, Clusters, Plates-formes... ; Des dispositifs de soutien multiples qui permettent de soutenir le marché du bâtiment durable et d'accompagner la mutation des pratiques (Crédit d'impôts, TVA réduite, CPE, CEE, Eco-PTZ...)</li> <li>▪ Un pilotage de la filière logement facilité par la disponibilité de statistiques et d'observatoires efficaces</li> <li>▪ Une bonne représentation de la France aux comités normatifs internationaux</li> <li>▪ Une animation spécifique et originale de la filière dédiée aux objectifs d'efficacité énergétique (associations ou organisations d'Etat)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un marché principalement orienté vers le territoire national</li> <li>▪ Une atomisation forte de la filière (90% de la filière est composée de PME et TPE de moins de 10 salariés) qui ne facilite pas la diffusion des connaissances et bonnes pratiques</li> <li>▪ Des chantiers de construction ou de rénovation qui mobilisent de nombreux corps de métiers qui n'ont historiquement pas une vision d'ensemble du chantier et interviennent de façon séquentielle sur les ouvrages</li> <li>▪ Une vision intégrée du bâtiment plutôt réservée aux grandes entreprises</li> <li>▪ Le décret sur la rénovation tertiaire en attente</li> <li>▪ Des difficultés rencontrées par les petites entreprises pour répondre aux nouvelles demandes telles que les CPE (complexité des outils)</li> <li>▪ Des difficultés à former les artisans et les ouvriers de TPE et de PME qui constituent la majeure partie du tissu</li> <li>▪ Des dispositifs de formation (FEEBAT) qui malgré de bons résultats sur la satisfaction, n'atteignent pas leurs objectifs en terme de nombre de formations dispensées.</li> <li>▪ Des opérations de rénovation qui restent encore théoriques sur leurs résultats sans mesure réelle de la performance à la fin du chantier</li> <li>▪ Des matériaux innovants qui peinent à se développer sur le marché compte tenu des procédures mises en place par la filière (FDES, avis techniques du CSTB) et des enjeux juridiques et d'assurance associés</li> <li>▪</li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une opportunité pour la France de faire de son territoire une vitrine remarquable du bâtiment à faible impact environnemental</li> <li>▪ Des opportunités de maintien d'emplois locaux importantes sur l'ensemble de la filière</li> <li>▪ Des opportunités de développement du marché sur des niches en croissance (gestion intelligente du bâtiment, construction bois...) notamment à l'international</li> <li>▪ Un retour d'expérience en construction BBC qui permet de viser une meilleure qualité des ouvrages</li> <li>▪ Une valorisation accrue des bâtiments à faible impact environnemental sur le marché</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un financement des opérations de rénovation, en particulier du tertiaire et du logement, qui reste problématique dans un contexte de crise économique et de tensions sur les crédits</li> <li>▪ Des investissements lourds de rénovation dont le retour sur investissement (via les économies d'énergie) peut paraître trop long et freiner certains acteurs</li> <li>▪ Une politique de soutien à la filière (dispositifs fiscaux, subventions...) qui évolue et ne rassure pas les acteurs</li> <li>▪ Un secteur d'activité atomisé (multitude de PME) et dont les pratiques et savoir-faire n'évoluent que très progressivement (évolution des comportements, pratiques...)</li> <li>▪ Une mesure des résultats des travaux qui nécessite une main d'œuvre et génère des coûts supplémentaires difficilement supportables en logement individuel</li> <li>▪ Une absence d'obligation de rénovation dans le logement qui peut prévenir le développement du marché face à un coût des opérations important</li> </ul>

## 6 Principales sources bibliographiques

### **Bibliographie de référence**

- Ademe, 2010, « Feuille de route sur les bâtiments et îlots à énergie positive et à bilan carbone minimum ».
- Ademe, TNS Sofres, 2011, « Les ménages français face à l'efficacité énergétique de leurs logements en 2010 ».
- Ademe, 2011, Rapport final « les chiffres clés du bâtiment ».
- Ademe, septembre 2011, Rapport final « Analyse préliminaire de la valeur verte pour les logements ».
- Ademe, résultat 2010, « Observatoire Permanent de l'amélioration Energétique du logement », campagne 2011.
- Banque de France, 2012, Bulletin de la Banque de France • N° 188 • 2e trimestre 2012
- CAPEB, janvier 2011, « les chiffres clés 2011 ».
- CERC, juin 2011, Synthèse nationale « Eléments de comparaisons territoriales liés à la mise en place du Grenelle dans le secteur du Bâtiment ».
- CGDD, Références, janvier 2012, « Comptes du logement Premiers résultats 2011, Le compte 2010 ».
- CIRED, CGDD n°58, novembre 2011, « Evaluation des mesures du Grenelle de l'Environnement sur le parc de logements ».
- Club de l'Amélioration de l'Habitat, juillet 2012, « le point sur LE MARCHÉ DE L'AMÉLIORATION ÉNERGÉTIQUE DES LOGEMENTS 2010/2012 ».
- Collectif Effinergie, juin 2012, « Tableau de bord de la labellisation BBC-Effinergie ».
- Commission Européenne, 2012,  
[http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/construction/competitiveness/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/construction/competitiveness/index_en.htm)
- COSEI, juillet 2011, Rapport final « Soutenir la compétitivité de la filière française du bâtiment à faible impact environnemental ».
- CSTB, 2012, « Feuilles de route pour l'horizon 2020 ».
- Euler Hermes, 2010, Etude « BTP : après 10 ans de divergences, France et Allemagne réunies dans la crise ».
- Euler Hermes, 2012, Etude « Quelles fondations pour le secteur de la construction ? ».
- FEEBAT, 2008,  
[http://batiment.feebat.org/Uploaded/Communique/CP\\_Lancement\\_des\\_formation\\_FEEBAT\\_11\\_Mars\\_08.pdf](http://batiment.feebat.org/Uploaded/Communique/CP_Lancement_des_formation_FEEBAT_11_Mars_08.pdf)
- Green Univers, janvier 2011, « Panorama des cleantech en France en 2011, des ambitions à confirmer ».
- INSEE, 2009, Les fournisseurs de la construction en chiffres.
- Ministère de l'Industrie, de l'Énergie et de l'Économie numérique, 2010, « Technologies clés 2015 ».
- Mission Economique de France à Londres-UBIFRANCE, 2011, « L'éco-construction au Royaume-Uni ».
- OSEO, 2011, « L'innovation dans les entreprises en 2010, Bâtiment et travaux publics ».
- MEDAD, 2007, « Grands agrégats économiques de la construction ».
- Plan Bâtiment Grenelle, 20 décembre 2009, Rapport du comité de la filière « METIERS DU BATIMENT ».
- Plan Bâtiment Grenelle, avril 2012, « Charte d'engagements, Réseau des plates-formes Batiment-Energie Grenelle ».
- PREBAT, 2011, [http://www.prebat.net/IMG/pdf/bilan\\_puca\\_anah\\_jul2011-2.pdf](http://www.prebat.net/IMG/pdf/bilan_puca_anah_jul2011-2.pdf)
- Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 « Retours d'expériences dans les bâtiments à

basse consommation & risques de non-qualité », 2011

- UK Department of Energy and Climate Change, 2012, "Tackling Climate Change, Green Deal" Xerfi, février 2012, Note de conjoncture du BTP.

## 8 - CHIMIE VERTE

### 1 Synthèse

#### Présentation

La chimie verte a pour but de concevoir des produits et des procédés chimiques permettant de réduire ou d'éliminer l'utilisation et la synthèse de substances dangereuses et néfastes pour l'environnement ou l'utilisation de ressources rares. Elle vise au développement d'une chimie plus respectueuse de l'environnement et de la santé des personnes, des riverains et des consommateurs.

La chimie du végétal découle de l'application du principe d'utilisation de matières premières renouvelables. C'est une filière qui inclut l'ensemble des acteurs intervenant dans l'élaboration de produits biosourcés : produit non alimentaire, partiellement ou totalement issu de la biomasse.

#### Chiffres clés

**Marché de la chimie en France** : 86,7 milliards d'euros en 2011 (UIR, 2011)

**Emplois dans le secteur de la chimie en France** : 156 000 en 2011 (UIR, 2011)

**Emplois directs dans la chimie du végétal en France** : 23 410 en 2011 (ADEME, 2012)

**Engagement d'ici à 2017 de l'industrie chimique française** : utiliser 15% de matières premières d'origine végétale

### 2 Présentation de la filière

L'ensemble des secteurs de la chimie – chimie de base, chimie fine, chimie de spécialité et pharmacie – sont concernés par les développements de la chimie verte.

Les activités de la chimie verte peuvent être organisées selon trois axes (PIPAME, 2010):

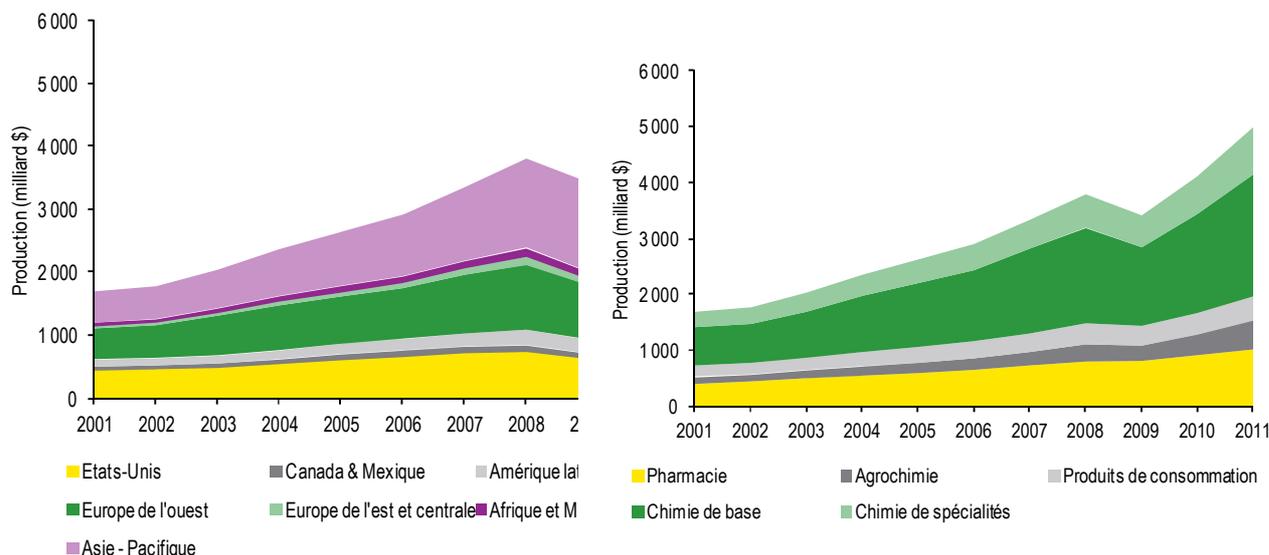
- ▶ **Les activités visant à améliorer la durabilité intrinsèque de l'industrie chimique en agissant sur les procédés.** Cet axe intègre la catalyse, classique ou enzymatique, les biotechnologies blanches, les techniques de contrôle, ou encore la microfluidique.
- ▶ **Les activités visant à mieux gérer les ressources pour faire face à leur raréfaction.** Cet axe intègre les développements de la chimie du végétal, le développement du recyclage, ou encore les mutations du secteur vers l'économie de la fonctionnalité.
- ▶ **Les activités de la chimie visant à contribuer à la durabilité des activités industrielles aval,** telles que la production de matériaux plus légers, de solutions de stockage de l'énergie, etc., **voire à réparer des dommages au travers de méthodes de chimie curative.**

La fiche met l'accent sur le développement de la **chimie du végétal** et sur les thématiques qui lui sont propres : gestion des bioressources d'une part, mise au point de procédés de transformation de la biomasse d'autre part, en particulier dans le domaine des biotechnologies blanches. La chimie du végétal peut viser à reproduire des molécules d'origine pétrochimique, ou reproduire des fonctions des molécules pétrochimiques par des molécules biosourcées originales, ou encore élaborer des molécules offrant de nouvelles fonctionnalités, propres aux matières premières végétales. Les procédés de transformation des bioressources peuvent être intégrés au sein de **bioraffineries**, ensembles industriels qui valorisent l'ensemble d'une matière première végétale (plante entière) pour répondre à des besoins industriels variés. La bioraffinerie entre en concurrence avec la raffinerie pétrolière quand elle est capable de proposer au marché des molécules analogues dans leurs propriétés et dans leurs applications.

### 3 Présentation du marché et de ses perspectives de développement

#### 1. Etat des lieux et dynamique récente du marché à l'international

##### 1. Secteur de la chimie et chimie verte



En l'absence de données de marché propres à la chimie verte, les éléments qui suivent rappellent la dynamique du marché de la chimie dans son ensemble.

#### Marché mondial de la chimie par zone géographique et par secteur (American Chemistry Council, 2012)

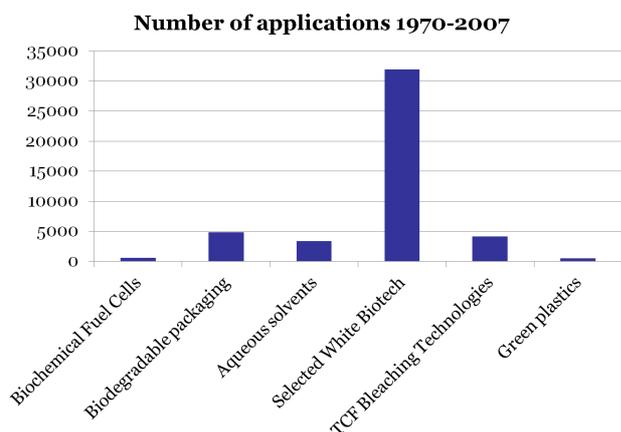
Ces graphes soulignent trois points clés de l'évolution du marché mondial de la chimie au cours de la dernière décennie :

- ▶ **un dynamisme particulièrement fort** : avec une croissance de la production de 195% entre 2001 et 2011 lorsque dans la même période le PIB mondial s'est accru de 118%. Le phénomène s'est amplifié depuis la crise économique de 2008 : alors que la croissance du PIB n'a été que de 14% sur 2008-2011, la croissance du secteur de la chimie s'est élevée à 32%, avec un fort rebond entre 2010 et 2011 (*American Chemistry Council, 2012*).
- ▶ **qui a plutôt profité à la région Asie-Pacifique, et en particulier à la Chine** : hors pharmacie, la production de la chimie chinoise s'est élevée à 575 milliards d'euros en 2011, supérieure à la production de l'UE-27 et à celle des Etats-Unis. Entre 2010 et 2011, la part de la chimie chinoise dans la chimie mondiale est passée de 6% à 24%, lorsque la part de la chimie européenne (UE27) est passée de 29% à 20%, la chimie nord-américaine de 28 à 19%, et la chimie japonaise de 12 à 6,5% (*American Chemistry Council, 2012*).
- ▶ **et a concerné tous les segments de la chimie** : la dynamique sur le marché des produits de consommation, qui a suivi la dynamique du PIB (+120% sur 2001-2011), a été la plus faible. La chimie de base a en revanche connu de très forts développements (+218% sur 2001-2011). Le secteur le plus dynamique est celui de l'agrochimie, en très forte croissance depuis 2009 (*American Chemistry Council, 2012*).

Il existe peu de données quantitatives sur des marchés mondiaux de la chimie verte. **Les évolutions de la chimie vers une chimie plus verte sont encore majoritairement de nature incrémentale**, essentiellement en fonction de leur rentabilité dans un contexte concurrentiel et réglementaire mouvant. **En Europe, les développements de la chimie verte sont suggérés par l'évolution des impacts environnementaux de l'industrie** : l'intensité énergétique du secteur, par exemple, a été divisée par plus de 2. Dans le même temps, malgré la croissance de la production, les émissions absolues de gaz à effet de serre, de gaz acides, et de Composés Organiques Volatils ont été réduites (*CEFIC, 2011*).

Les produits et procédés dans lesquels l'**innovation** a été la plus forte témoignent des domaines les plus porteurs de la

chimie verte au cours des dernières décennies. Le graphe ci-dessous, qui mériterait d'être actualisé d'après les développements récents du secteur, montre la **prédominance des applications dans le domaine des biotechnologies blanches**. Les applications, par exemple, dans les domaines des emballages biodégradables, des solvants aqueux et du blanchiment du papier sans chlore ont été nombreuses, mais la dynamique de leur marché respectif depuis 2000 est inférieure à la dynamique de la chimie en moyenne. Inversement, si les applications dans les domaines des bioplastiques et des piles à combustibles ont été moins nombreuses sur la période 1970-2007, la croissance de leur marché sur la période 2000-2007 a été forte, très supérieure à celle de la chimie dans son ensemble.



Nombre d'applications de la chimie verte sur une sélection de domaines (OECD Environment Directorate, 2012)

### Focus sur la chimie du végétal

En 2005, les **produits biosourcés** correspondaient à 7% des ventes globales pour une valeur de 77 milliards de dollars dans le secteur de l'industrie chimique. L'Europe, qui représentait environ 30% de cette production globale, utilisait 8 à 10% de matières renouvelables dans la production. Aux Etats-Unis, la part de marché des produits biosourcés était estimée à 8% (Lead Market Initiative, 2007).

La production **d'intermédiaires chimiques biosourcés**, négligeable en 2005, devait s'établir à 670 kt en 2010, soit un marché de 1,2 milliard d'euros. Les principaux développements étaient attendus sur l'acide lactique (près de 75% du marché), le sorbitol et de 1,3-PDO.

Le taux de pénétration des **bioplastiques** témoigne du développement encore très limité de la chimie du végétal : en 2011, 850 000 tonnes de bioplastiques ont été produites dans le monde alors que la production totale de plastiques atteignait 265 millions de tonnes en 2010, soit une part de marché de l'ordre de 0,3%. En revanche la dynamique est bonne puisqu'il est attendu que la production dépasse 3,5 millions de tonnes en 2016 (BCC Research, 2012), soit un taux de croissance annuel de plus de 30%.

Enfin, concernant les solvants, l'Institut Fraunhofer pour les systèmes et l'innovation (ISI) a estimé que le marché européen des solvants est de 19,7 millions de tonnes par an, dont seulement 1,5% est issu de la biomasse (Chemanager, 2012).

**En France, la chimie du végétal représente plus de 23 000 emplois directs (ETP).** Le segment de la transformation et de la formulation contribue à plus de la moitié du total, grâce notamment à la cosmétique qui occupe à elle seule le quart des emplois directs de la filière. A ce jour, environ 11% des matières premières de l'industrie chimique française sont estimées être d'origine renouvelable (ADEME, 2012).

### Focus qualitatif sur la chimie du CO2

La valorisation du CO2 dans l'industrie chimique est une voie à l'étude à l'échelle mondiale, puisqu'elle permet de l'utiliser :

- ▶ Sans transformation, pour ses propriétés physiques, comme solvant ou comme réfrigérant
- ▶ Par réaction chimique avec un autre composant fortement réactif, pour synthétiser un produit chimique de base ou

un produit à valeur énergétique

- ▶ Par l'intermédiaire de la photosynthèse au sein d'organismes biologiques, tels que les algues, pour synthétiser des produits d'intérêt (glucides, lipides et composés celluloseux)

Certaines synthèses organiques sont déjà industrialisées depuis plusieurs années comme l'urée ou l'acide salicylique, mais présentent peu de potentiel de croissance. L'intérêt actuel se porte principalement sur le développement des polycarbonates dont la production à partir de CO<sub>2</sub> et d'époxyde est déjà développée industriellement depuis 4 à 5 ans. Des efforts de recherche sont néanmoins encore à fournir pour améliorer les voies de synthèses de manière générale, ainsi que pour identifier de nouvelles réactions (voir fiche « Captage, Stockage et Valorisation du CO<sub>2</sub> »).

## 2. Le potentiel de marché

### 1. *Le potentiel de marché à l'International*

Les marchés de la chimie devraient poursuivre leur croissance dans les années à venir. La zone Asie-Pacifique connaîtrait les plus forts taux de croissance (46% selon l'UNEP) principalement sous l'impulsion de la Chine et de l'Inde, suivies par les pays d'Afrique et du Moyen Orient (40% de croissance prévisionnelle d'ici 2020).

Taux de croissance de la production chimique sur 2012-2020				
<b>Amérique du Nord</b>	<b>25%</b>	<i>dont</i>	Etats-Unis	25%
			Mexique	28%
<b>Amérique latine</b>	<b>33%</b>	<i>dont</i>	Brésil	35%
<b>Europe occidentale</b>	<b>24%</b>			
<b>Europe émergente</b>	<b>35%</b>			
<b>Afrique et Moyen-Orient</b>	<b>40%</b>			
<b>Asie-Pacifique</b>	<b>46%</b>	<i>dont</i>	Japon	22%
			Chine	66%
			Inde	59%
			Australie	23%

Source : UNEP, 2012

Le développement de nouveaux marchés et de nouvelles applications, combiné à la raréfaction des ressources fossiles et à une pression croissante sur les coûts, devrait soutenir l'essor de la chimie verte. Dans le cadre de l'étude menée en 2010 sur les mutations économiques dans le domaine de la chimie, le PIPAME identifie ainsi **neuf thèmes porteurs d'évolution vers une chimie verte** :

- ▶ Trois thèmes sont liés aux développements de nouveaux marchés ou de nouveaux usages : la **gestion de l'énergie** (développement de systèmes de stockage d'énergie par exemple), les **matériaux** (développement de matériaux composites ...) et les **nanotechnologies**
- ▶ Deux thèmes sont transverses: le développement de la **chimie du végétal** et **l'économie du recyclage**
- ▶ Trois thèmes portent sur l'amélioration de la durabilité intrinsèque de l'industrie chimique : la **chimie des procédés**, le **génie des procédés** et la **mesure et les méthodes**

Ces thèmes porteurs d'évolutions, ont des horizons de développement distincts et devraient engendrer des mutations inégalement complexes et étendues. Le développement de la chimie du végétal devrait ainsi impacter l'ensemble de la chaîne de valeur à relativement court terme.

Grands thèmes	Horizon				Commentaires
	< 5 ans	5–10 ans	10–15 ans	> 15 ans	
Gestion de l'énergie	Très probable	Probable	Probable	Peu probable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avancées significatives en cours (photovoltaïque, batteries, etc.)</li> <li>• Ruptures (stockage de l'énergie) à plus long terme</li> </ul>
Matériaux	Très probable	Probable	Peu probable	Peu probable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avancées permanentes sous l'impulsion des industriels aval + recherches</li> </ul>
Economie du recyclage	Peu probable	Probable	Très probable	Probable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensemble des leviers encore à activer : conception des produits, procédés, modalités de traitement, évolution sociologique nécessaire...</li> </ul>
Nano économie	Probable	Très probable	Probable	Peu probable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombreuses recherches, start-up dans le domaine ; transition industrielle à réussir</li> </ul>
Chimie du végétal	Très probable	Probable	Probable	Probable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quelques rares applications industrielles aujourd'hui</li> <li>• Recherche fondamentale en cours pour aller beaucoup plus loin</li> </ul>
Chimie curative	Probable	Probable	Très probable	Très probable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nouveau sujet</li> </ul>
Chimie des procédés	Très probable	Très probable	Très probable	Probable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nécessité d'établir le lien entre recherche fondamentale et application industrielle</li> </ul>
Génie des procédés	Très probable	Très probable	Probable	Probable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en œuvre progressive</li> </ul>
Mesure et méthode	Très probable	Peu probable	Peu probable	Peu probable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pré-requis – priorité partagée mais difficulté de traduction industrielle faute de tissu économique adapté</li> </ul>

Légende :      Très probable         Probable         Peu probable

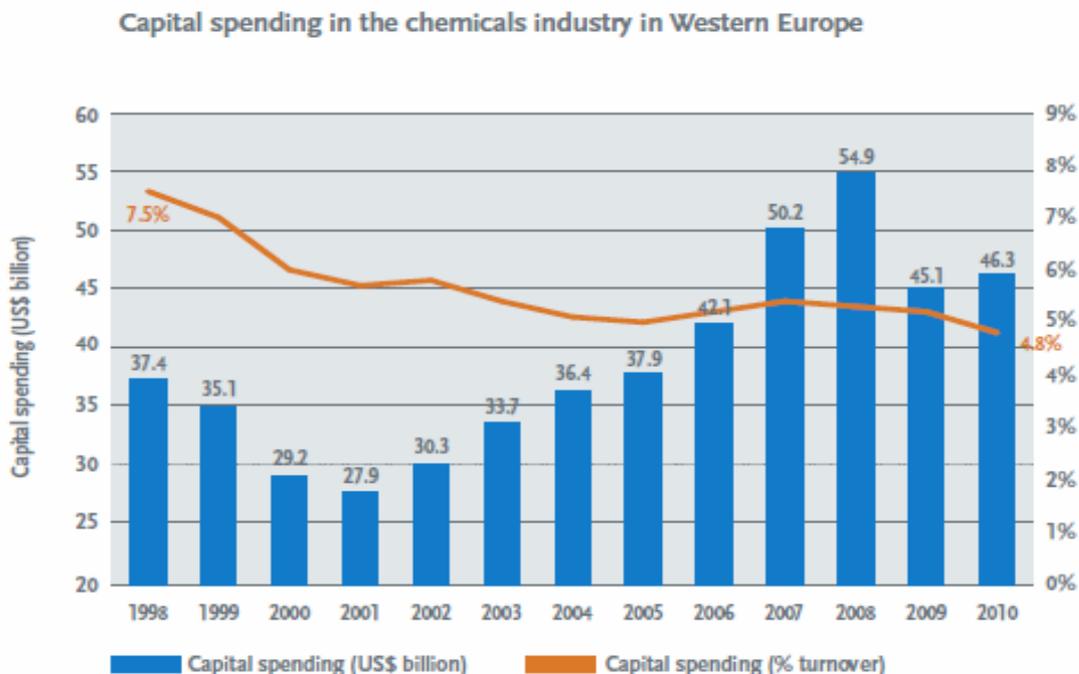
Source : PIPAME, 2010

Concernant la production **des produits biosourcés**, le marché devait atteindre, d'après la Lead Market Initiative, plus de 180 milliards de dollars en 2010, alors qu'elle n'était que de 56 milliards en 2005, soulignant une rapidité importante de développement du secteur (*Lead Market Initiative, 2007*). En **Europe**, la proportion d'applications industrielles contenant des produits biochimiques devrait ainsi atteindre **12 à 20 % de la production de substances chimiques d'ici 2015** (*CE, 2011*).

**L'essor des biotechnologies industrielles (ou biotechnologies blanches)** devrait soutenir le développement de la chimie du végétal. Selon les prévisions du Ministère de l'Education et de la Recherche Allemand, **le marché pourrait passer de 50 milliards d'euros en 2012 à près de 300 milliards d'euros en 2022** (*BMBF, 2012*). Au-delà de la chimie du végétal, il est attendu que la chimie dans son ensemble bénéficie des biotechnologies blanches : elle permet en effet de créer à la demande des bactéries pour produire des produits chimiques de commodités, avec, dans de nombreux cas, des coûts significativement réduits par rapport aux procédés pétrochimiques (*IAR, 2009*).

**En Europe, compte tenu des difficultés rencontrées depuis plusieurs années par le secteur de la chimie, sa capacité à innover, à investir et à se positionner sur la chimie verte, reste incertaine.** En effet, on assiste depuis 1998 à une baisse significative de la part relative des investissements, passée de 7,5% du chiffre d'affaires à 4,8% en 2010. Pourtant, au

cours des 10 prochaines années il sera de plus en plus difficile de prospérer dans les conditions actuelles de production, de sorte que le maintien des parts de marché de la chimie européenne devra probablement passer par un virage vers la chimie verte.



Source : CEFIC, 2011

## 2. Le potentiel de marché en France

Le marché de la chimie en France a connu une croissance très modérée au cours des 20 dernières années, avec un taux de croissance annuel moyen de 2% sur la période 1990-2011 (UIC, 2012.) Cette dynamique ne devrait pas s'accélérer à court terme (cf. ci-dessous).

Évolution en volume, en % par an	2009	2010	2011	Est. 2012	Prév. 2013
Chimie minérale	-21	11,4	6,4	0,8	1,8
Chimie organique	-8,7	3,6	-1,3	-0,5	1,1
Spécialités chimiques	-12,6	4,6	5,1	-1	0,8
Savons, parfums, produits d'entretien	-6,7	14,1	10,1	3,5	3,5
<b>Industrie chimique en France</b>	<b>-9,5</b>	<b>8,9</b>	<b>5,9</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

Source : prévisions UIC mai 2012

Source : UIC, 2012

L'industrie française rencontre en effet une double difficulté, d'une part un déplacement de sa chaîne amont, et en particulier de la production pétrochimique, au Moyen Orient et en Asie, et d'autre part un déclin de ses industries traditionnelles.

La chimie verte et la chimie du végétal représentent donc des **opportunités pour les industries françaises** tant en termes

de **gain de compétitivité** (réduction des consommations de ressources notamment), que de **diversification de marché** (développement de la chimie du végétal pour des agro-industriels, nouveaux débouchés pour le secteur agricole...) ou d'**attractivité** (amélioration de l'image de la filière en France). Dans cette perspective, les acteurs de l'industrie chimique se sont engagés en 2007 à utiliser d'ici 2017 15 % de matières premières d'origine végétale dans leurs procédés industriels ainsi qu'à diversifier les ressources utilisées.

## 4 Les enjeux de développement de la filière

### 1. Les déterminants du développement de la filière

#### 1. *Les principaux moteurs de croissance*

La croissance de la filière est tirée par plusieurs facteurs parmi lesquels :

#### **La hausse des prix des énergies fossiles**

Le niveau de prix des énergies fossiles reste un déterminant fondamental de l'essor de la chimie verte, et en particulier de la chimie du végétal. Il convient de rappeler que le cours du Brent, qui atteignait à peine 5\$ en 1970, a été en moyenne en 2011 supérieur à 110\$ (*Reuters/DGEC, 2012*).

Au-delà de ces considérations économiques, le recours à des bioressources limite la dépendance de l'économie vis à vis des importations de ressources fossiles, ce qui revêt une importance stratégique significative.

#### **Les attentes politiques et sociétales**

Les attentes politiques et sociétales vis-à-vis de l'industrie en général, notamment la limitation de ses impacts environnementaux, les exigences accrues d'innocuité des produits ou la volonté d'un retour à la naturalité dans les sociétés européennes, sont autant de moteurs pour la chimie verte et la chimie du végétal. En Europe, la mise en place de REACH par exemple crée des opportunités de substitution.

#### **Une course à la réduction des coûts de fabrication**

Les différentes crises économiques et le développement d'une concurrence multipolaire ont mis une pression accrue sur les entreprises pour réduire les coûts internes. Les principes d'optimisation, de valorisation de tous les coproduits, et de diversification des approvisionnements de la chimie verte contribuent à cette dynamique.

Dans le domaine des biotechnologies blanches, il est attendu que l'optimisation des procédés de bioconversion permette d'atteindre des rendements meilleurs que ceux des procédés classiques à base de pétrole. A cet égard des résultats encourageants ont été obtenus (par exemple : 40% de réduction du capital et 25% de réduction des coûts d'opération sur le 1,3 Propanediol – (PTT), 75% de réduction du capital et 50% de réduction des coûts d'opération sur l'Acide Dodecanedioic – (Nylon 6,12), 80% du coût du procédé chimique sur le 4-Acetoxyystyrene) (*IAR, 2009, d'après Metex*). Dans les années à venir, les nouvelles techniques de biologie moléculaire, de microbiologie et de bio-informatique, devraient permettre de sélectionner les meilleures souches bactériennes et d'abaisser considérablement le coût de production.

#### **De nouveaux marchés pour le secteur de la chimie**

Le secteur de la chimie dans son ensemble a connu de forts développements ces dernières années (+195% entre 2001 et 2011), essentiellement dans les pays émergents. En Europe, où le marché est plus mature, la croissance du secteur devrait être portée par le développement de nouveaux marchés et de nouvelles applications : gestion de l'énergie, matériaux, nanoéconomie, chimie du végétal, économie de la fonctionnalité. Cette dynamique peut être un moteur de croissance de la filière à condition que les conditions économiques soient réunies pour que l'Europe prenne sa part dans la croissance globale, ce qui a peu été le cas les dix dernières années.

Par ailleurs, les acteurs de la chimie devraient s'intéresser de façon croissante au recyclage et à la valorisation des déchets dans les années à venir, en particulier sur les ressources rares (cf fiche « Recyclage et Valorisation des déchets »).

## 2. Les principaux freins et verrous

### **Une capacité d'investissement incertaine du secteur de la chimie**

Le secteur de la chimie, et en particulier de la chimie verte et du végétal, repose sur une forte composante innovation. Or compte tenu des difficultés rencontrées par les industries chimiques en France ces dernières années, seuls 3% à 4% du chiffre d'affaires ont été consacrés aux investissements industriels, ce qui est significativement en-deçà de la moyenne en Europe occidentale (5 à 6%). Les évolutions de l'outil industriel se sont faites à la marge, de façon incrémentale : ce constat interroge sur la capacité financière des industriels à s'engager dans une mutation vers la chimie verte. La problématique du financement est particulièrement cruciale pour les PME.

Les capacités d'investissement restent toutefois importantes dans le secteur agro-industriel, qui devrait jouer un rôle important dans l'essor de la chimie du végétal.

### **Des enjeux de rentabilité sur la chimie du végétal et le développement du recyclage**

La chimie du végétal pâtit d'un risque d'effet ciseaux qui peut décourager les investisseurs : il n'est en effet pas garanti que l'évolution du prix des bioressources soit plus favorable que l'évolution du prix des ressources fossiles. Selon certains industriels, le Brésil est le seul endroit où le « carbone bio » est compétitif tant que le baril reste inférieur à 150\$, de sorte que la seule évolution du prix des matières premières fossiles et de l'énergie ne permettra un passage aux agroressources que de manière marginale (PIPAME, 2010)

La question de la rentabilité est encore plus aiguë lorsqu'il s'agit de recyclage. La complexité technologique et organisationnelle de la mise en place de filières de recyclage n'est que rarement compensée par une augmentation du prix des matières premières. (PIPAME, 2010)

### **Des incertitudes sur une offre de biomasse durable (chimie du végétal)**

L'absence de visibilité sur la disponibilité à moyen et long termes des bioressources est un frein au développement de la chimie du végétal, d'autant plus que des tensions ont été observées au cours des dernières années sur les marchés des matières premières agricoles, et plus ponctuellement sur les marchés du bois.

Par ailleurs, le développement d'une chimie verte qui générerait une compétition avec les usages alimentaires des sols pourrait poser des problèmes d'acceptabilité politique et sociétale.

Un défi de la chimie du végétal reste donc l'organisation d'une filière stable d'approvisionnement de biomasse produite dans des conditions de durabilité satisfaisantes.

### **Des enjeux de mesure et suivi des résultats**

La filière de la chimie verte est une partie intégrante de la chimie et il est aujourd'hui difficile d'en suivre les développements compte tenu d'une absence de données statistiques fines. Le pilotage de la filière vers une chimie plus durable serait facilité par le suivi d'indicateurs pertinents associés à un solide système de collecte des informations.

### **Des enjeux de formation et de développement des compétences, notamment liés au déficit d'image de la filière**

Le déficit d'image positive de la filière est un frein à son développement et soulève des difficultés pour le recrutement de personnel qualifié en milieu industriel ou académique : la question de la « relève » n'est pas résolue. Par ailleurs, l'adaptation des compétences aux nouveaux enjeux de la chimie (intégration de la chimie dans la chaîne aval, développement de la chimie du végétal, développement du recyclage, amélioration de la durabilité de la chimie) demeure en enjeu majeur. La tendance à l'hypersegmentation des compétences dans les nouvelles générations a parfois été identifiée comme un frein aux mutations de la chimie qui font souvent appel à la multidisciplinarité.

## **2. Evolutions du paysage concurrentiel et enjeux de développement**

La France dispose d'atouts forts pour le développement de la chimie verte, et de la chimie du végétal en particulier. En effet, **l'industrie chimique française occupe le rang de cinquième producteur mondial**, troisième exportateur, et a une position de leader sur de nombreux domaines, tels que la chimie du traitement de l'eau, les polyamides, les arômes et fragrances, la chimie de l'amidon, la chimie du fluor, les polyamides, etc. Par ailleurs, elle dispose d'un **tissu agricole important** (la France est la première agriculture européenne et cinquième mondiale) et d'une **agro-industrie en**

**position de leader mondial** sur nombre de segments (industries de l'amidon, du sucre, du malt, des levures notamment). Enfin, sa **recherche** reste **performante**, et a obtenu des succès concrets dans les domaines de la chimie du végétal ces dernières années (Metabolic Explorer, Roquette-Reverdia, BioAmber).

Au sein d'un marché européen mature, **la chimie française a une place à prendre sur nombre de marchés et applications émergents** : gestion de l'énergie, matériaux, nanoéconomie, chimie du végétal, chimie pour une économie du recyclage. Toutefois, compte-tenu du **renforcement de la concurrence internationale** et les difficultés de financement rencontrées, notamment au sein des PME, **la capacité des acteurs français à investir pour s'engager sur la chimie verte est incertaine**. Ces dix dernières années, le niveau d'investissement des chimistes français est resté inférieur à 4% de leur chiffre d'affaires de sorte que **les évolutions du secteur vers une chimie plus verte se sont faites à la marge, de façon incrémentale. Dans ces conditions, le rôle moteur de l'agro-industrie devrait être déterminant pour l'essor de la chimie du végétal**. D'une part, le secteur dispose de capacités d'investissement importantes. D'autre part, la logique d'insertion y est plus favorable dans la mesure où il s'agit de nouveaux marchés tandis que pour la pétrochimie la logique de substitution reste prédominante.

Récemment, les **initiatives publiques en faveur de la R&D et de l'innovation ont été amplifiées**, notamment à travers le **Programme des Investissements d'Avenir** (Appels à Manifestation d'Intérêts de l'ADEME, lancement des Instituts d'Excellence en Energies Décarbonnées par l'ANR, etc.). Dans le domaine des biotechnologies blanches par exemple, ces initiatives devraient permettre à la France d'amorcer un rattrapage en vue de se positionner aux côtés des leaders européens actuels que sont l'Allemagne, les Pays-Bas ou le Danemark.

Toutefois, **un enjeu fondamental reste de réussir la mise en œuvre industrielle des innovations afin que les champions technologiques deviennent des champions industriels sur le territoire**. Les expériences de ces dernières années (Metabolic Explorer, BioAmber, Reverdia) semblent indiquer que les toutes les conditions ne sont pas réunies pour cela en France. Cette étape est pourtant fondamentale pour la création d'emplois et de valeur ajoutée.

Le **développement de la chimie du végétal s'effectuera de plus sous la condition de la disponibilité d'une ressource biomasse à prix compétitif**. Une meilleure connaissance des ressources en biomasse, de ses caractéristiques, de ses usages actuels et à venir est ainsi importante et pourra prévenir le développement de conflits d'usages (alimentaires, bois massif, biocarburants...).

## 5 Synthèse du positionnement national et des enjeux

Atouts (+)	Faiblesses (-)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une industrie chimique française au cinquième rang mondial, diversifiée, et leader sur nombre de domaines (chimie du fluor, polyamides, arômes et fragrances, chimie de l'amidon, chimie du traitement de l'eau, etc.)</li> <li>▪ Des leaders mondiaux dans le secteur agro-industriel</li> <li>▪ Une R&amp;D reconnue et performante en amont (recherche académique, INRA, CNRS, INSA, CEA, IFP), au niveau des Pôles de compétitivité (IAR, Axelera, Agrimip, Plastipolis, etc.) et qui débouche sur des projets démonstrateurs (Bio HUB, Axel one, Pivert, ARD-BRI)</li> <li>▪ Des ressources agricoles de rang mondial (deuxième exportateur mondial) et un potentiel de mobilisation sylvicole important (troisième potentiel sylvicole européen)</li> <li>▪ Des réseaux d'acteurs (Suschem France, ACDV, etc.) qui favorisent l'émergence de structures partenariales (Pôles de compétitivité, IEED)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Des niveaux d'investissement faibles (3 à 4% du chiffre d'affaires) depuis une décennie</li> <li>▪ L'insuffisante industrialisation en France des procédés développés dans le cadre des initiatives de recherche françaises (Metabolic Explorer en Malaisie, Reverdia en Italie, projets BioAmber aux Etats-Unis, au Brésil et en Asie)</li> <li>▪ Une industrie chimique française dont la compétitivité est à renforcer (rattrapée par le Brésil et la Corée, distancée par les leaders)</li> <li>▪ Un secteur de la chimie mature en Europe, avec un niveau de croissance très faible</li> <li>▪ Un déficit d'image de la filière qui la pénalise dans son développement (suspicion des parties prenantes notamment) et limite l'attractivité de ses emplois</li> <li>▪ De plateformes chimiques en nombre et taille insuffisants, ce qui pénalise l'essor de l'écologie industrielle et le partage des coûts (utilités notamment)</li> <li>▪ Un nombre encore limité de PME innovantes spécialisées dans les procédés de la chimie verte et des biotechnologies blanches</li> <li>▪ Une visibilité insuffisante sur la disponibilité de biomasse pour la chimie du végétal</li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Le maintien d'une hausse soutenue des prix des ressources fossiles soutenant le développement de la chimie verte et de la chimie du végétal (substitution de ressources par des matières renouvelables...)</li> <li>▪ Une vision partagée de la nécessité d'améliorer la durabilité de la chimie à laquelle la chimie verte peut contribuer aux niveaux environnemental et économique (ressources renouvelables, procédés plus efficaces et moins polluants, procédés intégrés notamment au sein de bioraffineries, gestion améliorée de la fin de vie)</li> <li>▪ L'émergence de nouveaux marchés et applications : gestion de l'énergie, matériaux, nanoéconomie, chimie du végétal, économie de la fonctionnalité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une concurrence croissante des pays asiatiques, notamment sur la chimie verte (Chine, Malaisie)</li> <li>▪ Le maintien d'une asymétrie forte entre les aides publiques à l'industrialisation en France et à l'étranger</li> <li>▪ Des compétitions sur les usages de la biomasse agricole et sylvicole (valorisations alimentaires prioritaires, valorisations énergétiques exponentielles) se traduisant par des niveaux de prix élevés</li> <li>▪ Un relâchement des incitations politiques et sociales sur le verdissement de l'industrie</li> <li>▪ Une attractivité moindre de la chimie verte en cas de dépression conjoncturelle du cours des ressources fossiles</li> <li>▪ La poursuite à la baisse depuis 10 ans de la part du chiffre d'affaires consacrée à l'investissementUn tissu français principalement composé de PME, sensibles au contexte économique difficile</li> <li>▪</li> </ul>

## 6 Principales sources bibliographiques

### **Bibliographie de référence**

- ADEME, 2007, « Marché actuel et prospectif des bioproduits industriels et des biocarburants en France »
- ADEME, 2011, Feuille de route R&D de la filière Chimie du végétal
- ADEME, 2012, Emploi « Filière chimie du végétal »
- ADEME, 2012, site Internet (appel à projets BIP)  
<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?id=80214&cid=96&m=3&p1=1>
- American Chemistry Council, 2012, site Internet (Global Business of Chemistry)
- ANR, 2012, site Internet (programme Bio-M&E, appel à projets Biotechnologies et Bioressources)
- BCC Research, 2012, « Global Markets and Technologies for Bioplastics »
- BMBF, 2012, site Internet, <http://www.hightech-strategie.de/en/238.php>
- BMBF, 2012, « Germany's Leading-Edge Clusters »
- BioAmber, 2012: <http://www.bio-amber.com/bioamber/en/news/article?id=518>
- BioBased Digest, 2012 :  
<http://www.biofuelsdigest.com/biobased/2012/06/13/novozymes-opens-business-innovation-center-in-china/>
- Biotechnologie.de, 2012, « The German Biotechnology Sector 2012 »
- CEFIC, 2011, Facts and figures 2011
- Cerfi, 2011, Facts and figures 2011
- CSES-Oxford Research, 2011, « Final Evaluation of the Lead Market Initiative »
- Chemanager, 2012, <http://www.chemanager-online.com/en/topics/chemicals-distribution/natural-resource-base-chemical-industry-growing-markets-bio-based-poly>
- Commission Européenne – FP7, 2012, « Thematic Priority factsheet – Bioresource efficiency »
- CE, 2011, Proposition de règlement du parlement européenne et du conseil portant établissement du programme-cadre pour la recherche et l'innovation « Horizon 2020 » (2014-2020)).
- Dupont, 2012, <http://www.duponttateandlyle.com/zemea.php>
- IAR, 2009 (Ghislenghien), « De la chimie aux biotechnologies blanches »
- GFP, 2012, <http://www.gfp.asso.fr/ateliers-prospective>
- Lead Market Initiative, 2007, « Accelerating the development of the market for Bio-based Products en Europe »
- OCDE, 2012, « Sustainable Chemistry Work at OECD – Results and Perspectives » (Peter Börkey, 8 juin 2012)
- PIPAME, 2010, « Mutations économiques dans le domaine de la chimie »
- Plastique Europe, 2011, Faits et chiffres 2010 – « Analyse de la production, de la demande et de la valorisation des matières plastiques en Europe en 2010 »
- Pôles de compétitivité, 2011, <http://competitivite.gouv.fr/vie-des-poles/actualite-587/2011/28/les-poles-iar-axelera-agrimip-fibres-et-xylofutur-coordonnent-leurs-actions-autour-de-la-chimie-verte-du-vegetal-338/avril.html?cHash=7b58b0350818ad5f3000941f0262dfda>
- Suschem, 2010, « Industrial biotechnology IAP Update 2010 »
- UIC, 2009, « La Chimie clé de voute de l'économie durable »
- UIC, 2012, site Internet [http://www.uic.fr/cc\\_production.asp](http://www.uic.fr/cc_production.asp)

# 9 - HYDROGENE ET PILES A COMBUSTIBLE

## 1 Synthèse

### Présentation

#### Définition et périmètre

La filière « Hydrogène et Piles à combustible » couvre les activités liées :

1. à la production d'hydrogène
2. au transport et au stockage de l'hydrogène
3. à son utilisation dans des piles à combustible afin de produire de l'énergie (chaleur ou électricité).

L'utilisation du dihydrogène au sein des procédés industriels, bien qu'étant la principale utilisation de l'hydrogène aujourd'hui, n'est pas détaillée au sein de cette fiche, qui se concentre sur l'hydrogène en tant que vecteur énergétique.

### Chiffres clés

**Production d'hydrogène en France** : entre 350 000 et 400 000 tonnes par an (*Ernst & Young, 2012*)

**Nombre d'emplois en France en 2011** : 1 200 (*AFHyPAC, 2011*)

**Production mondiale d'hydrogène**: environ 57 millions de tonnes en 2007 (*AFHyPAC, 2011*)

**Chiffre d'affaires potentiel en France à 15 ans** : 5 à 40 milliards d'euros (*HyPAC, 2010*)

**Nombre de stations service fournissant de l'hydrogène en 2011 dans le monde** : près de 200 (*OECD/IEA, 2012*)

## 2 Présentation de la filière

L'hydrogène est aujourd'hui principalement utilisé comme matière de base par l'industrie chimique (désulfuration de l'essence et du gazole, production d'ammoniac, fabrication de méthanol...). Du fait de ses propriétés énergétiques intéressantes (pouvoir énergétique massique élevé, combustion exempte de gaz à effet de serre et de polluants), son utilisation en tant que vecteur énergétique pourrait contribuer à l'indépendance énergétique et à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. La présente fiche se concentre sur les applications énergétiques de l'hydrogène et des piles à combustible. Celles-ci recouvrent diverses activités, détaillées ci-dessous :

### Production de l'hydrogène

Deux grandes technologies sont utilisées aujourd'hui pour la production de l'hydrogène :

- ▶ le vapo-réformage de méthane : il s'agit de réactions chimiques successives nécessitant une haute température et une haute pression. Le méthane peut être remplacé par d'autres hydrocarbures, principalement fossiles.
- ▶ l'électrolyse de l'eau : cette méthode consiste à dissocier une molécule d'eau via un courant électrique produisant ainsi de l'hydrogène et de l'oxygène.

Par ailleurs, trois autres technologies sont en cours de développement : les cycles thermochimiques de l'eau, la photolyse et la bio-production.

### Transport et distribution d'hydrogène

Lorsqu'il n'est pas consommé sur son point de production, l'hydrogène peut être transporté et distribué par un réseau de pipelines dédiés, par un réseau de gaz naturel mélangé ou encore par camion. Des réseaux existent aujourd'hui à travers le monde (France, Benelux, Allemagne, USA,...) et permettent l'approvisionnement en hydrogène de sites industriels.

### Stockage de l'hydrogène

L'hydrogène, ayant une masse volumique très faible, se retrouve à l'état gazeux dans les conditions normales de température et de pression. Son stockage est un enjeu clé qui demeure un poste économique important compte tenu des moyens nécessaires à son refroidissement ou à sa compression. Trois solutions de stockage existent aujourd'hui :

- ▶ Le stockage sous pression : cette technologie semble s'imposer aujourd'hui, du fait notamment de son utilisation dans les applications automobiles ;
- ▶ Le stockage sous forme solide (adsorption ou hydrures métalliques) : cette technologie apparaît comme prometteuse puisque le stockage se fait à pression ambiante avec de bons rendements énergétiques ;
- ▶ Le stockage cryogénique, sous forme liquide.

### **Piles à combustibles**

Une pile à combustible consomme de l'oxygène (provenant de l'air ou d'une alimentation en oxygène) et de l'hydrogène pour fournir de l'électricité, de la chaleur et de l'eau. Certaines piles sont cependant alimentées par du gaz naturel ou du méthanol, qui subissent une phase de réformage<sup>28</sup> interne pour produire le dihydrogène qui sera ensuite utilisé comme combustible.

Les piles à combustibles disposent de trois grands domaines d'applications :

- ▶ les applications stationnaires : les piles sont utilisées pour la production collective ou individuelle d'électricité et de chaleur (cogénération), en remplacement par exemple de groupes électrogènes ;
- ▶ les applications de transport et de mobilité : les piles à combustible sont utilisées pour alimenter des véhicules (automobiles, bus, bateaux, chariots élévateurs...) soit comme unique source d'énergie, soit comme un prolongateur d'autonomie, soit comme auxiliaire de puissance ;
- ▶ les applications portables : les piles à combustible sont utilisées pour alimenter des téléphones portables, ordinateurs, etc. Les débouchés peuvent être civils et militaires.

Aujourd'hui, six principaux types de piles à combustibles sont développés. Les technologies diffèrent suivant la nature de l'électrolyte, la technologie de membrane, et les températures de fonctionnement. Les domaines d'applications privilégient les types de piles à combustible qui sont les plus adaptés aux contraintes techniques et économiques de leur marché respectif.

## **3 Présentation du marché et de ses perspectives de développement**

### **1. Etat des lieux et dynamique récente du marché à l'international**

En 2010, la production mondiale annuelle d'hydrogène s'élevait à 57 millions de tonnes (dont 14% en Europe) pour un chiffre d'affaires cumulé de 40 milliards d'euros. Ce marché est en forte croissance (entre 10% et 20% par an) (DGEC, 2011). Le principal débouché est aujourd'hui l'industrie chimique.

Concernant la valorisation énergétique de l'hydrogène, **à l'échelle internationale, les Etats-Unis et le Japon se distinguent particulièrement** avec notamment des applications entrées en phase commerciale sur ces marchés.

D'autres pays ont affiché plus récemment leurs dynamiques et leurs ambitions avec des investissements forts (programmes de R&D, infrastructures, production industrielle, politiques industrielles...) comme l'Allemagne et la Corée du Sud, notamment sur les applications automobiles et stationnaires.

En avance par le passé, l'Europe commence à prendre un peu de retard par rapport au pôle asiatique (Japon-Corée) et américain (USA).

---

<sup>28</sup> Le gaz naturel ou le méthanol sont transformés en hydrogène lors de leur introduction dans la pile.

<i>Nombre de sites en fonctionnement</i>	<b>Japon</b>	<b>Allemagne</b>	<b>Etats-Unis</b>	<b>France</b>
<b>Cogénération</b> électricité et chaleur pour un bâtiment (1 à 100 kW)	10 000 <sup>(3)</sup>	~ 250 <sup>(2)</sup>	134 <sup>(5)</sup>	0 <sup>(7)</sup>
<b>Chariots élévateurs</b> électriques à Pile à Combustible	< 10	<10	3 000	9 <sup>(8)</sup>
<b>Véhicules particuliers électriques</b> à pile à combustible hydrogène	50	120 <sup>(4)</sup>	183 <sup>(6)</sup>	3
<b>Stations</b> pour flottes de bus ou chariots		5	6 (bus) 20 (chariots)	1
<b>Stations Véhicules particuliers</b>	16 <sup>(1)</sup>	15	30	3

Nombre de sites en fonctionnement dans quelques pays (AFHyPAC, 2012)

Plus spécifiquement, suivant les applications des piles à combustible :

**Piles à combustibles dans le domaine stationnaire :**

A l'échelle internationale, les applications stationnaires se sont développées fortement ces dernières années avec en particulier de premières applications commerciales:

- ▶ **Aux Etats-Unis** : le prix bas du gaz non conventionnel<sup>29</sup> rend les installations stationnaires de piles à combustible quasiment compétitives en termes de production d'électricité et de chaleur avec une meilleure disponibilité et garantie d'alimentation que par les réseaux électriques. UTC Power déploie ainsi des unités de puissances de 400 kW qui alimentent des infrastructures de petite taille : supermarchés, locaux de bureaux, résidences... Bloom Energy a lancé en 2010 la Bloom Box, pile à combustible de 100 kW, vendue à Walmart, eBay, Google ou encore Coca-Cola, fonctionnant à la fois au gaz naturel et au biogaz, pour un coût d'installation de 800 000 dollars (FCT, 2011). Face à ce coût élevé, et pour toucher davantage de clients, Bloom Energy a diversifié son offre avec le service Bloom Electrons : le client paye uniquement l'électricité produite par l'installation à un tarif fixe pendant dix ans, inférieur au prix actuel de l'électricité. Kaiser Permanente et California Institute of Technology sont déjà clients de cette nouvelle offre. Un autre acteur, Clear Edge Power, s'est positionné sur le dernier segment de la commercialisation de micro-installations de cogénération (5 kW) pour les commerces ou les résidences. Enfin, les Etats-Unis ont développé les applications de l'hydrogène dans les alimentations sans interruption : IdaTech, en particulier, commercialise « ElectraGen » capable d'alimenter des systèmes de télécommunications, communications de secours...
- ▶ **Au Japon** : les systèmes de cogénération résidentiels du programme « Ene Farm », fonctionnant au gaz naturel et produisant de l'électricité et de l'eau chaude avec un rendement global (électrique+thermique) élevé (environ 90%), sont en forte croissance. Le gouvernement subventionne à hauteur de 10 000 euros l'installation d'un tel équipement (pour un prix d'installation qui est passé de 60 000 euros en 2006 à 21 000 euros en 2009). Les avantages de ces dispositifs ont particulièrement été soulignés lors des événements du 11 mars 2011, les personnes disposant de ces installations ayant été parmi les seuls à pouvoir s'alimenter en électricité pendant les phases de coupure de courant. Ainsi, 28 000 installations ont été mises en place depuis 2009 dont 18 000 en 2011 (DGEC, 2012).
- ▶ **En Corée**: l'opérateur coréen POSCO a réalisé en 2011 une commande de 70 MW auprès de la société américaine Fuel Cell Energy assortie d'une clause d'industrialisation en Corée du Sud. En mars 2012, une commande complémentaire de 120 MW a été annoncée (FCT, 2012).

---

<sup>29</sup> Gaz contenu dans des roches ou des aquifères dont l'exploitation se fait par fracturation des roches

### **Piles à combustibles dans le domaine du transport :**

Les piles à combustibles dans les transports se développent (augmentation de 20% du nombre de véhicules équipés) mais leur usage reste encore limité compte tenu des infrastructures nécessaires. Les applications concernent ainsi principalement des engins de manutention (chariots élévateurs).

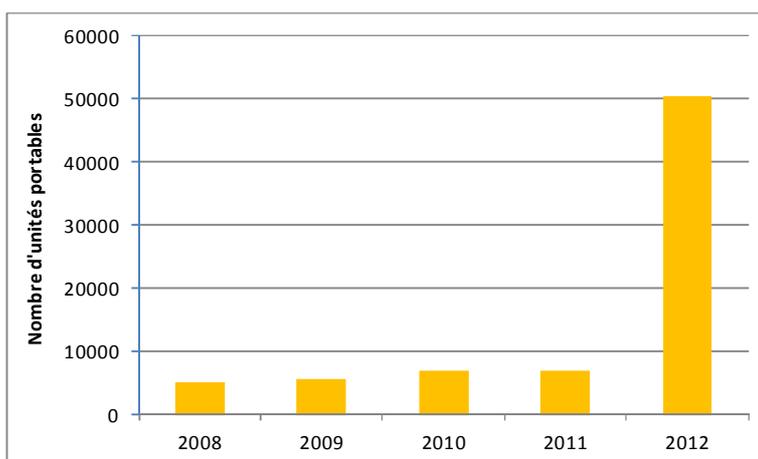
Les principaux marchés en développement (par ordre de maturité décroissant) sont :

- ▶ Les **chariots élévateurs** : un véhicule à hydrogène sur deux est un chariot élévateur (*FCT, 2011*). L'entreprise américaine Plug Power a ainsi vendu un grand nombre de piles à combustible pour chariots élévateurs pour des clients tels que Coca-Cola ou BMW. Les entreprises trouvent un gain économique dans le temps de recharge extrêmement raccourci des chariots (quelques minutes comparées à la recharge électrique en quelques heures) entraînant une flotte réduite et ainsi une diminution des investissements et une augmentation de la place disponible dans les entrepôts. Les gains de productivité sont de l'ordre de 15% et permettent d'économiser de l'ordre de 30% en coûts opérationnels (*DGEC, 2011*). Ce marché se développe rapidement **aux Etats-Unis**.
- ▶ Le **véhicule léger** (voiture particulière ou véhicule utilitaire léger) a fait l'objet de nombreux projets de démonstration en Europe, aux Etats-Unis et en Asie. Plusieurs grands constructeurs ont annoncé leur intention de commencer la commercialisation de véhicules particuliers en 2015. Plusieurs accords associent des constructeurs automobiles, des énergéticiens, des fournisseurs de gaz industriels ainsi que les pouvoirs publics, qui s'engagent à synchroniser la commercialisation de ces véhicules avec le déploiement d'une infrastructure de distribution d'hydrogène d'ici 2015. C'est le cas notamment en Allemagne (programme H2 Mobility), en Scandinavie (Scandinavian Hydrogen Highway Partnership), en Californie (California Hydrogen Highway Network), en Corée du Sud (Green Car Roadmap) et au Japon (déclaration conjointe du 13 janvier 2011). D'autres initiatives similaires sont en cours d'élaboration au Royaume-Uni ou ont fait l'objet de communication comme en Corée du Sud.
- ▶ Les **flottes de bus** équipées de piles à combustible se multiplient. En juillet 2012, la flotte de bus à hydrogène de Londres (ligne RV1) a dépassé les 160 000 km parcourus en service. Une flotte de cinq autocars a été mise en circulation en Norvège en juin 2012 (*FCHEA, 2012*). En 2011, cinq bus fonctionnant à l'hydrogène ont été mis en circulation en Suisse et en mai 2012, une station de recharge alimentée uniquement avec des énergies renouvelables (hydroélectricité, électricité photovoltaïque et éolienne) a été démarrée.

En complément, les applications d'auxiliaires de puissance se trouvent aussi dans les secteurs du transport maritime et de l'aviation, même si de nombreux défis technologiques subsistent. Par ailleurs, le développement à l'échelle internationale de réglementations sur les émissions du trafic maritime (via par exemple la convention MARPOL et ses récentes mise à jour) pourrait contribuer à soutenir ce marché.

### **Piles à combustibles dans le domaine portable :**

Les applications de piles à combustible portatives sont aujourd'hui peu développées, mais le nombre élevé de brevets déposés par les acteurs de l'électronique traduit une activité de recherche qui pourrait mener à la commercialisation de nouveaux produits incluant des piles à combustible. A court terme, les applications militaires visant une grande autonomie énergétique, et des signatures sonores et thermiques faibles, devraient émerger.



Production cumulée de piles à combustible « portables » dans le Monde (*Fuel Cell Today, 2012*)

## 2. Le potentiel de marché

### 1. Le potentiel de marché à l'International

#### Des perspectives de croissance du marché à moyen et long termes en particulier sur les applications automobiles

Selon les estimations de la plateforme HyPAC en 2010, le chiffre d'affaires mondial lié à l'hydrogène pourrait atteindre plusieurs centaines de milliards d'euros d'ici 5 à 15 ans (HyPAC, 2010). Compte tenu du poids de la filière automobile, les perspectives de marché les plus importantes se concentrent dans ce secteur, suivi par les applications stationnaires puis nomades.

Les tableaux et schémas ci-dessous présentent les perspectives et horizon de marché sur les différents segments:

Marchés	Piles à combustible stationnaires	Piles à combustibles mobiles et nomades	Piles à combustible marchés automobiles
CA annuel potentiel mondial	10 G€	10-100 G€	100G€
Echéance	Immédiat	Au démarrage du développement du marché	5 à 15 ans

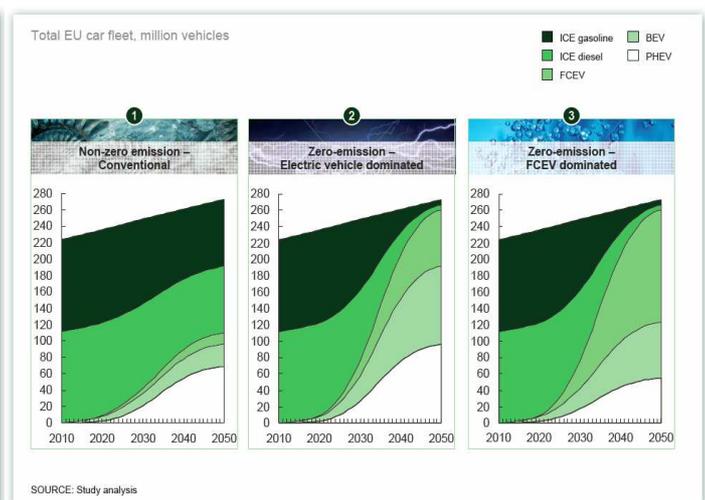
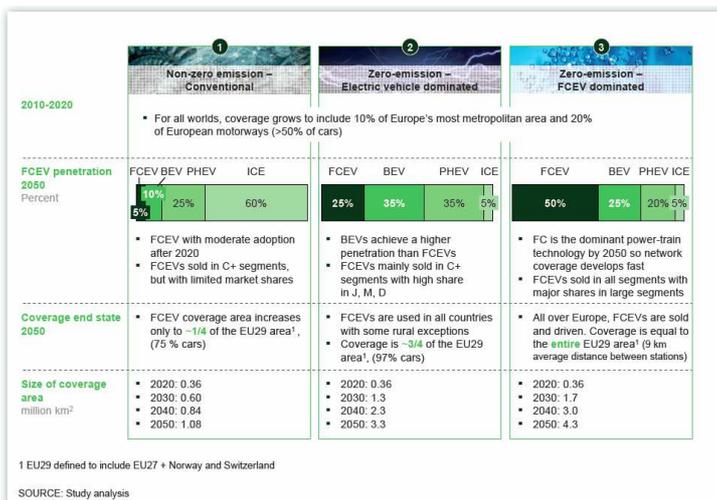
Source : HyPAC, 2010

#### Des marchés qui devraient poursuivre leur développement d'abord aux Etats-Unis, au Japon et en Corée puis en Europe (Allemagne, Danemark...)

La commercialisation des piles à combustible stationnaires utilisées pour la cogénération résidentielle devraient se poursuivre au Japon, aux Etats-Unis et en Corée du Sud, puis en Allemagne et au Danemark. En 2015, plus de 100 000 unités pourraient ainsi être installées (FCT, 2011). Le Japon s'est d'ailleurs fixé pour objectif l'installation de 2,5 millions de ces unités d'ici 2030 (DGEC, 2012 d'après une présentation du METI). Les piles à combustible utilisées à plus grande échelle (alimentation de centres, usines etc.) verront leur marché tiré par les pays asiatiques et en particulier la Corée du Sud qui vise à ce que la part d'énergie renouvelable atteigne 10% de la production d'électricité d'ici à 2022 (FCT, 2011 ; AFHyPAC, 2012).

Enfin concernant les applications de mobilité, le marché devrait poursuivre son développement d'abord sur des applications pour des engins de manutention du type chariots élévateurs, dont le marché est évalué à 10 000 véhicules en 2015 (Hydrogen'Actu, 11 janvier 2012). avant de s'étendre aux autres véhicules. La Corée, les Etats-Unis et les Allemands sont aujourd'hui des acteurs particulièrement dynamiques sur ce secteur et devraient tirer le marché dans les années à venir compte tenu de leurs objectifs nationaux, des partenariats stratégiques et des investissements en cours (R&D, infrastructures...).

La concurrence entre les différentes technologies de véhicules à propulsion électrique devrait cependant déterminer les développements prospectifs de la filière. Une étude publiée fin 2010 menée par McKinsey auprès d'un large panel de parties prenantes (constructeurs automobiles, acteurs du secteur pétrolier, producteurs d'hydrogène, Etats...) a notamment permis d'identifier des scénarios prospectifs de développement à horizon 2050 et la pénétration potentielle des véhicules à piles à combustible en Europe (McKinsey&Company, The role of Battery Electric Vehicles, Plug-in Hybrids and Fuel Cell Electric Vehicles).



Le développement des applications portables devrait être dominé dans les prochaines années par les applications militaires visant des sources énergétiques à basse signature sonore et thermique avec une grande autonomie (DGEC, 2012).

## 2. Le potentiel de marché en France

Le marché national est aujourd'hui limité en termes de volumes et se concentre principalement sur des marchés de niches (applications en sites isolés pour le secteur de la télécommunication et de type chariots élévateurs). Les perspectives de développement commercial sont distinctes suivant les applications envisagées et sont étudiées dans le cadre du programme Horizon Hydrogène Energie (H2E) coordonné par Air Liquide et cofinancé par Oséo. D'ici 10 à 15 ans, le marché français pourrait représenter entre 5 et 40 milliards d'euros pour 30 000 à 250 000 emplois (HyPAC, 2010).

### **Applications stationnaires**

Les utilisations stationnaires pourraient se développer notamment sur les aspects d'alimentation de secours ou de stockage d'énergie. En effet, selon Hélion, le remplacement de solutions d'alimentation de secours pourrait se faire avec un coût inférieur à celui des batteries (Hélion, *Présentation du Mistral 20-600 kVA*).

Sur l'aspect stockage d'énergie, notamment issue de sources renouvelables, les potentiels de développement sont intéressants et corrélés à la part croissante des énergies renouvelables dans le mix énergétique et à l'avance que pourrait avoir la France dans ce domaine grâce à la plateforme MYRTE et aux projets de démonstration financés dans le cadre des Investissements d'Avenir.

### **Applications dans la mobilité**

L'application dans le domaine des chariots élévateurs semble intéressante à court terme puisque le recours aux piles à combustible serait rentable au vu du gain de temps lié à la recharge et donc à la disponibilité accrue des chariots. Le marché national pourrait ainsi suivre les tendances de développement observées aux Etats-Unis.

Le potentiel de développement sur les applications automobiles semble plus limité à court terme, la priorité des industriels et des politiques publiques nationales visant actuellement le véhicule électrique à batterie et n'intégrant que peu le véhicule électrique hydrogène. Des projets de développement sur des flottes locales ou captives (comme les projets Mobypost et HyKango) se développent cependant et pourraient constituer de premières références pour ces solutions. Le marché pourrait ainsi se développer progressivement d'abord sur des applications locales ou de flottes captives avant de s'étendre à des échelles plus larges (régionales ou nationales).

### **Applications portables**

Les applications portables restent aujourd'hui peu développées, mais pourraient émerger, notamment tirées par des usages militaires, les piles à combustibles disposant d'une signature thermique très faible. La société civile pourrait s'approprier également les applications portables, à l'instar de la société BIC, qui a racheté en novembre 2011 pour 13,5 millions d'euros la société canadienne Angstrom Power (BIC, 2011) et compte commercialiser un système de recharge par câble USB, alimenté par des cartouches jetables.

## 4 Les enjeux de développement de la filière

### 1. Les déterminants du développement de la filière

#### 1. Les principaux moteurs de croissance

La croissance de la filière est tirée par plusieurs facteurs parmi lesquels :

#### **Des perspectives intéressantes en termes d'autonomie et de rendement des technologies**

Les piles à combustible disposent d'un rendement global de l'ordre de 90% pour des applications stationnaires si la chaleur est valorisée (environ 40 à 45% électrique + environ 45 à 50% thermique). Pour des applications mobiles et portables, ce rendement élevé couplé à un temps de recharge court (remplissage ou remplacement du réservoir) rend

ces systèmes très intéressants pour des applications de longue durée. Pour les applications portables, par exemple, ces systèmes ont une autonomie 2 à 3 fois plus importante qu'une recharge standard actuelle de batterie lithium-ion à encombrement équivalent (AFH2, 2011).

### **Des besoins de stockage d'énergie liés à un recours croissant aux énergies renouvelables**

L'hydrogène, en tant que vecteur de stockage énergétique, peut constituer une capacité de flexibilité pour les réseaux électriques, gaziers et de chaleur complémentaire des nombreuses technologies de stockage disponibles. En effet, l'hydrogène pourrait être produit par électrolyse en période où l'énergie issue de sources renouvelables est peu valorisée sur les marchés de l'énergie. Cet hydrogène pourrait ensuite être valorisé sous forme électrique, via une pile à combustible, lors des pics de demande en énergie. Un système couplant électrolyse et pile à combustible, comme expérimenté sur la plateforme Myrte, offre une grande flexibilité d'usage et peut contribuer de manière dynamique à l'équilibre offre-demande du système électrique. Le plus grand intérêt de l'hydrogène est de pouvoir être valorisé sous de multiples formes, notamment par une injection dans les réseaux gaziers (« Power-to-Gas »), des usages industriels, l'alimentation de stations service hydrogène, ou une cogénération électricité-chaleur.

Par ailleurs, l'hydrogène est aujourd'hui principalement produit à partir de sources fossiles, la production d'hydrogène à partir de sources renouvelables permettrait ainsi de contribuer à une plus grande indépendance énergétique et réduire le déficit de la balance commerciale.

### **La recherche d'une plus grande sécurité, continuité et qualité d'approvisionnement**

Dans les jours suivants les événements du 11 mars 2011 au Japon, la population a rencontré des difficultés pour s'approvisionner en électricité. Les piles à combustible stationnaires ene-Farm utilisant du gaz naturel se sont, dans ces conditions, révélées être les seules sources d'électricité fiables pendant les phases de délestage et ont démontré leur utilité en matière de continuité d'approvisionnement d'électricité. D'autres incidents sur les réseaux électriques dans le monde ont démontré la grande fiabilité des systèmes de piles à combustible et ont contribué à des déploiements récents pour alimenter des infrastructures critiques.

### **Des externalités réduites pour le véhicule électrique utilisant une pile à combustible**

Les véhicules électriques à batterie et électriques à hydrogène ont peu d'émissions directes. Ils pourraient ainsi contribuer à la réduction des polluants locaux.

### **L'intérêt pour les applications militaires**

Les piles à combustible possèdent une signature thermique et acoustique très faibles ce qui les rendent particulièrement intéressantes pour des applications militaires, d'autant qu'elles fournissent une autonomie importante. Les applications militaires sont donc des marchés intéressants. (FCT, 2011).

## *2. Les principaux freins et verrous*

La filière demeure une filière en émergence, et se heurte à de nombreux freins et verrous. A noter que l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) a lancé en juillet 2012 une étude sur « les enjeux et les perspectives de la filière hydrogène », sous l'égide des sénateurs Jean-Marc Pastor et Laurent Kalinowski. Celle-ci devrait notamment permettre de caractériser les besoins et freins au développement de la filière en France.

Les principaux verrous sont présentés ci-après :

### **Les coûts encore élevés des piles à combustible**

Les piles à combustible, compte tenu de leur stade de développement impliquent des coûts importants. Une forte baisse des coûts a cependant été constatée : le coût de production du véhicule à hydrogène de Toyota est passé de 1 000 000 de dollars à 129 000 dollars en 2011 et est prévue à 50 000 dollars pour une commercialisation en 2015 (Source : DGEC, 2012). Cette diminution devrait se poursuivre dans les années à venir. Ainsi McKinsey, dans son étude estime que les coûts des systèmes pourraient baisser de 90% d'ici à 2020 (McKinsey&Company, *The role of Battery Electric Vehicles, Plug-in Hybrids and Fuel Cell Electric Vehicles*).

### **Des verrous techniques et technologiques à lever**

Les principaux verrous concernent l'optimisation des technologies actuelles (intégration des composants en systèmes, allongement de la durée de vie, amélioration de la robustesse/fiabilité...) et l'atteinte de coûts économiquement viables.

Sur les aspects de stockage, au-delà des enjeux de développement de technologies optimisées à moindre coût, la question de la sécurité se pose, en particulier, en cas d'accident pour des applications automobiles.

#### ***Un cadre réglementaire qui reste à définir***

La filière ne dispose pas aujourd'hui de cadre réglementaire et normatif spécifique. Les premiers démonstrateurs et premières applications commerciales en France contribuent donc à mettre en exergue les besoins et à le définir. Des travaux sont d'ailleurs menés sur ce sujet par le Ministère du Développement Durable et l'AFHyPAC

#### ***Une molécule bien connue mais dont l'utilisation peut soulever des craintes chez les parties prenantes***

L'hydrogène possède des propriétés qui rendent son utilisation complexe. Ces caractéristiques de l'hydrogène ainsi que les risques associés sont cependant bien connus, notamment par les industriels producteurs ou utilisateurs. Ils peuvent néanmoins représenter un défi pour les petites structures qui doivent définir les protocoles de sécurité, d'exploitation et de gestion appropriés sans remettre en cause la viabilité économique de la filière.

Par ailleurs, à l'image de la plupart des technologies de l'énergie, la mise en œuvre des projets peut soulever des craintes parmi les usagers et parties prenantes (NIMBY, BANANA). L'acceptabilité des projets par les parties prenantes reste donc un point d'attention.

#### ***Une empreinte carbone non nulle de l'hydrogène produit aujourd'hui***

A l'heure actuelle, l'hydrogène est produit en grande majorité à partir d'énergies fossiles (96% de la production). De fait, son utilisation en remplacement d'énergie fossile, par exemple d'essence ou de gazole, présente un intérêt environnemental moindre que s'il était produit uniquement de façon décarbonée. Le plein potentiel de l'hydrogène sur l'impact environnemental ne sera ainsi totalement atteint qu'à la condition que l'hydrogène soit produit de manière faiblement émettrice (énergies renouvelables, productions fatales etc.).

Le rendement des piles à combustible rend toutefois de nombreuses applications intéressantes dès aujourd'hui dans la réduction de consommation d'énergies fossiles et des émissions de gaz à effet de serre. Le bilan « du puits à la roue » pour les véhicules électriques à hydrogène<sup>30</sup> peuvent présenter une diminution de l'ordre de 20 à 30 % des émissions de gaz à effet de serre par rapport aux véhicules à combustion les plus performants utilisant des hydrocarbures (*Air Liquide, 2012*).

#### ***Un besoin d'infrastructures pour la mobilité***

Concernant les applications pour la mobilité individuelle, la nécessité de construire une infrastructure de distribution d'hydrogène, typiquement une pompe spécifique intégrée dans les stations services constitue un frein de type « l'œuf et la poule ». Ce frein a été résolu dans certains pays par un engagement conjoint des constructeurs automobiles et des industriels intéressés par la distribution d'hydrogène. .

#### ***Un contexte économique difficile qui ralentit le décollage du marché***

La filière hydrogène et pile à combustible se développe ces dernières années mais reste encore un marché de niche. Dans un contexte économique difficile, et compte tenu des investissements nécessaires (infrastructures, formations, dispositifs, cadres juridiques...) et d'une faible visibilité des retours sur investissement, le décollage du marché pourrait être ralenti.

## **2. Evolutions du paysage concurrentiel et enjeux de développement**

**Sur la scène internationale (hors Europe)**, des pays se démarquent clairement comme les Etats-Unis, le Japon et la Corée de part les applications commerciales (stationnaires, en sites isolés ou automobiles), la politique industrielle volontariste ou les ambitions affichées. Le Japon apparaît ainsi en leader sur le marché des applications stationnaires alimentant en électricité et en chaleur des résidences : politique industrielle partagée par l'ensemble des acteurs, soutien au marché et demandes croissantes ont permis aux industriels japonais de baisser fortement leurs coûts de production et d'augmenter significativement les rendements à la fois électriques et thermiques. Le marché des installations de taille plus importante à usage industriel ou professionnel (locaux de bureaux, serveurs etc.) est quant à lui dominé par les entreprises américaines pour des piles à combustible pouvant fournir des puissances de l'ordre du MW. Si les acteurs

---

<sup>30</sup> Produit grâce aux technologies actuelles de production d'hydrogène à partir de gaz naturel

américains commencent à exporter notamment sur le marché coréen, les acteurs asiatiques et en particulier coréens devraient s'affirmer sur le marché mondial.

**En Europe**, l'Allemagne a lancé des initiatives substantielles dans le secteur de l'automobile (National Innovation Program en Allemagne de 1,4 milliards d'euros sur dix ans. protocole d'accord pour le développement de 50 stations service hydrogène d'ici 2015,...) et dans le stockage de l'énergie (initiative « Power-to-Gas » de l'Agence allemande de l'énergie (DENA) de valorisation du surplus de production de l'énergie éolienne). La Scandinavie et le Royaume-Uni ont également affiché des programmes ambitieux concernant l'hydrogène (initiative UK H2 Mobility). Le marché européen, initialement précurseur, a pris dans son ensemble un peu de retard dans la commercialisation par rapport aux marchés japonais et américains. Ce marché devrait cependant se développer rapidement dans les années à venir à l'image des tendances observées aux Etats-Unis et au Japon.

Dans ce panorama international, **la France** dispose d'atouts à faire valoir sur l'ensemble de la chaîne de valeur : des capacités de recherche de premiers plans (avec le CEA et le CNRS notamment), des acteurs industriels reconnus sur l'hydrogène, l'énergie ou la mobilité (Areva, Air Liquide, Michelin...) et des PME dynamiques et innovantes (McPhy, SymbioFuelCell, CETH2, Hypulsion, WH2...). Le marché national concerne aujourd'hui principalement des marchés de niches (sites isolés et chariots élévateurs) et pourrait se développer dans les prochaines années, malgré un contexte économique difficile.

La production d'hydrogène décarbonée sera par ailleurs un enjeu pour le développement de la filière à terme, même si celui-ci pourrait s'effectuer de façon graduelle. Air Liquide s'est ainsi fixé pour objectif la production de 50% de son hydrogène à destination d'applications énergétiques de manière décarbonée d'ici 2020 (programme Blue Hydrogen). La production d'hydrogène par électrolyse couplée avec des énergies renouvelables devrait voir un déploiement accéléré dans les pays avec des objectifs élevés de production d'énergie renouvelable variables (Allemagne, Danemark, Chine...).

## 5 Synthèse du positionnement national et des enjeux

Atouts (+)	Faiblesses (-)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un rendement global (électrique + thermique) des piles à combustible stationnaires très élevé (supérieur à 90%)</li> <li>▪ Une position forte de la France dans la production de gaz industriel grâce notamment au leader Air Liquide</li> <li>▪ Un tissu d'acteurs industriels d'envergure (Areva, Air Liquide, ...) et de PME (McPhy, SymbioFC...) fortement impliqués à la fois sur la production d'hydrogène et sur les systèmes de pile à combustible</li> <li>▪ Une recherche et développement active en France sur l'hydrogène et les piles à combustible</li> <li>▪ Des applications qui disposent de nombreux avantages : sécurisation de l'accès à l'électricité (applications stationnaires), autonomie importante et recharge rapide (applications portables) et réduction des émissions de polluants locaux et du bruit (applications transport)</li> <li>▪ Une faible signature thermique et acoustique qui rendent son développement intéressant pour des applications militaires</li> <li>▪ Une molécule d'hydrogène dont les caractéristiques et risques sont bien connus des industriels utilisateurs et consommateurs</li> <li>▪</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Technologies de substitution de systèmes existants</li> <li>▪ Une filière encore émergente en France et limitée à des applications de niche alors que de premières applications commerciales se développent au Japon et aux Etats-Unis</li> <li>▪ Une stratégie nationale de développement qui reste à afficher, avec l'incorporation de l'hydrogène dans la politique énergétique à moyen terme</li> <li>▪ Un coût des piles à combustible encore élevé malgré une forte réduction des coûts</li> <li>▪ De nombreux verrous, économiques et industriels, qui restent à lever pour permettre un déploiement des piles à combustible</li> <li>▪ Une production d'hydrogène qui repose aujourd'hui principalement sur l'utilisation d'énergies fossiles</li> <li>▪ Des projets qui peuvent susciter le débat chez les parties prenantes à l'image de la plupart des projets d'énergie</li> <li>▪</li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La définition d'une stratégie énergétique nationale incluant une part croissante d'énergies renouvelables est l'occasion de positionner l'hydrogène dans le mix énergétique via notamment la production d'hydrogène à partir de sources renouvelables et la valorisation de l'hydrogène sous de multiples formes (cogénération électricité-chaleur, injection dans les réseaux gaziers, utilisation par les industriels, alimentation de stations service hydrogène)</li> <li>▪ Le développement des énergies renouvelables nécessite de déployer des infrastructures de stockage afin de lisser la production ; en tant que vecteur énergétique, l'hydrogène pourrait apporter une réponse complémentaire aux autres technologies de stockage d'énergie</li> <li>▪ Des coûts des systèmes de piles à combustible dans les applications automobiles qui devraient baisser de près de 90% d'ici à 2020</li> <li>▪ Des marchés qui se développent à l'international et notamment en Europe et en Asie sur des marchés de niche comme les antennes de télécommunication et sur lesquels des acteurs français pourraient se positionner</li> <li>▪ Des objectifs de réduire l'impact CO2 de la production d'hydrogène qui peut créer un effet d'entraînement sur le développement industriel de la filière.</li> <li>▪ Des opportunités de développement à court terme du véhicule hydrogène sur des applications de flottes locales ou captives</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Des entreprises allemandes, américaines et japonaises qui disposent d'une avance sur la production de piles à combustible à échelle industrielle</li> <li>▪ Une dynamique affirmée de certains pays européens sur le sujet (Allemagne ou Royaume-Uni)</li> <li>▪ Un investissement fort de la France sur les véhicules à batteries électriques et hybrides qui peut retarder ceux sur les véhicules électriques à hydrogène</li> <li>▪ Un contexte économique délicat qui ne facilite pas les investissements dans ce secteur encore émergent</li> <li>▪ Le besoin d'une infrastructure de distribution d'hydrogène créant un problème de la « poule et l'œuf » pour le marché des véhicules particuliers</li> </ul>

## 6 Principales sources bibliographiques

### **Bibliographie de référence**

- Ademe, 2012, feuille de route stratégique « L'hydrogène énergie et les piles à combustible »
- Air Liquide, 2012, Rapport de responsabilité et de Développement durable
- AFH2, 2008, Mémento de l'Hydrogène (fiche 1.3)
- AFH2, 2011, Mémento de l'Hydrogène (fiche 5.2.1)
- AFHyPAC, 2011, Rapport annuel d'activité H2&PAC France
- AFHyPAC, 2012, Hydrogène 2012
- AFHyPAC, 2012, Le programme routier coréen
- AFHyPAC, 2012, Corée du Sud, les programmes « hydrogène et piles à combustible »
- BIC, 2011, Communiqué de presse du 30 novembre 2011
- DGEC, 2011, Fiche "Hydrogène et Piles à combustible", L'industrie des énergies décarbonées en 2010
- DGEC, 2012, Fiche "Hydrogène et Piles à combustible", Pétrole, gaz, énergies décarbonées – Rapport sur l'industrie en 2011
- FCHEA, 2012, [http://www.fchea.org/core/import/PDFs/Connection/Connection\\_July2012.pdf](http://www.fchea.org/core/import/PDFs/Connection/Connection_July2012.pdf)
- FCT, 2011, The fuel cell today – Industrial Review 2011
- FCT, 2012, News - FuelCell Energy and POSCO Energy Expand Partnership with 120 MW Multi-Year Order
- Fuel Cell Today, 2012, Fuel Cell Today Industry Review 2012
- Hélion, Fiche de « Présentation du mistral 20-600 kVA »
- HyPAC, 2010, estimations 2010 des caractéristiques des principaux marchés mondiaux de l'hydrogène et des piles à combustible
- McKinsey&Company, The role of Battery Electric Vehicles, Plug-in Hybrids and Fuel Cell Electric Vehicles
- OECD/IEA, 2012, Energy Technology Perspectives 2012

# 10 - LOGISTIQUE ET GESTION DE FLUX

## 1 Synthèse

### Présentation

#### Définition et périmètre

La filière « logistique et gestion de flux » correspond aux activités liées à la conception et la gestion des chaînes d'approvisionnement. Ces chaînes comprennent les transports liés à la fourniture en matières premières sur les lieux de fabrication, les livraisons aux entrepôts, plateformes, centres de tri et de distribution, la disposition des différents centres, la manutention, l'affrètement, et l'entreposage.

Le transport des marchandises peut être routier, ferroviaire (conventionnel, combiné ou ferroulage), fluvial, maritime ou encore aérien, mobilisant ainsi des acteurs divers.

Le transport aérien, plus coûteux et émetteur, utilisé pour le transport de produits principalement à haute valeur ajoutée ou périssables, est exclu de cette fiche.

Le transport maritime, utilisé pour le transport à très longue distance (provenance d'Asie par exemple), est également exclu de cette fiche.

### Chiffres clés

**Chiffre d'affaires 2009 en France** : 70 milliards d'euros (INSEE, 2012)

**Emploi en France** : 1 000 000 personnes (CGDD, 2012)<sup>31</sup>

**Tonnes kilomètres transportées en France en 2011** : 358,0 milliards de tonnes-kilomètres (CGDD, 2011)

**Routier** : 315,9 milliards de tonnes-kilomètres (CGDD, 2012)

**Fluvial** : 7,9 milliards de tonnes-kilomètres (CGDD, 2012)

**Ferroviaire** : 34,2 milliards de tonnes-kilomètres (CGDD, 2012)

## 2 Présentation de la filière

Compte tenu du périmètre de la filière, les activités et les services concernés par cette fiche sont :

#### **Le transport de fret routier, fluvial et ferroviaire :**

Le transport de marchandises peut s'effectuer par la route à l'aide de poids lourds ou de véhicules utilitaires. Les poids lourds sont constitués de tracteurs et de remorques et sont caractérisés par leur « Poids Total Autorisé en Charge » (PTAC). Ils circulent sur les réseaux routiers français, urbains et interurbains. L'autorisation maximale est aujourd'hui de 40 ou de 44 tonnes selon l'usage. Les marchandises peuvent par ailleurs être transportées sur les réseaux ferrés. On distingue le transport de fret conventionnel (marchandises effectuant le trajet dans des wagons dédiés), le combiné (transbordement de caisses mobiles ou de conteneurs depuis un poids lourd vers le train) et le ferroulage (il s'agit d'une variante du transport combiné où les poids lourds sont embarqués intégralement sur un train). Enfin, le transport fluvial s'effectue sur les voies navigables françaises, à bord de barges ou d'automoteurs dont la contenance peut aller de 300 tonnes à 5 000 tonnes pour une double barge.

#### **La logistique :**

<sup>31</sup> Correspond aux emplois des « Transports terrestres et par conduite » (minorés des « Transports terrestres de voyageurs »), des emplois des « Transports par eau », de « L'Entreposage et services auxiliaires des transports » et des « Activités de poste et de courrier ».

Aux extrémités des phases de transport ont lieu des activités de manutention pour charger et décharger les véhicules ainsi que d'entreposage. Les plates-formes multimodales permettent de transborder des caisses mobiles ou des conteneurs entre deux modes de transport (rail-route ou fleuve-route par exemple).

**Les systèmes d'information :**

Afin d'optimiser cette chaîne logistique, les entreprises ont recours à des systèmes d'information de plus en plus sophistiqués permettant de suivre et d'optimiser les stocks, les flux en aval et en amont... Par ailleurs, les activités de logistique sont généralement externalisées. Le degré d'externalisation se traduit par des prestations de plus en plus intégrées dans la chaîne de valeur.

**3 Présentation du marché et de ses perspectives de développement**

**1. Etat des lieux et dynamique récente du marché à l'international**

Comme en France, les volumes de marchandises transportées augmentent de manière significative avec la croissance économique (malgré un recul en 2008 et 2009 dû à la crise économique).

En 2009, en Europe (EU 27), le transport routier de marchandises représentait près de 3 millions d'emplois pour 61 entreprises, traduisant un éclatement du secteur. Le chiffre d'affaires dégagé est estimé à 270 milliards d'euros. En 2009, de 1 750 milliards de tonnes-kilomètres ont été transportées par la route soit 77% du transport intérieur. Les tonnages marchandises transportées sur le réseau ferré sont quant à eux estimés à 390 milliards de tonnes-kilomètres (soit 17%) et les tonnages transportés par voie fluviale à 120 milliards de tonnes-kilomètres (soit 6%) (CE, 2012).

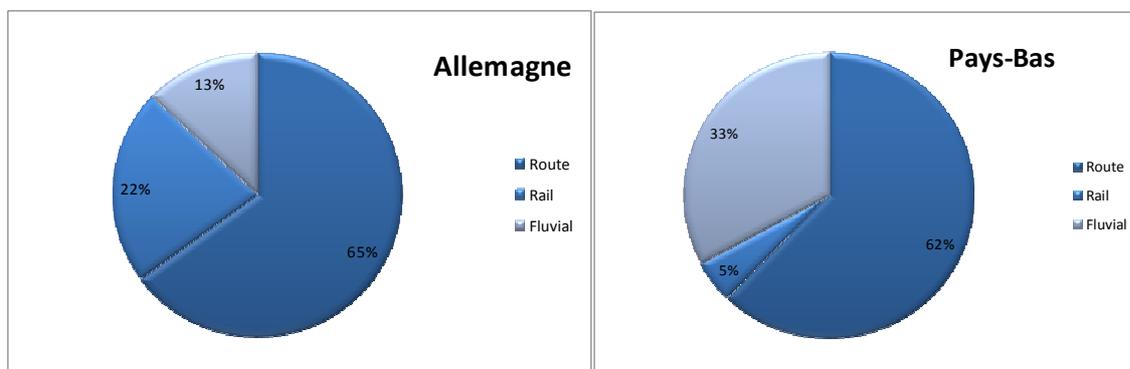
En termes de part modale, le rail a reculé de 4 points et le fluvial de 1 point (le routier progressant ainsi de 5 points) entre 1995 et 2008 (CE, 2012).

Il existe de fortes disparités modales entre les pays européens. En effet, le développement des modes de transport dépend du contexte géographique du pays (accès à la mer, montagnes,...), de sa taille, de sa position au sein de l'Europe et de son niveau d'industrialisation.

L'Allemagne est ainsi leader sur le transport ferroviaire de fret (part de 20% du transport de fret sur son marché national). Cette situation s'explique en partie par une industrialisation plus forte en Allemagne que dans les autres pays européens et par l'utilisation massive de charbon (source primaire de 40% de l'électricité en 2011). La forte industrialisation et le transport de matières premières pour l'énergie régularisent en effet le transport de fret, créant des conditions favorables au succès du transport ferroviaire de marchandises (CGDD, 2010 et Eurostat, 2012).

Les Pays-Bas présentent une dynamique fluviale avec 43% de la part des marchandises transportées par ce mode. Ce pays possède d'ailleurs un réseau de 4 800 km de voies navigables (10% du réseau européen) dont 2 200 km à grand gabarit. En 2009, la flotte néerlandaise comptait près de 5 400 navires (pour une capacité de 7,5 millions de tonnes) et assure plus de 60% du transport fluvial européen (Ministère de l'Economie et des Finances, 2012).

Cette position dominante en Europe s'explique par un fort trafic de conteneurs des ports maritimes, en particulier de Rotterdam et Amsterdam : les ports néerlandais ont transbordé plus de 570 millions de tonnes de marchandises en 2010 (Ministère de l'Economie et des Finances, 2012).



Source : Eurostat, 2012

## 2. Le potentiel de marché

### 1. *Le potentiel de marché à l'International*

En 2010, 2 500 milliards de tonnes-kilomètres ont été transportées en Europe. Malgré le récent ralentissement économique européen, le transport de fret devrait continuer à se développer dans les années à venir. Les changements de mode de consommation et l'importance croissante de la vente à distance amèneront à repenser les schémas logistiques (CE, 2012).

Par ailleurs, la limitation des impacts environnementaux deviendra d'autant plus clé que les flux se multiplieront. L'optimisation de ces flux via notamment le développement de l'information logistique et des services 4PL, le report modal, la limitation des impacts environnementaux de la logistique urbaine et le développement de l'innovation seront des moyens d'y contribuer.

Les acteurs d'une offre logistique intégrée (dite offre 4PL) devraient en effet se développer dans les années à venir tant en France qu'à l'étranger. L'absence de leaders identifiés aujourd'hui représente une opportunité pour la France.

Les initiatives en faveur du report modal devraient également se poursuivre sous l'effet notamment de réglementations nationales ou européennes. De plus, l'ouverture à la concurrence du transport de fret ferroviaire devrait permettre une amélioration de la compétitivité de ce mode de transport et l'émergence de nouveaux acteurs à l'échelle internationale.

Bien que sur le marché national, les acteurs français prédominent, la France ne semble pas présenter d'expertise ni de savoir-faire particulier en termes de transport non routier. L'Allemagne, la Suisse, les Pays-Bas ou encore l'Italie et le Danemark affichent en revanche une longueur d'avance leur permettant de capter de nouveaux marchés. En particulier, le transport fluvial est un marché local dominé par les Pays-Bas, et l'exportation d'opérateurs français est rendue complexe par le manque de connexion du réseau, et par l'absence de société française à même de conquérir de nouveaux marchés de manière significative. Le transport ferroviaire est également un marché lié aux connexions et infrastructures, ainsi qu'à la typologie des matières transportées. La modernisation des infrastructures pourra cependant contribuer à davantage ouvrir le marché français aux acteurs étrangers et accroître la concurrence internationale sur le territoire.

Concernant le transport routier, les acteurs français sont fortement développés à l'international et fournissent des offres logistiques intégrées (Norbert Dentressangle par exemple) et proposent aussi la gestion de transports multimodaux. A titre d'exemple, Norbert Dentressangle réalise 55% de son chiffre d'affaires à l'international, principalement au Royaume-Uni, en Espagne et en Italie (*Norbert Dentressangle, 2012*).

### 2. *Le potentiel de marché en France*

L'augmentation des volumes de marchandises transportées dépend principalement de la croissance économique. Dans l'Etude « Transports et environnement : comparaisons européennes » publiée en 2009, le Commissariat Général au Développement Durable constate ainsi que l'augmentation du volume de fret transporté augmente de près de 1% par point de croissance du PIB (*CGDD, 2009*).

Les évolutions de la filière « éco-logistique » dans les années à venir seront principalement portées par le report modal de la route vers le rail ou la voie navigable, le développement de nouvelles offres (4PL par exemple). Les investissements importants effectués dans les infrastructures de transport (réseau ferré et voies navigables) devraient quant à eux permettre d'améliorer la qualité de service et la performance des solutions non routières.

Concernant les emplois, les effectifs liés au transport routier sont évalués à plus de 330 000 en France (*CGDD, 2011*). Les différentes mesures engagées pour favoriser le report modal pourront engendrer sur ces emplois :

- ▶ Une diminution globale des tonnes-kilomètres parcourues par les transporteurs routiers et donc des emplois liés, particulièrement pour les petites entreprises familiales
- ▶ Une sédentarisation de certains emplois. En effet, le transport combiné repose sur un pré-acheminement et un post-acheminement par la route. Dans le cas du transport combiné sans ferroutage, les trajets du transporteur sont donc locaux ce qui correspond à une amélioration des conditions de son travail

- Le développement des emplois liés à la manutention, au transbordement et à l'affrètement.

L'éco-logistique en se développant offrira cependant des opportunités de création d'emplois à plus forte valeur ajoutée avec l'émergence de nouvelles technologies de l'information et de la communication, de l'offre 4PL (encore émergente), de l'offre de logistique urbaine verte ou de la modernisation des réseaux ferroviaires et fluviaux.

Le report modal du transport de marchandises a par ailleurs un impact sur la balance commerciale française. En effet, le carburant des poids lourds, est acheté à l'étranger, alors que les trains sont alimentés pour moitié (*Mines Paristech, 2011*) à l'électricité, produite principalement en France. Pour illustration, la facture énergétique de la France en 2011 a dépassé les 60 milliards d'euros. Ainsi, le report modal limite la dépendance énergétique de la France et l'importance du gazole dans les charges d'exploitation des transporteurs. Aujourd'hui, les initiatives de logistiques électriques en milieu urbain sont isolées mais le potentiel de développement est jugé fort.

## 4 Les enjeux de développement de la filière

### 1. Les déterminants du développement de la filière

#### 1. *Les principaux moteurs de croissance*

Au-delà de l'évolution du marché de la logistique et gestion de flux principalement portée par l'augmentation des flux de marchandises dans un marché mondialisé, le verdissement de la filière s'effectue principalement sous l'effet de différents facteurs :

#### ***Un prix du pétrole élevé***

Le carburant représentant une part importante dans la structure des coûts des transporteurs routiers (20% selon la FNTR), les chauffeurs de poids lourds sont de plus en plus sensibilisés à l'éco-conduite, limitant la consommation de carburant et ainsi les émissions de CO<sub>2</sub> associées. Par ailleurs, le transport ferroviaire de marchandises utilise pour moitié des locomotives électriques, dont le coût d'utilisation ne dépend pas du prix du pétrole.

Ainsi, une augmentation du cours du pétrole aura un effet important sur le positionnement prix des différents modes de transport : le transport routier est défavorisé en affichant un prix augmenté, ce qui pourrait entraîner un report modal vers le ferroviaire ou le fluvial. Selon le « Rapport au Parlement sur les enjeux et les impacts relatifs à la généralisation de l'autorisation de circulation des poids lourds de 44 tonnes » un surcoût de 20% sur le prix du gazole engendrerait un report modal de 3% à 8% de la route vers le non routier (*CGDD (b), 2011*). Il est à noter que le prix du gazole a connu un pic en 2008 suivi d'une forte baisse liée à la crise économique qui a suivi. En 2011, les niveaux atteints sont proches de ceux de 2008.

#### ***Une demande croissante des consommateurs pour des produits « verts »***

Les consommateurs étant de plus en plus sensibles aux problématiques de développement durable, les entreprises désirent « verdir » l'image de leurs marques et de leurs activités. Pour répondre à cette attente des consommateurs, certaines entreprises sont amenées à développer des chaînes de logistique « vertes », contribuant à limiter leurs impacts environnementaux et améliorer leur image. Ceci est particulièrement stratégique sur les derniers kilomètres en ville qui sont d'une part les plus visibles et d'autre part les plus porteurs d'impacts négatifs.

On peut citer l'initiative de Sephora qui, depuis la fin de l'année 2009, livre 80% de ces points de vente avec des véhicules électriques avec le transporteur DERET. ou encore l'initiative de Monoprix qui expérimente depuis 2007 la livraison de ses magasins parisiens par combinaison de modes ferré, fluvial, et routier depuis ses entrepôts de Melun et Bercy.

#### ***Une densification des réseaux non routiers***

Les réseaux de transport doivent être suffisamment denses, capables d'accepter des flux importants et placés stratégiquement afin de se développer et de massifier les flux pour en réduire les impacts environnementaux

#### ***Le développement d'une information logistique de plus en plus sophistiquée repose essentiellement sur une qualité et une quantité d'informations disponibles satisfaisante***

Le développement des nouvelles technologies de l'information et de la communication contribue au développement de l'éco-logistique via la mise à disposition d'informations de qualité permettant un suivi, une gestion et une optimisation des flux et des stocks efficaces.

#### ***Le développement d'une offre de services 4PL***

Les offres de prestation 4PL (fourth party logistics) se développent. Il s'agit d'une intégration logistique complète avec

une gestion informatique des flux (et non pas uniquement physique, ce qui est le cas de l'offre 3PL). La gestion de la logistique par les 4PL permet de massifier plus efficacement les flux et ainsi de réduire leurs impacts environnementaux.

### ***Un intérêt économique des chargeurs qui incite à un transport non routier à longue distance***

Pour une typologie particulière de trajets, le transport non routier peut être plus économique que le transport routier. C'est notamment le cas pour des trajets longs (au-delà de 500 km), réguliers, et transportant des marchandises pondéreuses.

Par ailleurs, une optimisation des flux permet d'augmenter le taux de charge moyen des poids lourds et diminue ainsi le nombre de trajets effectués par les poids lourds.

## ***2. Les principaux freins et verrous***

Plusieurs freins et verrous au développement de la filière et à la réduction de ses impacts environnementaux peuvent être identifiés :

### ***Le manque de fiabilité et d'informations***

La fiabilité des opérations de transport est un élément essentiel pour le logisticien tant les chaînes logistiques sont aujourd'hui complexes et gérées en flux tendu. Un aléa de transport peut néanmoins être supporté par l'opérateur logistique à condition d'en être informé en temps réel pour lui permettre d'anticiper et d'adapter son activité. La notion de fiabilité est donc complétée par un besoin d'information.

Aujourd'hui, les manques perçus par les chargeurs et logisticiens de fiabilité (retards, grèves...) et d'information caractérisant le transport ferroviaire constituent un frein pour les directions logistiques et le développement du fret ferroviaire. A l'inverse, le transport routier offre une grande flexibilité et constitue donc une solution de repli intéressante.

### ***La qualité des infrastructures et leur disponibilité***

Les infrastructures de transports ferroviaire et fluvial sont jugées de qualité insuffisante : en 2010, RFF a ainsi engagé 72% des investissements en infrastructures dans la rénovation du réseau (soit 2,3 milliards d'euros) et VNF a investi 45% des ressources d'investissements (soit 84 millions d'euros) dans la remise en état du réseau. Si une modernisation du réseau ferroviaire est en cours, elle limite à court terme la disponibilité des sillons du fait des travaux, et de la priorité donnée au transport de voyageurs. Concernant le réseau fluvial, les capacités sont jugées limitées pour développer une véritable massification des flux (66% des canaux ne peuvent pas admettre des gabarits supérieurs à 400 tonnes (niveau 2 sur 6) (VNF, 2012).

Par ailleurs, les opérateurs fluviaux nationaux sont majoritairement des artisans dont la flotte n'est que peu modernisée. Pour pouvoir être efficaces, les investissements importants dans les infrastructures devront être suivis par une modernisation de la flotte des opérateurs, et induire une structuration renforcée de la profession. Il est également à noter que le projet du canal Seine-Nord Europe cité dans l'article 11 de la loi du 5 août 2009, s'il contribue à la modernisation du réseau et du marché en ouvrant de nouvelles possibilités pour le transport fluvial, constitue également un risque pour les sociétés françaises de batellerie, qui devront faire face à une concurrence accrue des sociétés néerlandaises, leaders au niveau européen.

### ***Le manque de structuration de la filière***

Les acteurs du secteur sont particulièrement éclatés notamment sur la filière de transport fluvial où se concentrent de nombreux artisans. Le manque de structuration de la filière, de modernisation des flottes et le besoin en compétences face à une concurrence croissante sont des freins au développement de la filière.

### ***La typologie des déplacements et les ruptures de charges***

De nombreux déplacements sont réalisés sur de courtes distances (moins de 150 kilomètres). Les ruptures de charges correspondant aux transbordements sont alors très coûteuses par rapport au coût total du transport, et limitent la pertinence économique du transport combiné. L'offre de transport monomodale par route est donc souvent plus économique.

### ***Le manque de massification***

La compétitivité du transport de fret ferroviaire est dépendante du taux de remplissage des trains et des taux de retour à vide. Le manque de massification peut provenir d'un nombre trop important de plates-formes multimodales n'agrégeant pas suffisamment de marchandises. Il est donc particulièrement intéressant d'exploiter les lieux de massification les plus importants : les ports.

### ***Des procédures administratives complexes pour les activités logistiques***

La réglementation nationale impose pour tout nouvel entrepôt l'attribution d'un permis de construire, sous la

responsabilité du maire, et d'une autorisation d'exploiter, sous la responsabilité de l'Etat. L'existence d'un cadre législatif complexe constitue un risque pour le maintien des investissements logistiques sur le territoire national, et est porteur de risques d'interprétation locaux.

### ***Des responsabilités décisionnelles et politiques partagées concernant les activités de logistique***

L'activité logistique regroupe des professions diverses (transport, entreposage, manutention, immobilier, voirie, etc.) référant à des administrations multiples (ministères en charge de l'industrie et du commerce, des transports, de l'aménagement du territoire, etc.). Le partage de ces responsabilités traduit de manière incomplète la transversalité de l'activité logistique mais contribue à ralentir la prise de décision, et peut conduire à la non prise en compte d'externalités négatives.

## **2. Evolutions du paysage concurrentiel et enjeux de développement**

La logistique et le transport de marchandises sont des activités liées au contexte économique des pays. Néanmoins, pour un volume de marchandises transportées donné, la répartition des différents modes de transport (routier, ferroviaire, et fluvial) a un impact fort sur l'empreinte environnementale et sociale de la filière.

En France, le transport routier est majoritaire, et sa part a cru entre 1970 et 2010, tandis que d'autres pays européens sont parvenus à maintenir une part plus élevée de transport fret non routier. Conséquence de cette situation, la France dispose d'acteurs internationaux dans le transport routier, mais apparaît en retrait pour le transport ferroviaire et fluvial, face à des opérateurs allemands et hollandais. En effet, le marché du transport ferroviaire est dominé par des acteurs étrangers, et le champion national est en difficulté et peine à dégager une rentabilité durable sur son marché domestique. Depuis 2006, le transport ferroviaire de fret en France est ouvert à la concurrence, et les acteurs internationaux se développent. A titre d'illustration, la filiale ECR de la société DB rail augmente chaque année significativement ses parts de marché (16% en 2011) (*DB Schenker, 2012*).

Dominé par les entreprises néerlandaises, le marché du transport fluvial nécessite une implantation locale sur les grandes voies navigables, et est peu propice à l'exportation du fait d'un besoin de connexions du réseau et du manque d'entreprises françaises de taille suffisante pour se développer sur de nouveaux marchés à l'international. Les investissements importants dans les infrastructures (canal Seine-Nord par exemple) auront potentiellement un double effet, à la fois bénéfique sur le développement du marché du transport fluvial et l'atteinte des objectifs fixés dans l'article 11 de la loi du 3 août 2009 dite Grenelle (25% de transport non routier de fret en 2020), et négatif sur l'emploi dans le secteur de la batellerie française, en retrait de compétitivité par rapport aux opérateurs belges ou néerlandais, plus concentrés et organisés, leaders à l'échelon européen. La perte des parts de marché des ports français au profit des ports néerlandais est aussi problématique, les ports correspondant à des lieux de massification clés et des plates-formes privilégiées entre le transport maritime et fluvial.

Sur le transport routier, malgré une forte concurrence internationale, en particulier des pays de l'est et de l'Allemagne, les acteurs français sont reconnus en Europe. Cette présence est un atout afin de développer dans les années à venir des offres 4PL permettant la diversification des activités des transporteurs, l'optimisation des flux et la réduction des impacts environnementaux.

## 5 Synthèse du positionnement national et des enjeux

Atouts (+)	Faiblesses (-)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Des acteurs français du transport routier et de la logistique historiquement bien implantés en Europe</li> <li>▪ Des initiatives fédératrices et volontaires sur la réduction des impacts environnementaux du secteur (Démarche « Objectif CO<sub>2</sub>, les transporteurs s'engagent ») qui montrent une implication croissante sur ces sujets</li> <li>▪ Un réseau ferré existant et dense propice au développement du fret ferroviaire</li> <li>▪ Des voies navigables existantes sur des axes stratégiques</li> <li>▪ Des ports stratégiques, lieux de massification privilégiés et plates-formes multimodales</li> <li>▪ Des acteurs français qui se positionnent sur le développement d'une offre 4PL</li> <li>▪</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un part importante du transport routier comparée à d'autres pays européens</li> <li>▪ Un champion national du transport ferroviaire malmené par l'ouverture à la concurrence du fret ferroviaire</li> <li>▪ Un report modal limité par les ruptures de charge, la qualité des infrastructures et, pour le ferroviaire, la fiabilité des informations disponibles</li> <li>▪ Un leadership affirmé de l'Allemagne et des Pays-Bas sur le fret non routier</li> <li>▪ Des ports français qui marquent un retrait par rapport aux concurrents belges et néerlandais</li> <li>▪ Des acteurs du transport fluvial qui sont principalement des artisans disposant de flottes peu modernes</li> <li>▪ Un secteur logistique dont la transversalité est peu prise en compte au niveau de la puissance publique.</li> <li>▪</li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La rénovation du réseau ferré, dont les travaux sont prévus jusqu'en 2015, et la création de nouvelles lignes à grande vitesse devraient permettre de libérer des sillons fiables et d'augmenter la fréquence des voyages</li> <li>▪ La rénovation du réseau fluvial est une opportunité au développement d'une offre cohérente, structurée et moderne</li> <li>▪ Le développement d'une offre 4PL à l'international par les transporteurs routiers français bien implantés en Europe est une source potentielle d'emplois à valeur ajoutée</li> <li>▪ Une demande croissante en « produits verts » et un étiquetage environnemental des produits qui peut impacter la chaîne logistique, favoriser le report modal et inciter à l'utilisation de véhicules électriques (pour la logistique urbaine en particulier)</li> <li>▪ Des objectifs fixés dans l'article 11 de la loi du 3 août 2009 dite Grenelle, qui soutiennent le développement du fret non routier</li> <li>▪ Un prix du carburant à la hausse qui peut soutenir le ferroviaire ou l'utilisation de véhicules moins consommateurs ou électriques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une autorisation de circulation des véhicules de 44 tonnes qui peut limiter le report modal</li> <li>▪ Une expertise d'entreprises étrangères en matière de transport de fret fluvial et ferroviaire qui peut concurrencer les acteurs français notamment à l'occasion de l'ouverture du marché du transport ferroviaire, ou du développement du projet du Canal Seine Nord</li> <li>▪ La perte des parts de marché des ports français face à leurs concurrents belges et néerlandais peut limiter le potentiel de massification, et favoriser le recours au transport routier de marchandise à partir des ports situés au Nord de la frontière française</li> <li>▪ Le développement de la logistique du dernier kilomètre, et les changements de modes de consommation facilitent la délocalisation d'activités logistiques amont</li> </ul>

### ***Bibliographie de référence***

- Afilog, 2012, « les 5 propositions d'Afilog aux candidats à la présidentielle »
- Afilog, 2012, « Le livre blanc de la logistique urbaine »
- APUR, 2012, « Le Projet TramFret »
- Casino, 2012, « Communiqué de presse du 16 mars 2012 »
- CE, 2012, « EU Transport in figures »
- CGDD, 2012, « Les comptes des transports en 2011 »
- CGDD, 2011, « Les Comptes des transports en 2010 »
- CGDD, 2011 (b), « Rapport au parlement sur les enjeux et les impacts relatifs à la généralisation de l'autorisation de circulation des poids lourds de 44 tonnes »
- CGDD, 2010, « Evolution du fret terrestre à l'horizon 2010 »
- DB Schenker, 2012, « Corporate news - Made in France »
- DGITM, 2012, « Des véhicules aux normes pour réduire la pollution de l'air »
- DGITM (b), 2012, « La Charte Objectif CO2 les transporteurs s'engagent »
- Mines Paristech, 2011, « Analyse du Processus InnoFret »
- INSEE, 2012, « Fiches sectorielles des unités légales »
- Ministère de l'Economie et des Finances, 2012, « La compétitivité des acteurs de la chaîne logistique multimodale globale, Ministère de l'économie et des finances, version provisoire de juin 2012 »
- Ministère de l'Environnement, du Développement Durable, des transports et du logement, 2011, Décret no 2011-1336 du 24 octobre 2011 relatif à l'information sur la quantité de dioxyde de carbone émise à l'occasion d'une prestation de transport
- Norbert Dentressangle, 2012, « Résultats annuels 2011 »
- Sénat, 2012, « Projet de la loi de finances pour 2012, écologie, développement et aménagement durables »
- VNF, 2012, « Mémento du fluvial 2011-2012 »
- XERFI, 2011, « Transport routier de marchandises »

# 11 - MATERIAUX BIOSOURCES

## 1 Synthèse

### Présentation

#### Définition et périmètre

Les matériaux biosourcés réunissent l'ensemble des matériaux issus de la biomasse, en opposition aux matériaux traditionnels issus des hydrocarbures. Ils sont soit présents dans les organismes vivants (végétaux ou animaux), soit synthétisés par ces derniers, soit issus des produits et sous-produits des céréales, oléagineux et protéagineux, des plantes fibreuses ou du bois.

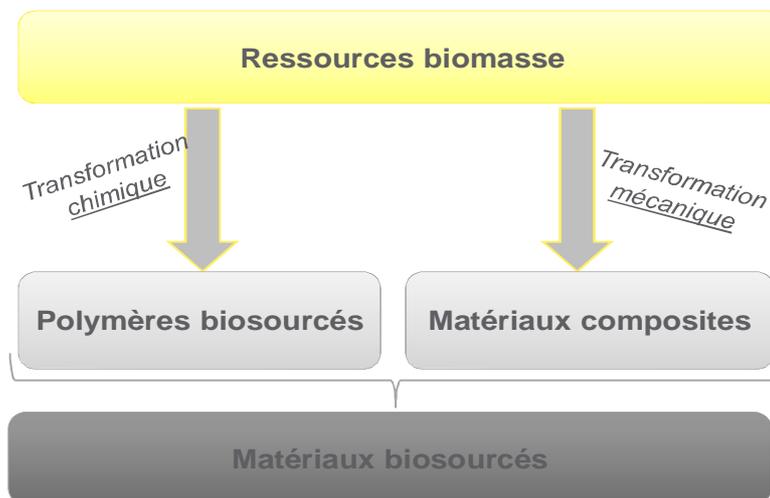
La valorisation matérielle du bois n'est pas traitée dans cette fiche.

### Chiffres clés

- Chiffre d'affaires (**segment matériaux composites**) en France en 2011 : **200 millions d'euros (ADEME, 2011)**
- Emplois directs et indirects (**segment matériaux composites**) en France en 2011 : **8 000 (ADEME, 2011)**
- Part mondiale des polymères biosourcés parmi la production de plastique : **0,3% (ADEME, 2011)**
- Part de la France dans la production mondiale de polymères biosourcés (PA) : **5% des capacités (ADEME, 2011)**
- Capacité de production de polymères biosourcés d'ici 2013 : **1,6 million de tonnes (+122%) (ADEME, 2011)**

## 2 Présentation de la filière

Le schéma ci-dessous représente les deux grandes familles de matériaux biosourcés que l'on peut distinguer :



### Les polymères biosourcés

Il s'agit de polymères naturels issus de ressources renouvelables de plantes, d'algues ou d'animaux. Ces polymères sont issus de polysaccharides (amidon, cellulose, chitosane, pullulane), de protéines (collagènes, gélatine, caséine, ...) ou de la lignine. Ils peuvent également être obtenus à partir de micro-organismes par des procédés industriels, de

polymérisation ou de fermentation. Un processus de transformation chimique permet ainsi d'obtenir des polymères biosourcés à partir des ressources biomasse.

Aujourd'hui, le champ d'application des biopolymères est essentiellement lié au secteur de la fabrication de résine utilisée en plasturgie. Les champs d'application des trois grandes familles de biopolymères sont les suivants :

- ▶ Pour les polymères issus de la faune et le flore : emballages légers (film,...) et sacs (caisse, poubelle), agriculture (paillage, filets de protection et de maîtrise de l'érosion, agrafe pour les vignes,...)
- ▶ Pour les polymères issus de la polymérisation (PLA) : emballages, textiles
- ▶ Pour les polymères issus des micro-organismes par fermentation (PHA) : emballages rigides (barquettes, bouteilles), vaisselles (gobelet jetables,...)

Parmi ces applications, seul le secteur de l'emballage est au stade de développement industriel et permet de produire une gamme de produits d'emballages biosourcés.

### **Les matériaux composites**

Les matériaux composites sont produits à partir de fibres végétales subissant une transformation mécanique. Trois grandes étapes caractérisent le processus de production :

- ▶ La production de plantes à fibres qui fournit de la paille
- ▶ La première transformation appelée teillage ou défibrage qui comprend 3 étapes : décortication, séparation et affinage
- ▶ La seconde transformation qui s'occupe de la mise en forme des produits issus de la première transformation et propose des produits semi-finis

A noter qu'en Europe et en France, les fibres végétales utilisées pour la production de matériaux composites sont principalement le lin et le chanvre. Les matériaux composites biosourcés s'adressent particulièrement aux marchés du bâtiment, de la construction (rénovation, isolation), du transport (automobile, train et avion) et des loisirs (équipements sportifs,...).

Les applications dans le domaine du bâtiment/construction sont aujourd'hui plus particulièrement développées, notamment pour des structures de renfort, de charges ou des fonctions d'isolation.

## **3 Présentation du marché et de ses perspectives de développement**

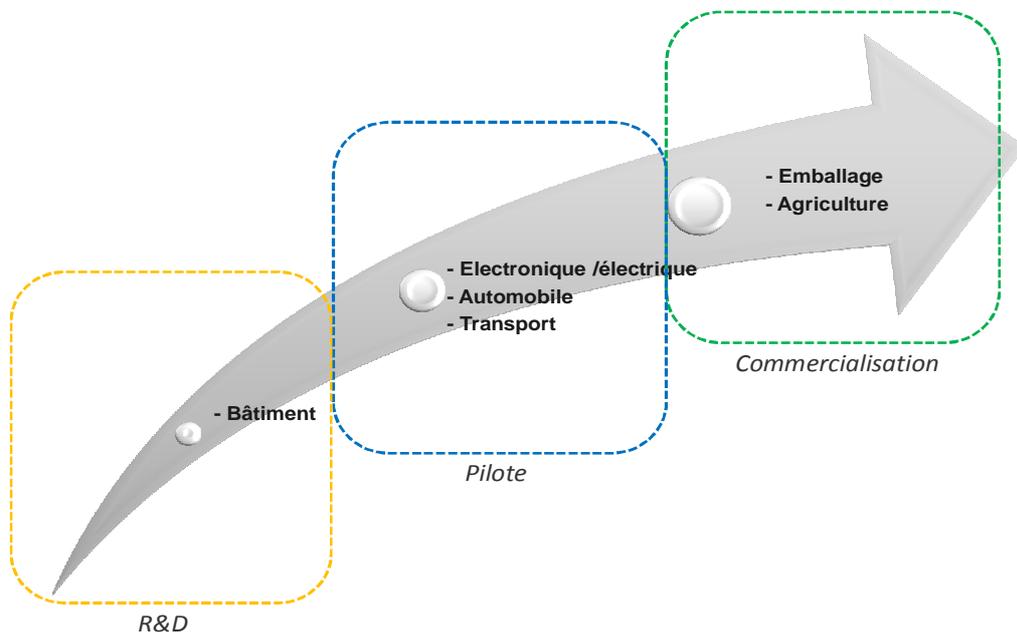
### **1. Etat des lieux et dynamique récente du marché à l'international**

#### **Les polymères biosourcés**

De manière générale, le marché des biopolymères est un marché de niche en fort développement qui répond notamment à des enjeux de diversification des filières agricoles. Ce segment de marché à fort contenu technologique et faisant appel à des processus chimiques complexes se caractérise par des enjeux de confidentialité des données freinant l'existence de statistiques sur le secteur.

En raison du caractère principalement expérimental des produits, le marché de cette famille de matériaux biosourcés reste encore limité. La capacité annuelle mondiale de production de polymères biosourcés en 2010 est de 0,72 million de tonnes, soit 0,3% de la production mondiale de plastiques (ADEME, 2011).

Le graphe ci-dessous, entend présenter le stade de développement des polymères biosourcés selon leurs principales applications.



Source : Ernst and Young, 2012

#### R&D

En ce qui concerne le marché des polymères biosourcés dans le bâtiment et la construction, la filière est principalement au stade de la R&D compte tenu du positionnement fort des matériaux composites à base de fibres végétales sur ce segment.

#### Pilote

La réglementation (Règlement REACH, Directive RoHS<sup>32</sup>,...) pousse le secteur de l'électronique/électrique et automobile à réfléchir à la diminution des impacts environnementaux de leurs produits. Les polymères biosourcés apportent des solutions. Dans le secteur de la téléphonie, Nokia et Samsung ont développé des coques de téléphones en plastique biosourcé.

Dans le secteur automobile, les constructeurs (PSA, FIAT, TOYOTA,...) développent à travers leur stratégie d'éco-conception des matériaux à base de polymères biosourcés. Ils peuvent parfois impliquer dans leurs démarches des équipementiers comme le français Plastic Omnium.

#### Commercialisation

L'emballage est le marché le plus développé pour les polymères biosourcés. Les principaux produits commercialisés sont des emballages primaires (en contact direct avec le produit) dans l'industrie agroalimentaire. Coca Cola a ainsi lancé sa « Plant Bottle » en PolyEthylène Téréphtalate (PET) biosourcé à partir de canne à sucre brésilienne. Les autres principaux usages concernent essentiellement la sacheterie.

### **Les matériaux composites**

Dans le cadre de son étude en 2011 sur la disponibilité et l'accessibilité des fibres végétales, l'ADEME a estimé le niveau de production mondiale de fibre végétale hors coton et bois à plus de 6 millions de tonnes. La moitié du marché de la fibre végétale est issue de la culture de la jute qui emploie directement et indirectement dans le monde 11 millions de personnes. L'Asie, et plus spécifiquement l'Inde, est le premier producteur de jute avec 1,5 million de tonnes, suivi du Bangladesh avec 0,9 million de tonnes. Les secondes fibres les plus utilisées sur ce marché sont les fibres de coco (16%) avec un gisement encore essentiellement asiatique (Inde, Thaïlande et Sri Lanka).

Le troisième type de fibre utilisée est le lin (13% de la production mondiale de fibres végétales). Cette culture est essentiellement réalisée en Europe et en particulier en France qui réalise 75% de la production.

Sur l'ensemble du marché de la fibre végétale (lin, chanvre, paille, miscanthus), la France arrive en tête des producteurs européens avec une production de 169 000 tonnes sur les 208 000 tonnes produites en Europe (ADEME, 2011).

Aujourd'hui dans le monde 83% du lin produit est utilisé pour des applications textiles et 9% pour des applications papetières. Le marché des matériaux composites concentre quant à lui 8% de la production dont 2% dans le secteur du bâtiment. Le chanvre est quant à lui utilisé à 21% dans des matériaux composites avec 11% dans le secteur du bâtiment (Confédération Européenne du Lin et du Chanvre, 2012).

## **2. Le potentiel de marché**

### *1. Le potentiel de marché à l'International*

#### **Les polymères biosourcés**

La dynamique du marché international des polymères biosourcés serait, selon les projections à 2013, portée par deux grandes régions du monde : l'Amérique du Nord et l'Asie.

Zones	Pays	Capacités 2010 (ktpa)	Pourcentage de la capacité totale	Capacités 2013 (ktpa)	Pourcentage de la capacité totale	Taux de croissance
Europe	Allemagne, Belgique, Italie, Pays-Bas, Suisse, UK	238,5	33%	446	28%	84%
	France	38	5%	63	4%	
Amérique du Sud	Brésil	236	33%	236	15%	0%
Amérique du Nord	Etats-Unis, Canada	142,5	20%	720,5	45%	406%
Asie	Chine, Japon, Inde	58	8%	128	8%	121%
Océanie	Australie	10	1%	10	1%	0%
TOTAL		723	100%	1603,5	100%	122%

Evolution des capacités de production de polymères biosourcés (ADEME, 2011)

Les capacités de production du marché des polymères biosourcés pourraient ainsi s'élever à environ 1,6 million de tonnes en 2013 (ADEME, 2011) soit une croissance de 122%.

Cette croissance permettrait de doubler la part des polymères biosourcés dans la production totale de plastiques à 0,6%. Ce doublement des capacités de production est néanmoins relatif et doit être analysé avec précaution au regard de la faible part que représente initialement les polymères biosourcés dans la production mondiale de plastiques (0,3%) (ADEME, 2011). Cependant, compte tenu des nombreux défis technologiques qui restent à relever, surtout au niveau des procédés, l'utilisation et l'application à une échelle industrielle d'ampleur similaire aux polymères traditionnels ne devraient pas être atteintes avant 2020.

Plus en détail et par famille, les polymères issus de la faune et de la flore, notamment ceux provenant des ressources amidonnées, ont un taux de croissance estimé pour 2013 à 38% (311 ktpa) au niveau européen et à 42% au niveau mondial (423 ktpa). En ce qui concerne les biopolymères issus de la polymérisation (PLA), les capacités mondiales devraient faire l'objet d'une croissance importante (210%) pour atteindre plus de 230 ktpa en 2013, en raison d'importantes augmentations des capacités existantes, mais également de l'arrivée de nouveaux entrants, en majorité des grands groupes comme TEIJIN (Chine), UHDE INVENTA (Allemagne) et SYNBRA (Pays Bas).

Enfin, pour les polymères issus des micro-organismes par fermentation (PHA), la croissance estimée des capacités de production de plastiques à base de PHA est de plus de 320% (de 43 ktpa en 2010 à plus de 180 ktpa en 2013), soit des parts respectives de 6% et 12% par rapport à l'ensemble des plastiques biosourcés. Les principaux contributeurs de cette évolution sont les américains (ADEME, 2011).

Le développement de l'offre du marché des polymères biosourcés est également très dépendant du développement du marché de la chimie verte (voir la fiche sur la filière « Chimie verte »).

### **Les matériaux composites**

Sur le segment des fibres végétales et dans le cadre de la révision de la Politique Agricole Commune (PAC), projet PAC post 2013, la Commission Européenne va proposer de réviser les critères d'écoconditionnalité : actuellement 3% de la surface des exploitations agricoles doit être couverte par des surfaces présentant des intérêts écologiques comme des jachères ou des cultures moins impactantes en termes d'utilisation d'intrants et de minéraux. A l'issue de cette révision, il est proposé que ce ratio passe à 7%. Cette proposition aura pour effet de dynamiser l'offre en lin et en chanvre sur le territoire français et européen puisque la culture de ces plantes peut contribuer à ces objectifs.

De manière générale, l'évaluation du potentiel de développement des matériaux composites est difficile et délicate en raison du peu de données disponibles. L'étude de 2011 réalisée par l'ADEME sur « l'évaluation de la disponibilité et l'accessibilité de fibres végétales à usages matériaux en France » pointe d'ailleurs cette absence d'information « permettant d'évaluer le potentiel réel de développement de ces matériaux ».

## *2. Le potentiel de marché en France*

### **Les polymères biosourcés**

Bien que l'offre de biopolymères, essentiellement à base d'amidon, existe déjà en France, il reste un potentiel de développement important. Celui-ci réside principalement dans la capacité des acteurs à se positionner à l'échelle industrielle sur le segment de la transformation pour que la France devienne un acteur reconnu sur l'ensemble de la chaîne de valeur et non pas uniquement sur la partie approvisionnement en matière première. Ainsi, à titre d'exemple, la France fournit actuellement les deux-tiers de l'amidon ou des céréales utilisés par les usines italiennes du leader Européen Novamont (Novamont, 2011).

L'augmentation des capacités de transformation permettra de soutenir le développement de champs d'application déjà en phase industrielle (emballages ménagers, sacheterie, agriculture, restauration hors domicile et fournitures de bureau) et de nouveaux segments de marchés comme :

- ▶ Les jouets
- ▶ Les emballages industriels : chips de calage,...
- ▶ L'hygiène et cosmétique : soins corporels, coton tiges
- ▶ Le secteur médical : nano-capsules, reconstitution osseuse, fils de suture...
- ▶ L'automobile : intérieur de voiture

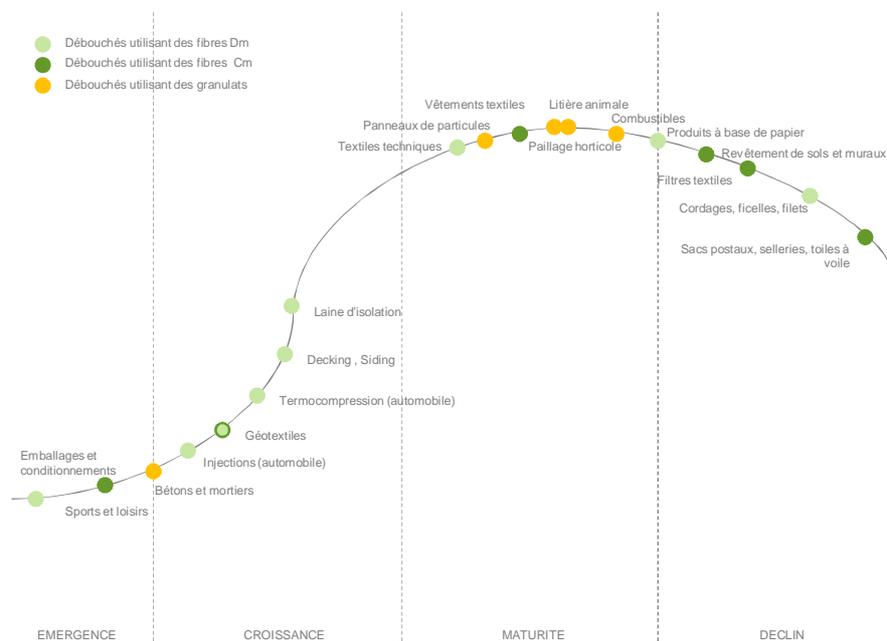
### Les matériaux composites

Le potentiel de marché des matériaux biosourcés à base de fibres végétales sera déterminé à l'avenir par la capacité des secteurs industriels utilisant ces matières à s'en approprier les processus et technologies et par le développement de nouvelles applications.

Ainsi les applications des fibres de lin dans le domaine du textile et du papier sont aujourd'hui matures et les perspectives de croissance sur les applications dans le domaine du bâtiment (isolation notamment) et des transports sont prometteuses.

La structuration de la filière sur les applications dans le domaine du bâtiment (avec notamment l'association « Constructions et Bioressources ») et les travaux en cours au sein du groupe de travail piloté par le Ministère du Développement Durable (MEDDE) sur les « obstacles au développement économique des filières des matériaux et produits bio-sourcés pour la construction » devraient à terme soutenir le développement de ce marché.

Le schéma ci-dessous permet de comprendre l'évolution des débouchés des fibres de lin et donc le potentiel de marché des matériaux biosourcés associés :



Niveau de maturité des débouchés des fibres de lin (FRD, 2011)

## 4 Les enjeux de développement de la filière

### 1. Les déterminants du développement de la filière

#### 1. *Les principaux moteurs de croissance*

Bien qu'émergente, la filière des matériaux biosourcés bénéficie d'un contexte de développement favorable dont les motivations trouvent leurs sources dans la combinaison de plusieurs paramètres :

- ▶ Une nécessité de trouver des alternatives pour maîtriser plus efficacement les coûts et diminuer la dépendance vis-à-vis des ressources pétrolières dans un contexte de raréfaction
- ▶ Des engagements en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre qui soutiennent l'essor des fibres végétales dont le caractère renouvelable et la capacité à capter et stocker du dioxyde de carbone permettent de contribuer à atteindre ces objectifs
- ▶ Des perspectives de diversification de débouchés (notamment pour le secteur agricole) et de développement de nouveaux marchés pour la filière (notamment au travers des lois Grenelle I et II sur les applications liées aux bâtiments à faibles impacts environnementaux)
- ▶ Un contexte normatif européen basé sur la norme EN13432 qui encadre la mise sur le marché et définit les caractéristiques qu'un matériau ou un produit doit posséder pour être considéré comme compostable et biodégradable. Ce dispositif, essentiellement applicable au marché des films et sacs plastiques, concerne les polymères biosourcés dont les spécificités répondent aux exigences de cette norme, reposant notamment sur : un seuil de biodégradabilité de 90% en 6 mois maximum, un niveau de désintégration minimum (aucun fragment de matériau supérieur à 2 mm x 2 mm après 12 semaines) et la non écotoxicité de l'humus
- ▶ Un contexte fiscal français et européen favorisant les sacs et films biodégradables utilisant des matériaux biosourcés, sur la base de la norme EN13432
- ▶ Un programme de normalisation européen porté par le Comité Européen de Normalisation (CEN) qui aborde dans un Comité Technique (CT 411) les problématiques de terminologie et les outils de certification
- ▶ Une attente croissante des clients sur la performance environnementale des produits (elle se matérialise par exemple par la croissance importante des ventes de produits labélisés)

#### 2. *Les principaux freins et verrous*

Les principaux freins et verrous au développement de la filière sont présentés ci-après :

##### **Les verrous technologiques et de structuration**

La plupart des applications de la filière (hors bâtiment pour les matériaux composites) sont encore à des stades de développement. Les enjeux technologiques, notamment au niveau des procédés, sont donc majeurs pour le développement de la filière à terme.

De plus, compte tenu d'enjeux de confidentialité et propriété intellectuelle forts, les échanges, les partages de retours d'expériences et la coopération entre acteurs de la filière restent encore limités.

Sur le plan de la fiabilité des allégations faites sur les propriétés et caractéristiques des matériaux biosourcés, les campagnes d'évaluation des performances environnementales ou techniques de ces produits n'ont à ce jour pas encore été réalisées. Ceci empêche notamment la production de fiches de déclaration environnementale, ce qui pourrait à terme constituer un obstacle au développement de ces matériaux, en raison notamment de la question de l'assurabilité dans le bâtiment.

Enfin, un des verrous importants sur le plan technique réside dans l'absence de structures et programmes de formation qui permettraient un partage efficace des savoirs sur ces matériaux.

##### **Verrous économiques**

Cette filière repose sur un tissu industriel composé de très petites et petites entreprises dont les capacités de financement sont souvent limitées. L'investissement dans des outils de production permettant d'intégrer les matériaux biosourcés ou de les produire reste donc une étape délicate.

De plus, compte tenu d'une offre et d'une demande en matériaux biosourcés difficilement caractérisables, les acteurs

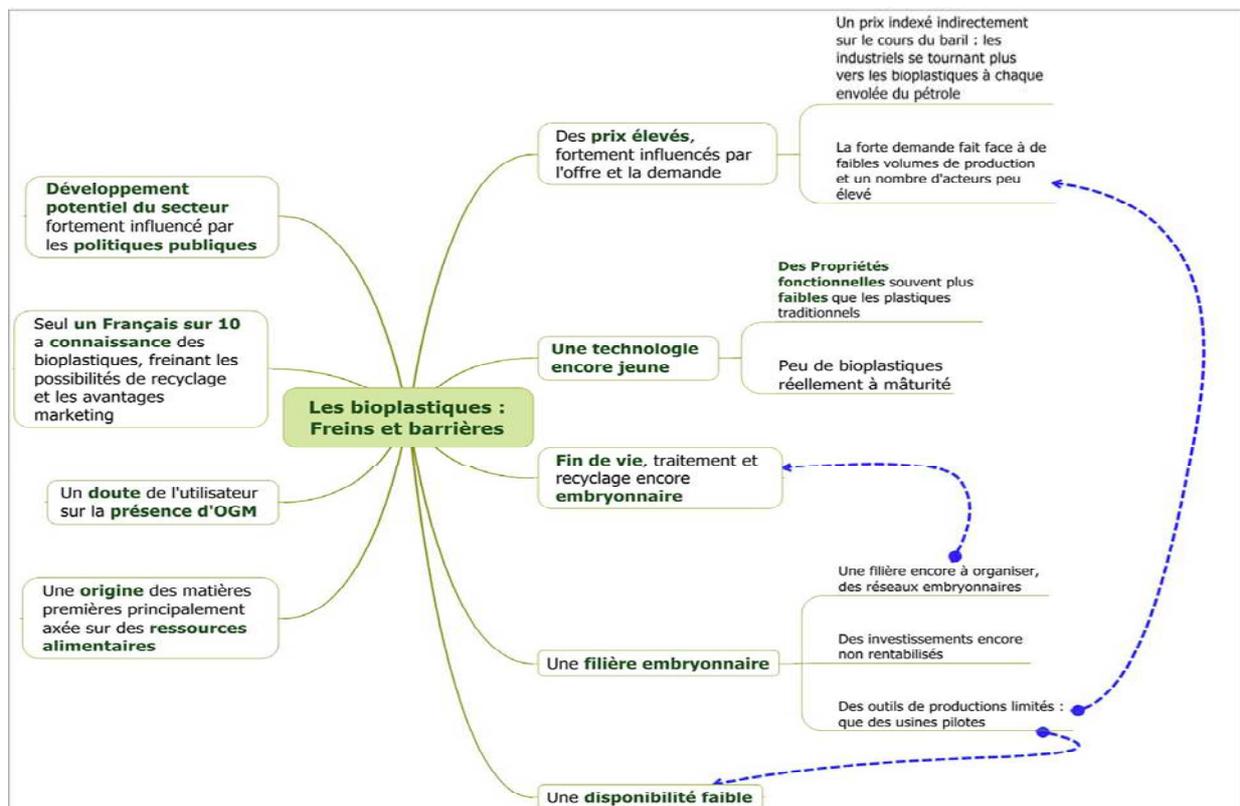
peinent à se positionner.

### Verrous liés à l'aspect communication

La terminologie des « matériaux biosourcés » est actuellement non homogène au sein de la filière selon les usages. Plusieurs termes sont utilisés tels que agromatériaux, écomatériaux ou biomatériaux (qui est d'ailleurs davantage utilisé dans le milieu médical). Cette terminologie complexe est un facteur de risque pour la filière et contribue à la rendre difficilement compréhensible et visible par les parties prenantes. Les travaux du CEN/TC 411 viseront à terme à lever ce verrou.

Par ailleurs, les potentiels de substitution des matériaux biosourcés à des matériaux usuels ainsi que leurs avantages et bénéfices restent encore mal appréhendés par les potentiels acheteurs.

Dans le cadre de son travail d'évaluation des opportunités liées au développement des polymères biosourcés en 2011, la CCI Champagne Ardenne a décrit schématiquement les différents freins à l'essor de ce type de matériaux :



Source : CCI Champagne Ardenne, 2011

## 2. Evolutions du paysage concurrentiel et enjeux de développement

Les matériaux biosourcés représentent pour les agriculteurs et acteurs de la chimie un moyen de diversifier leurs activités et débouchés notamment auprès d'acteurs industriels, soucieux de leur impact environnemental et souhaitant sécuriser leurs approvisionnements en matières premières grâce à des ressources renouvelables.

Ainsi, sur les biopolymères, les capacités mondiales de production devraient croître de façon importante dans les années à venir (+122% entre 2010 et 2013) (ADEME, 2011). De nombreux pays se positionnent en effet aujourd'hui et investissent pour augmenter considérablement leurs capacités. C'est notamment le cas de la région nord-américaine avec une hausse prévue de plus de 400% qui pourrait représenter 45% des capacités mondiales d'ici à 2013. L'Europe rétrograderait à la seconde place avec 32% des capacités de production. L'Asie conserverait quant à elle sa 4ème place

derrière le Brésil (ADEME, 2011).

La France est aujourd'hui essentiellement positionnée sur les biopolymères issus de la faune et de la flore (en particulier à base d'amidon) mais que peu présente sur les secteurs des biopolymères issus de la polymérisation (PLA) et issus des micro-organismes (PHA) qui devraient connaître les plus fortes croissances dans les années à venir.

En ce qui concerne les fibres végétales entrant dans la composition des matériaux composites, la France occupe aujourd'hui une position de leader sur la culture du lin et du chanvre, les autres principaux pays producteurs de lin fibre étant la Belgique et les Pays-Bas. La concurrence éventuelle pourrait se trouver dans l'essor d'une des autres fibres utilisées telles que la jute ou le coco. Néanmoins, les propriétés physiques du lin et du chanvre pour la transformation en matériaux biosourcés confèrent un avantage à ces ressources. Sur les aspects de transformation des fibres, la concurrence pourrait provenir des grands pays importateurs comme la Chine ou l'Égypte qui adapteraient leurs programmes de R&D et leurs processus de production pour des usages non plus destinés au textile mais également à la construction ou à l'automobile.

Dans ce contexte international dynamique et particulièrement concurrentiel, en particulier sur la famille des polymères biosourcés, la France devra être à même de faire collaborer les différents acteurs de sa filière pour partager les expériences, créer des synergies et soutenir le développement d'une filière industrielle via un soutien à la R&D et au développement des applications des matériaux biosourcés.

## 5 Synthèse du positionnement national et des enjeux

Atouts (+)	Faiblesses (-)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une filière lin et chanvre leader du point de vue des surfaces et bien structurée autour d'acteurs possédant un large panel des savoir-faire en matière de génétique, d'agronomie et de process</li> <li>▪ Une plasturgie française en bonne position sur le plan international</li> <li>▪ Un potentiel important de mobilisation des surfaces agricoles (d'autant plus que l'exploitation potentielle de la lignocellulose peut être considérée comme n'empiétant pas sur les espaces à vocation alimentaire)</li> <li>▪ Des pôles de compétitivité (Plastipolis, IAR, Xylofutur, Pôle Fibre Grand Est, PEP, etc.) et des IEED (Pivert, IFMAS) positionnés et dynamiques sur ces sujets</li> <li>▪ Une filière des matériaux composites appliqués au bâtiment qui se structure et s'organise avec notamment la création de Constructions et Bioressources et les travaux en cours au sein du groupe de travail « Matériaux bio-sourcés pour la construction »</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une filière qui reste à structurer et à industrialiser pour faciliter les transferts de technologies, partages de bonnes pratiques et soutenir son développement</li> <li>▪ Une filière encore peu visible, notamment du fait d'une terminologie multiple, et mal appréhendée concernant ses produits et applications</li> <li>▪ Peu de réglementations incitatives permettant de supporter l'essor des polymères biosourcés pour les secteurs d'application hors emballage (construction, isolation, automobile, électronique, téléphonie mobile, etc.)</li> <li>▪ Un manque de bases de données de référence sur les matériaux biosourcés et une difficulté à appréhender leurs bénéfices environnementaux</li> <li>▪ Une intégration des matériaux biosourcés (notamment des biopolymères) qui peut nécessiter l'adaptation des outils de production en aval</li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Des opportunités de diversification des débouchés des acteurs des secteurs agricoles et chimiques</li> <li>▪ Des attentes croissantes des clients (consommateurs, achats publics, entreprises privées) pouvant promouvoir les matériaux biosourcés</li> <li>▪ Des développements initiés de polymères biosourcés à haute valeur ajoutée dans certains secteurs (automobile...)</li> <li>▪ Un développement de l'offre par un tissu essentiellement composé de PME et PMI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Des coûts plus élevés et des propriétés techniques à confirmer pour la majorité des résines biosourcées</li> <li>▪ Des propriétés des matériaux biosourcés qui ne sont pas toujours équivalentes aux matériaux traditionnels freinant leur développement et leurs applications</li> <li>▪ Une dépendance aux portefeuilles de propriété intellectuelle d'autres nations plus promptes à développer de nouveaux matériaux biosourcés</li> <li>▪ Un débat portant sur les utilisations des ressources agricoles à vocation alimentaire</li> <li>▪ Une frilosité des industriels à modifier leurs procédés en raison d'un manque de confiance dans les performances, l'adaptabilité et la fiabilité des technologies</li> </ul>

### ***Bibliographie de référence***

- ADEME, 2009, « Etude d'une méthodologie simplifiée pour la réalisation des ACV des bioproduits»
- ADEME, 2011, « Rapport final sur l'usage des résines biosourcées»
- ADEME / FRD, 2011, « Evaluation de la disponibilité et de l'accessibilité des fibres végétales à usage matériaux en France »
- Association pour les produits forestiers canadien, 2010, « l'innovation canadienne en matière de biomatériaux »
- CCI Champagne Ardenne, 2011, «Les plastiques biosourcés : quelles opportunités pour la Champagne-Ardenne ? »
- DGEC, 2011, « Fiche biomasse»
- DGEC, 2011, « Développer et déployer les technologies de demain : le soutien à la R&D pour les énergies décarbonées »
- FP Innovations, 2010, « Biomaterials en Amérique du Nord, synthèse»
- IAR, 2010, « Fiche plastiques biosourcés »
- PIPAME, 2012, « Marchés actuels des nouveaux produits issus du bois»
- PUECH, 2009, « Mise en valeur de la forêt française et développement de la filière bois »
- <http://www.finances.gouv.fr/>, 2012
- <http://cerig.efpg.inpg.fr/>, 2012
- <http://www.developpement-durable.gouv.fr>, 2012
- <http://www.polefibres.fr>, 2012

# 12 - OPTIMISATION DES PROCÉDES INDUSTRIELS

## 1 Synthèse

### Présentation

#### Définition et périmètre

La filière de l'optimisation des procédés industriels couvre l'ensemble des solutions (produits ou services) permettant d'optimiser les processus industriels et la performance environnementale de l'industrie. Tous les domaines de l'environnement peuvent être concernés (réduction de consommation de ressources, les émissions dans l'air, l'eau et le sol et les déchets...).

L'optimisation des procédés peut être mise en œuvre de diverses façons : sur le plan technologique (intégration d'équipements « classiques » présentant une meilleure performance environnementale ou par le recours à des technologies innovantes) et/ou sur le plan méthodologique et organisationnel.

### Chiffres clés

#### Taille des acteurs de l'offre (INSEE, 2012) :

- Fabricants d'équipements industriels : 54 milliards d'euros de chiffre d'affaire.
- Installateurs et réparateurs d'équipements industriels : 25 milliards d'euros de chiffre d'affaire.
- Ingénierie et études techniques : 40 milliards d'euros de chiffre d'affaire.

**Dépense des industriels français dans la protection de l'environnement (hors énergie) :** 1,3 milliards d'euros en 2010, dont 230 millions pour les changements de procédés (SOES, 2012)

#### Gisement potentiel en efficacité énergétique :

- En France 83 TWh à horizon 2020 et 194 TWh sur le long terme (WWF E&E, 2012)
- Dans le monde, environ 8 600 TWh / an (UNIDO, 2010)

## 2 Présentation de la filière

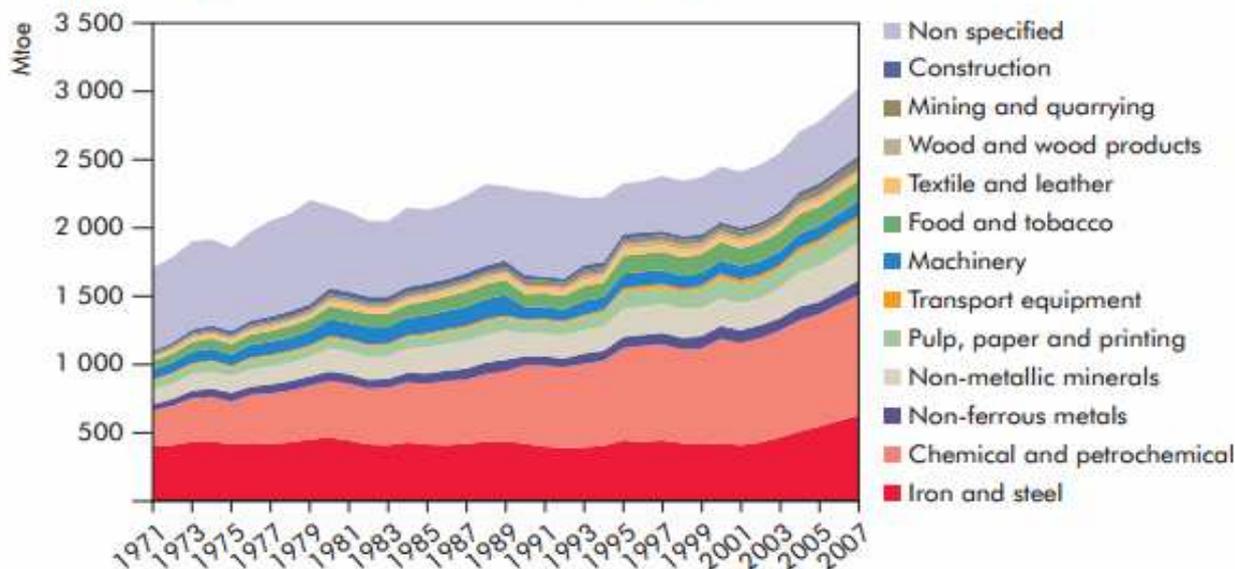
### Activités concernées par la filière

**Les acteurs de la demande** d'optimisation des procédés industriels sont de manière générale tous les industriels.

Les plus impliqués aujourd'hui sont ceux pour lesquels les enjeux environnementaux (pollution ou consommation de ressources) sont stratégiques, comme par exemple les industries du ciment, de la sidérurgie et de la chimie/raffinerie qui représentent plus de 50% des consommations d'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub> de l'industrie au niveau mondial (AIE, 2010).

Les autres secteurs industriels sont également essentiels vis-à-vis de cette filière car bien qu'ils n'aient pas été les plus actifs jusqu'à présent, ce sont eux qui représentent les gisements d'optimisation des procédés les plus importants

**Figure 5.1** ▶ **World industrial energy use by sector**



Source : AIE, 2010

**Concernant l'offre**, les activités concernées sont plus particulièrement :

- ▶ Les activités de production d'équipements (regroupés notamment au sein de la filière des industries mécaniques) ou de logiciels (simulation, conduite du procédé)
- ▶ Les activités de services : conseil en management environnemental, ingénierie, bureaux d'études, installateurs, intégrateurs, maintenance des installations

Les démarches d'optimisation des procédés industriels sont difficilement standardisables, et nécessitent le plus souvent une adaptation à chaque entreprise, suivant ses caractéristiques (secteur, procédés existants ...) et le niveau de déploiement de la démarche (modification des procédés, reconception, création...). Les activités de conseil/ingénierie permettent ainsi de concevoir la solution d'optimisation, à la fois d'un point de vue organisationnel et technique.

#### **Technologies clés concernées par la filière**

Les équipements pouvant permettre d'appuyer l'optimisation des procédés industriels peuvent être classés en deux catégories :

- ▶ Des équipements dont la fonction principale est d'assurer une optimisation environnementale du procédé – par exemple un récupérateur de chaleur pour compresseur d'air comprimé ;
- ▶ Des équipements ou ensembles d'équipements dont la fonction principale est opérationnelle mais qui sont particulièrement performants (plus performant que les références sur le marché) d'un point de vue environnemental – par exemple un moteur à haut rendement de classe de performance IE3, ou un système de pompage (incluant plusieurs pompes, moteurs,...) optimisé

Sur les aspects liés à l'optimisation de la consommation de matières premières, les technologies de formage par solutions « near-net-shape », en mécanique, sont prometteuses. Il s'agit d'une famille de technologies qui consistent à former un objet au plus proche de sa forme définitive. Parmi ces technologies figurent par exemple :

- ▶ La fabrication additive qui consiste à produire un objet par l'addition de couches successives, permettant ainsi de réduire les pertes de matière par rapport aux techniques classiques soustractives (usinage, découpage)
- ▶ Le thixoformage qui consiste à mettre en forme une pièce dans son état semi-solide

#### **Concepts clés concernés par la filière**

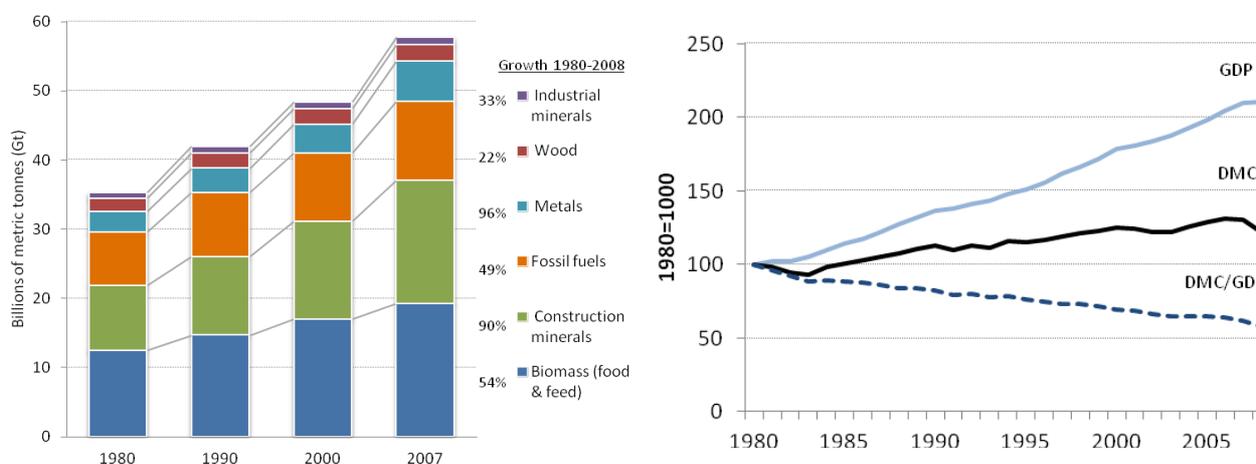
La filière de l'optimisation des procédés industriels a la particularité de s'appuyer non seulement sur des technologies mais également sur des méthodologies et des concepts organisationnels. Deux concepts sont particulièrement majeurs pour cette filière et font l'objet d'une attention particulière dans cette fiche: l'éco-conception et l'écologie industrielle.

### 3 Présentation du marché et de ses perspectives de développement

#### 1. Etat des lieux et dynamique récente du marché à l'international

Alors que la consommation mondiale de ressources continue d'augmenter régulièrement, l'OCDE note les premiers signes d'un découplage entre la consommation de ressources et la croissance économique. L'intensité en ressources des pays du G8 a diminué de 47 % entre 1980 et 2008 (42% pour les pays de l'OCDE) (OCDE, 2011).

Au sein du G8, le Canada, l'Allemagne, l'Italie et le Japon ont réussi à décorréliser consommation de matières et croissance économique de manière absolue.



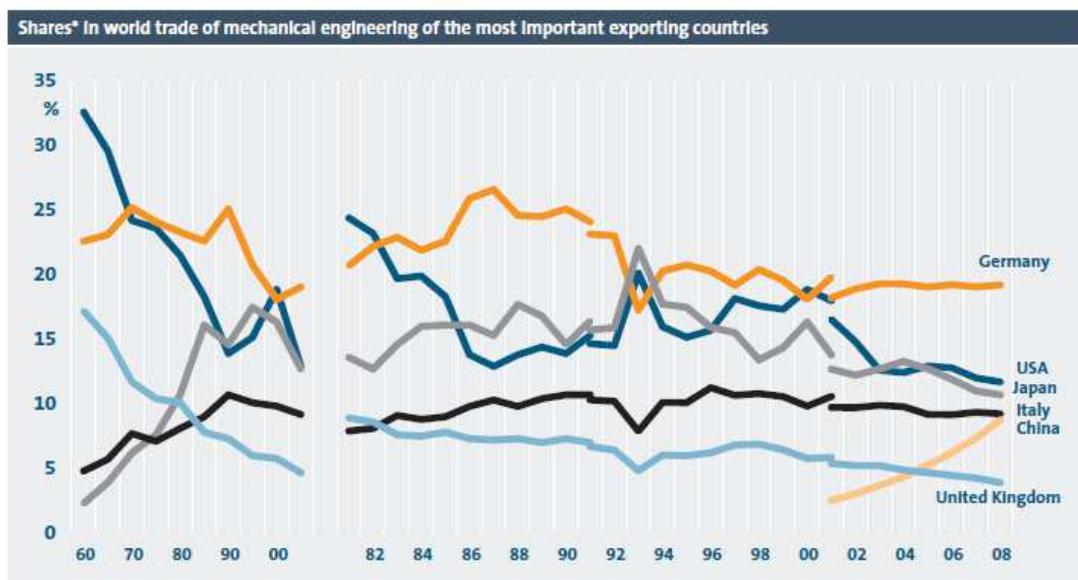
Source : OCDE, 2011

En Europe, globalement, le montant alloué aux dépenses environnementales par l'Industrie a été stable entre 2001 et 2009, autour de 50 milliards d'euros par an, dont un peu plus d'un quart correspond aux investissements (Eurostat, 2012).

**Au Japon**, un ensemble de mesures autour de la philosophie des 3R (Réduire, Réutiliser, Recycler) et supportant la « Loi fondamentale pour l'établissement d'une Société sobre en matériaux » (*Fundamental Law for Establishment of a Sound Material Cycle Society*) a permis d'accroître significativement le taux d'utilisation cyclique des matières. Ce taux, qui correspond à la quantité de matériaux récupérés divisée par la quantité totale de matériaux entrants, a augmenté de 41% entre 2000 et 2008, pour atteindre 14%. Grâce à ces efforts, l'intensité en matériaux japonaise est 37% inférieure à celle des autres pays de l'OCDE (OCDE, 2011). Selon le ministère de l'Environnement japonais, en 2005, le marché du SMC (Sound Material Cycle Society) était de l'ordre de 28 000 milliards de yen (environ 280 milliards d'euros) (Ministère de l'environnement japonais, 2008).

En ce qui concerne l'offre de solutions pour la filière de l'optimisation des procédés industriels, si le marché est principalement domestique pour les acteurs de l'installation et de la réparation d'équipements industriels et pour les acteurs de l'ingénierie et des études techniques, il est international pour les producteurs d'équipements. Sur ce marché,

qui représentait 760 milliards d'euros en 2010, les pays qui représentent les parts de marché les plus importantes sont l'Allemagne, suivie des Etats-Unis et du Japon. La Chine est un acteur dont les parts de marché ne cessent d'augmenter et qui devient peu à peu un des acteurs majeurs de l'offre en équipement industriel (VDMA, 2010).



Source: Statistisches Bundesamt, VDMA

\*) in 1991 and in 2001 shares have been decreased due to the integration of further countries

Source : VDMA, 2010

### Focus sur le marché de l'éco-conception

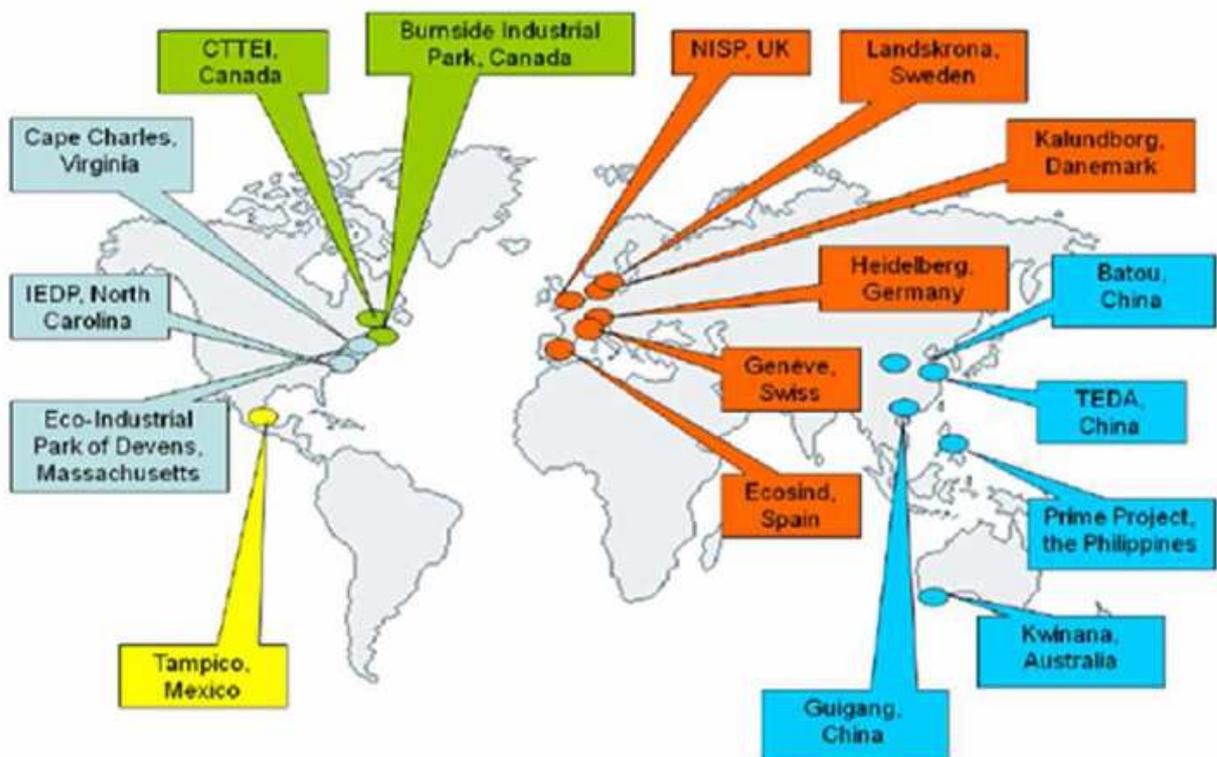
En ce qui concerne l'éco-conception, si ce type de démarche se développe dans un nombre croissant de pays, l'Europe, et notamment le Danemark, l'Allemagne, les Pays-Bas, l'Autriche et la Suède, reste pionnière. Les principaux centres de recherche et cabinets de conseil se concentrent ainsi dans ces pays. La position de leader de l'Europe est par ailleurs renforcée par la politique dynamique de l'Union Européenne sur ce sujet avec notamment la Politique Intégrée des Produits, qui développe l'idée que les préoccupations environnementales doivent prendre en compte toutes les étapes du cycle de vie du produit, et cela, dès sa conception. Cette politique a mené, en 2009, à l'entrée en vigueur de la Directive cadre sur l'éco-conception (Directive ErP, Energy related Products) qui impose des niveaux de performance environnementale minimale à certains types de produits (initialement principalement des petits équipements de type électroménager puis, désormais, de plus en plus d'équipements industriels tels que pompes, moteurs, machines outils...).

A l'échelle internationale, le Japon et le Canada sont également deux pays remarquables. En particulier, le Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG) au Canada est reconnu mondialement.

### Focus sur le marché de l'écologie industrielle

Sur le sujet de l'écologie industrielle, les années 2000 ont vu le nombre de projets dans le monde augmenter considérablement, principalement sur 3 zones au niveau mondial :

- ▶ L'Europe occidentale, pionnière à travers l'expérience danoise de Kalundborg, à laquelle se sont succédées des expériences françaises, allemandes, anglaises, suédoises, suisses et espagnoles
- ▶ La côte Est d'Amérique du Nord, avec des exemples au Canada, en Virginie, Caroline du Nord et dans le



### Cartographie des principaux projets d'écologie industrielle dans le monde

Massachusetts

- ▶ En Asie, avec en tête la Chine, mais également un projet dans les Philippines et en Australie

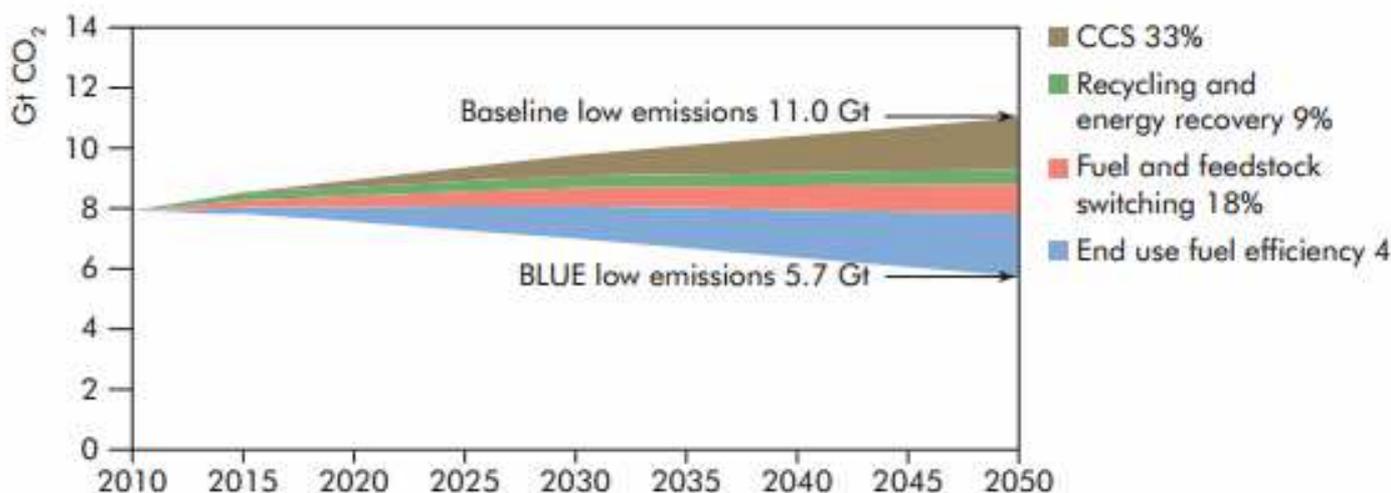
L'expérience du Burnside Industriel Park d'Halifax, expérience d'écologie industrielle la plus aboutie du Canada, a été initiée et menée par l'Eco-Efficiency Centre. Ce Centre a pour objectif d'améliorer la performance économique et environnementale des entreprises du parc d'activité, et de la région d'Halifax en général, via l'écologie industrielle.

A travers l'analyse des flux de matière et d'énergie, le Centre a identifié les synergies possibles entre les 1 300 entreprises implantées sur le parc. Parmi les projets remarquables qui ont pu être mis en œuvre grâce à l'intervention du Centre, on note par exemple :

- ▶ Un partenariat pour la réutilisation de billes de conditionnement en polystyrène,
- ▶ Des partenariats pour le recyclage des peintures : une entreprise recycle les peintures utilisées par une vingtaine de sociétés qui en fabriquent, en vendent ou en utilisent, grâce à un système de récupération à base de solvants
- ▶ La création d'une boucle courte sur le carton d'emballage : du papier cartonné issu d'une entreprise située tout près d'Halifax est recyclé et envoyé chez un fabricant de cartons du Burnside Industrial Park. Ce fabricant l'utilise alors pour fabriquer ses cartons et alimente également les entreprises voisines pour l'emballage de leurs produits. En fin de vie, les cartons sont récupérés par l'entreprise initiale pour fabriquer à nouveau du papier cartonné

Source : ADEME, 2011

**Figure 5.22** ► Options for reducing direct CO<sub>2</sub> emissions from industry to 2050



## 2. Le potentiel de marché

### 1. *Le potentiel de marché à l'International*

Le potentiel de marché à l'international peut être distingué suivant les objectifs recherchés via l'optimisation des procédés industriels :

- Un objectif de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>
- Un objectif de réduction des consommations de ressources

Le potentiel que peut représenter **la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>** est particulièrement bien cadré, en raison des objectifs que s'est fixée la Communauté Internationale sur ce sujet. Ainsi, l'AIE dans ses scénarios pour 2050, estime à plus de 5Gt CO<sub>2</sub> les économies réalisables par l'industrie, dont 2/3 par la mise en place d'actions d'optimisation des procédés (AIE, 2010).

Source : AIE, 2010

Selon l'UNIDO, la simple mise en place des meilleures techniques disponibles pourrait permettre à l'industrie manufacturière (raffineries incluses) de réduire de 26% sa consommation énergétique (un quart dans les pays industrialisés et ¼ dans les pays en développement), correspondant à une économie de 8 600 TWh/an (UNIDO, 2010).

Pour atteindre les objectifs du scénario BLUE en 2050 (scénario permettant de diviser par deux les émissions de CO<sub>2</sub> entre 2005 et 2050), l'AIE chiffre les investissements additionnels devant être réalisés par l'industrie pour limiter ses émissions de CO<sub>2</sub> entre 2 000 et 2 500 milliards de dollars (principalement dans les secteurs du ciment, de l'acier et de la chimie). Globalement ces investissements ne représenteraient que 4% des surcoûts globalement nécessaires pour mettre en œuvre l'ensemble des actions prévues pour atteindre les résultats du scénario de l'AIE (c'est-à-dire les investissements dans les énergies renouvelables, le bâtiment, l'agriculture...), mais permettraient de contribuer à hauteur de 17% à la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. Par ailleurs, ces investissements doivent permettre à l'industrie des économies en termes d'achat de matières premières et seraient selon l'AIE rentables (AIE, 2010).

L'autre potentiel de marché concerne **la réduction des consommations de matières premières non renouvelables**. Sur ce sujet, peu d'études sont aujourd'hui disponibles et se sont attachées à estimer les gisements d'économies potentielles. Des politiques et objectifs existent cependant dans certains pays.

Le Parlement Européen, par exemple, a défini en 2011 une « Stratégie de l'innovation industrielle pour préserver les matières premières et la compétitivité ». Cette stratégie se base sur le constat que l'industrie est confrontée à une situation de plus en plus difficile en ce qui concerne son approvisionnement en matières premières et en particulier pour 14 matières premières critiques. L'accroissement de la demande mondiale, associée à un approvisionnement insuffisant lié au long délai de démarrage des projets miniers et à l'application accrue de restrictions d'exportation par les pays riches en ressources sont à l'origine d'une flambée des prix et d'un risque croissant de pénurie d'approvisionnement.

Les terres rares sont un bon exemple de la dépendance de l'Union Européenne en matière d'approvisionnement, la Chine contrôlant actuellement 97% de la production mondiale et réduisant ses exportations.

L'agence allemande pour l'efficacité des matériaux (DEMEA) estime que 20% des coûts générés par les matières premières pourraient être économisés par des mesures à court terme de modernisation technique (*Wuppertal, 2010*). Les entreprises accompagnées par cette agence ont pu réaliser en moyenne 200 000 € d'économies par an grâce aux gains en efficacité engendrés (DEMEA, 2012).

Le Japon, qui, comme l'Union Européenne manque de ressources naturelles, s'est également fixé des objectifs ambitieux sur ce sujet en visant la réduction de l'utilisation des terres rares d'un tiers dans les années à venir.

## 2. Le potentiel de marché en France

Bien que des initiatives d'optimisation des procédés industriels existent depuis longtemps déjà, il reste encore en France un potentiel de déploiement important de cette filière tant en matière d'énergie, que de consommation de matière première ou d'eau.

En ce qui concerne **le potentiel d'économies d'énergie** dans l'industrie en France, celui-ci est estimé à 83 TWh à horizon 2020 et 194 TWh sur le long terme, soit respectivement 18 et 42% d'économies d'énergie (*WWF E&E, 2012*). Les opérations transverses représentent une part importante de ce gisement puisque le CEREN l'a estimé à 64TWh rien que par la mise en place des meilleurs technologies disponibles (*ADEME CEREN, 2010*).

Les gisements principaux résident aujourd'hui dans les secteurs industriels historiquement couverts par la question de l'optimisation des procédés industriels comme la sidérurgie, la chimie et le papier, mais également dans des secteurs ayant été moins impliqués jusqu'à présent comme l'agroalimentaire. Les industries qui représentent désormais le plus de gisement ne sont ainsi plus uniquement de gros sites, mais également des sites de taille plus modeste, mais en nombre plus important. L'action à l'échelle locale est ainsi essentielle pour les accompagner et faciliter la mise en œuvre de démarches d'optimisation industrielle.

Le marché potentiel que représente l'optimisation des procédés sur l'efficacité dans la consommation de ressources autres qu'énergétiques n'a pas été estimé à ce jour. Peu d'actions ayant été menées pour l'instant sur ce sujet, le marché est potentiellement important, et peut couvrir tous les secteurs d'activité et tous types d'entreprise.

Le déploiement de démarches d'éco-conception et d'écologie industrielle pourrait permettre d'augmenter ces gisements en identifiant d'autres solutions de réduction de l'impact environnemental.

L'éco-conception est en effet encore peu développée et pourra être amenée à se déployer bien davantage, notamment si l'affichage des performances environnementales des produits devient obligatoire pour les produits de grande consommation. Une telle obligation répercuterait la recherche d'améliorations tout au long de la chaîne de fournisseurs et pourrait donc avoir un impact fort en France, mais également à l'étranger.

En ce qui concerne l'écologie industrielle, le potentiel de développement est également très important sur le sol français. Une étude de l'ADEME de 2011 estime compris entre 50 et 75 le nombre de projets pouvant être développés à l'horizon 2020, et entre 170 et 330 en 2030. Ce développement pourrait entraîner :

- ▶ Une création de valeur supplémentaire comprise, selon le scénario, entre 300 millions d'euros et 815 millions d'euros en 2020, et entre 1,4 et 3,5 milliards d'euros d'ici 2030
- ▶ La création de 1 300 à 3 700 emplois en 2020 et entre 6 300 et 16 000 emplois en 2030 (ADEME, 2011)

En ce qui concerne l'offre, bien que des technologies existent d'ores et déjà, de nouvelles solutions devront émerger afin de répondre au mieux aux besoins de l'industrie.

Le développement de la filière française offre des perspectives intéressantes tant pour les acteurs de l'offre de solutions, les activités d'ingénierie, d'installation et de maintenance étant le plus souvent des activités peu délocalisables, que les acteurs de la demande qui peuvent réaliser des économies et des gains de compétitivité via des réductions de consommation et le développement de produits à plus forte valeur ajoutée. Plus généralement pour la France, la réduction de la dépendance de l'industrie française en matières premières non renouvelables (notamment en énergies fossiles) qui sont le plus souvent importées, peut permettre une amélioration de la balance commerciale du pays et limiter les risques d'approvisionnement.

## 4 Les enjeux de développement de la filière

### 1. Les déterminants du développement de la filière

#### 1. *Les principaux moteurs de croissance*

Les principaux moteurs du développement de la filière de l'optimisation industrielle des procédés, à la fois sur la demande et sur l'offre, sont de 4 types :

- ▶ La gestion des risques, qui peuvent être d'ordre réglementaire, économique (variabilité des coûts des matières, approvisionnement...) ou liés à l'image d'entreprise
- ▶ La maîtrise des coûts de production
- ▶ L'augmentation des ventes avec l'environnement et l'énergie comme moyen de différenciation sur des marchés existants, voire permettant la création de nouveaux marchés
- ▶ La fédération des équipes en interne, en favorisant le travail collaboratif entre fonctions de l'entreprise et en stimulant l'innovation

Par ailleurs, plusieurs éléments du contexte européen et français sont favorables au recours à l'optimisation des procédés industriels pour **la gestion des risques** et **la réduction des coûts** :

- ▶ La réglementation Européenne s'étoffe et impose de plus en plus de contraintes de conception (par exemple Règlement REACH, Directive cadre ErP, Directive sur les émissions industrielles qui rendra obligatoire les conclusions des BREFs...)
- ▶ Le **contexte réglementaire français**, à travers les lois Grenelle I et II, et notamment l'obligation faite aux entreprises (au-delà d'une certaine taille) de réaliser un bilan GES et de mettre en place un plan d'action
- ▶ **Un signal prix** de plus en plus important **lié aux ressources et aux émissions** qui incite à une consommation optimisée :
  - **L'existence du marché** européen d'échange des quotas **d'émission** carbone. Ce type d'initiatives se développe d'ailleurs dans d'autres pays (Australie par exemple)
  - La **volatilité des prix des matériaux et de l'énergie** et de manière plus générale, leur tendance à **l'augmentation**.

La recherche **d'augmentation des parts de marché** est la motivation essentielle des entreprises qui mettent en œuvre des actions plus ambitieuses et innovantes pour optimiser leurs procédés. La communication externe sur le sujet de la performance environnementale, que ce soit au niveau de l'entreprise ou du produit fabriqué (label par exemple), devient

alors un enjeu clé. Là aussi, le contexte européen et français sont favorables à ces initiatives :

- ▶ **L'attente croissante des clients** sur la performance environnementale des produits (elle se matérialise par exemple par la croissance importante des ventes de produits labélisés)
- ▶ Une tendance vers plus de **transparence sur la performance environnementale**, notamment en France, avec d'une part l'obligation de publication de données environnementales (article 225 du Grenelle de l'Environnement) pour les entreprises, et d'autre part, une expérimentation de l'affichage environnemental des produits qui pourrait, à terme, se généraliser

## 2. Les principaux freins et verrous

Les principaux freins et verrous au développement de la filière de l'optimisation des procédés industriels sont :

- ▶ Le recul de la part de l'industrie française dans l'activité française et les **difficultés économiques importantes de ce secteur**. Ce point affecte à la fois la demande en technologies performantes, mais également l'offre industrielle française
- ▶ Le **coût d'acquisition d'une technologie plus performante** peut être plus élevé que celui d'une technologie classique et donc freiner l'achat. La notion de coût complet sur l'ensemble du cycle de vie, argument en faveur des technologies les plus propres, est encore peu maîtrisée par les acheteurs
- ▶ Le **financement des investissements** : bien qu'entraînant souvent une réduction des coûts, les industriels peinent à investir dans l'optimisation des procédés industriels en raison d'un retour sur investissement pouvant être trop long. Des mécanismes innovants de financement rétribués sur les économies effectuées émergent cependant. De même, certains industriels proposent directement des solutions de financement à leurs clients, comme Siemens par exemple
- ▶ Une **frilosité à modifier les procédés industriels** : si des progrès ont déjà été faits sur les utilités (air comprimé, vapeur, énergie...), les modifications au cœur des procédés de fabrication sont plus rares, en raison d'une frilosité des industriels à modifier des installations qui fonctionnent. La peur est celle d'une perte de qualité, voire une non-reconnaissance du produit par les consommateurs
- ▶ L'absence de **garantie sur la performance** : le retour sur investissement dans les technologies plus performantes étant basé sur les performances, un frein à l'investissement peut être lié au manque de garanties sur des technologies relativement innovantes
- ▶ Pour les technologies les plus innovantes, la  **Crainte d'un manque de fiabilité** de la technologie et d'une non-compatibilité ou d'une moindre performance de cette dernière lors de son utilisation dans les conditions d'utilisation spécifiques de l'utilisateur (qui peuvent être différentes des conditions d'utilisation « classiques » de la technologie)
- ▶ De manière plus générale, une orientation limitée d'une partie des acteurs économiques et financiers français pour la prise de risques
- ▶ Un **manque de connaissances** des technologies performantes existantes, freinant le développement et la diffusion de ces technologies
- ▶ Dans certains cas, un **manque de technologies** répondant pleinement aux attentes des acteurs de la demande
- ▶ Pour les acteurs de l'offre, un **manque de connaissance des technologies** existant sur le marché

### **Focus sur l'éco-conception et l'écologie industrielle**

Sur les sujets plus spécifiques de l'éco-conception et de l'écologie industrielle, les freins peuvent concerner à la fois l'offre et la demande :

- ▶ La **difficulté de mise en œuvre** : le déploiement de ces deux types de démarches est perçu comme complexe. Il nécessite la mise en place de modes de gouvernance qui diffèrent des pratiques traditionnelles. Pour l'écologie industrielle, cette gouvernance est un enjeu particulièrement important puisqu'il nécessite la collaboration avec d'autres industriels et parties prenantes dont les objectifs peuvent être différents et les

méthodes de travail distinctes

- ▶ Le besoin en **moyens humains et financiers** pour initier et soutenir la démarche, et parfois le surcoût initial associé
- ▶ Le besoin d'une **sensibilisation du management** à ces sujets
- ▶ La nécessité de **collecter des données et de les partager** (avec les fournisseurs et/ou les clients dans le cadre de l'éco-conception, et entre industriels dans le cadre de l'écologie industrielle)
- ▶ Pour l'écologie industrielle, quelques **verrous technologiques** : en particulier les questions du transport et du stockage de l'énergie et la gestion des interfaces entre industries

## **2. Evolutions du paysage concurrentiel et enjeux de développement**

La filière de l'optimisation des procédés industriels est une filière dont les contours sont diffus, en raison des différents concepts qui y sont rattachés (l'efficacité énergétique, l'éco-innovation, l'éco-conception, l'écologie industrielle, les technologies préventives ou curatives...), de la multitude de secteurs couverts, et de ses relations avec de nombreuses autres filières vertes (comme la chimie verte, le traitement de l'eau, la gestion des déchets...). Un des enjeux de son développement figure dans les efforts de structuration, contribuant à fédérer davantage les acteurs, partager les bonnes pratiques, gagner en visibilité et mieux caractériser les gisements d'économies existants tout en respectant les caractéristiques propres aux différents sujets couverts par la filière.

Ces gisements, bien que mal connus en ce qui concerne les économies de matières, sont une des opportunités importantes de la filière. L'enjeu pour son développement consiste à transformer ces gisements potentiels en marché réel via la diffusion des technologies efficaces existantes et le développement de nouvelles technologies innovantes. La sensibilisation des acteurs, un accès facilité aux financements, des rentabilités meilleures, davantage d'assurance quant aux performances des technologies sont autant de facteurs qui pourront faciliter le passage à l'acte des industriels pour s'équiper de telles technologies.

Le développement de la demande sur le sol français pourrait profiter principalement aux acteurs nationaux en ce qui concerne les activités de services, et à des acteurs de portée internationale, principalement allemands, japonais, américains et chinois, mais également français, pour les équipements. Le développement d'offres différentiantes et innovantes tant en termes de solutions technologiques que méthodologiques (éco-conception, écologie industrielle, ...) devrait être un des leviers majeurs pour peser sur ce marché international.

## 5 Synthèse du positionnement national et des enjeux

Atouts (+)	Faiblesses (-)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La présence d'acteurs français du conseil et de l'ingénierie compétents et reconnus sur le sujet.</li> <li>▪ Plusieurs équipementiers industriels français leaders sur le marché mondial.</li> <li>▪ Un gisement important en France en termes d'efficacité (énergétique ou de matières premières).</li> <li>▪ Un cadre réglementaire français et européen favorable au développement de la demande.</li> <li>▪ Des aides et mécanismes financiers soutenant à la fois l'offre et la demande.</li> <li>▪ Les acteurs français présents, voire moteurs, sur les sujets de l'éco-innovation (éco-conception et écologie industrielle).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les difficultés du secteur industriel français qui peine à maintenir son activité et à investir, freinant à la fois l'offre et la demande.</li> <li>▪ Un coût de l'énergie et de l'eau trop faible pour encourager davantage la demande.</li> <li>▪ Une position de faiblesse par rapport à l'Allemagne, le Japon, les Etats-Unis ou la Chine qui disposent à la fois d'un marché domestique important et de parts de marché majeures sur le secteur équipementier.</li> <li>▪ Une filière complexe par son hétérogénéité, aux acteurs multiples, et transverses qui manque de structuration.</li> <li>▪ Des technologies d'optimisation des procédés qui préexistent mais peinent à être déployées par des coûts d'acquisition plus élevés que les technologies conventionnelles et un retour sur investissement pouvant être long, un manque de visibilité sur les bénéfices possibles (économiques, environnementaux, sociaux, sanitaires...) et leur quantification, et des interrogations quant à leur fiabilité, leur compatibilité et leur performance.</li> <li>▪ Un manque d'information de l'industrie sur les technologies existantes.</li> <li>▪ Une difficulté des acteurs de l'offre à mesurer les attentes réelles des industriels en technologies à faible impact environnemental.</li> <li>▪ Des besoins en technologies innovantes pouvant être très spécifiques selon les secteurs entraînant une difficulté de standardisation de l'offre.</li> <li>▪ <u>Ecologie industrielle</u> : existence de verrous spécifiques d'ordre technologiques (transport et stockage d'énergie par exemple) ou sociologiques (capacité à échanger et collaborer) pouvant freiner le développement des projets</li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une volonté politique de soutenir l'industrie française, pour laquelle l'optimisation des procédés peut offrir des gains de compétitivité.</li> <li>▪ Un gisement important d'efficacité (énergétique ou matière) au niveau mondial.</li> <li>▪ Des attentes croissantes des clients (consommateurs, achats publiques, entreprises privées) pouvant tirer l'optimisation environnementale des procédés et leur communication vers le haut.</li> <li>▪ Une opportunité de réduction des consommations de matières premières (énergétiques ou non) dans un contexte de volatilité des prix avec une tendance générale à la hausse</li> <li>▪ Une opportunité pour l'industrie française (offre et demande) de développer des produits à plus haute valeur ajoutée.</li> <li>▪ Une entrée en vigueur de la directive sur les émissions industrielles qui rendra obligatoire les conclusions des BREFs.</li> <li>▪ Un projet d'affichage des performances environnementales des produits de grande consommation en France qui pourrait inciter l'amélioration des procédés, et tirer la demande.</li> <li>▪ Une obligation de transparence sur les performances environnementales des entreprises qui peut mener les entreprises à mettre en place des plans d'action pour optimiser les procédés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un accroissement des difficultés du secteur industriel français qui peut empêcher les investissements en matière d'optimisation pour les acteurs de l'offre (développement de nouvelles solutions) et de la demande (achat de solutions efficaces).</li> <li>▪ Ecologie industrielle et éco-conception : des facteurs nombreux et divers pouvant freiner le développement de démarches d'éco-conception et d'écologie industrielle comme leur complexité perçue, la réticence à partager des informations, ou les besoins en ressources humaines et financières</li> </ul>

### **Bibliographie de référence**

- ADEME, 2011, « Etude d'opportunités sur l'éco-conception de produits (biens et services), les modèles d'affaires et l'écologie industrielle »
- ADEME, 2012, « Développement de solutions Industrielles pour des systèmes de production éco-efficients »
- ADEME BVA, 2009, « Étude de marché pour une boîte à outils éco conception »
- ADEME CEREN, 2010, « Le gisement d'économies d'énergie dans les opérations transverses de l'industrie par secteur d'activité »
- ADEME TOTAL, 2012, « L'efficacité énergétique dans l'industrie : verrous et besoins en R&D »
- DEMA, fiche consultée en juillet 2012, « Mit „go-effizient“ steigern Unternehmen Ihre Rohstoff- und Materialeffizienz - es rechnet sich! »
- EcoAP, site consulté en juillet 2012, [http://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-action-plan/objectives-methodology/index\\_fr.htm](http://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-action-plan/objectives-methodology/index_fr.htm)
- Eurostat, site Internet et bases de données consultées en juillet 2012
- Gimélec, 2009, « LIVRE BLANC Des industriels au service de l'intelligence énergétique – EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE Bâtiment – Infrastructures – Industrie »
- AIE, 2010, « Energy Technology Perspectives »
- AIE, site consulté en juillet 2012, [http://www.iea.org/techno/iaresults.asp?id\\_ia=27](http://www.iea.org/techno/iaresults.asp?id_ia=27)
- INSEE, site Internet et bases de données consultées en juillet 2012
- Joint Research Centre, 2000, « Eco-Design: European State of the Art »
- MEEDDM/CGDD, 2010, « Etude Filières vertes »
- MEEDTL, MEFI, 2011 : Plan d'action de la France en matière d'efficacité énergétique
- Ministère de l'Environnement japonais, 2008, « Fundamental Plan for Establishing a Sound Material-Cycle Society »
- OCDE, 2010, « L'éco-innovation dans l'industrie : favoriser la croissance verte »
- OCDE, 2011, « Resource Productivity in the G8 and the OECD »
- Orée, 2009, « Mettre en oeuvre une démarche d'écologie industrielle sur un parc d'activités »
- Parlement Européen, 2011, <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=REPORT&reference=A7-2011-0288&language=FR#title2>
- SEED, 2002, « Plaquette SEED: un bref aperçu »
- SOES, site Internet et bases de données consultées en juillet 2012
- Syntec-Ingénierie, site consulté en juillet 2012, <http://www.syntec-ingenierie.fr/lingenierie-et-ses-metiers/lingenierie/chiffres-cles/structure-des-societes/>
- Syntec-Ingénierie, 2010, « Convention d'Engagement Volontaire des Acteurs de l'Ingénierie »
- Syntec-Ingénierie, 2012, « Les activités 2011-2012 »
- UNIDO, 2010, « Global Industrial Energy Efficiency Benchmarking »
- VDMA, 2010, « Mechanical engineering - Figures and charts 2010 »
- Wuppertal, 2010, « Final Report on the Material Efficiency and Ressource Conservation »
- WWF E&E, 2012, « Gisement d'économie d'énergie dans l'industrie »

# 13 - RESEAUX ELECTRIQUES INTELLIGENTS

## 1 Synthèse

### Présentation

#### Définition et périmètre

La plateforme technologique européenne sur les « Smart Grids » définit les réseaux électriques intelligents comme: « un système électrique capable d'intégrer de manière intelligente les actions des différents utilisateurs, consommateurs et/ou producteurs afin de maintenir une fourniture d'électricité efficace, durable, économique et sécurisée ».

Les réseaux électriques intelligents s'appuient sur des produits et services associant aux technologies électriques, les technologies de l'information, de la communication, de l'observation et du contrôle. Ces systèmes font partie des outils accompagnant un changement de paradigme dans la gestion des réseaux électriques, notamment de distribution.

### Chiffres clés

Objectif de 35 millions de compteurs communicants Linky installés d'ici 2020 en France, pour un coût de 4,3 milliards d'euros (*ERDF, 2012*)

Estimation de 15 milliards d'euros d'investissements requis d'ici 2030 dans les réseaux intelligents en France (*DGEC, 2011*)

10 projets de démonstration financés par l'ADEME dans le cadre des Investissements d'Avenir pour une aide totale de 41 millions d'euros (*ADEME et site internet consacré aux Investissements d'avenir, 2012*)

Un Institut d'Excellence en Energies Décarbonées, nommé Supergrid, dédié aux technologies de réseaux de transport

## 2 Présentation de la filière

Dans l'objectif notamment de garantir la sécurité d'approvisionnement, de maîtriser la facture énergétique des consommateurs et des ménages ainsi que d'améliorer la qualité et la continuité de l'alimentation électrique, les activités et technologies développées autour des « Réseaux électriques intelligents » peuvent être segmentées en 7 familles :

- ▶ Les équipements des réseaux de transport et de distribution
- ▶ Les infrastructures de comptage évolué et les services associés
- ▶ Le management de l'énergie et l'effacement
- ▶ Les infrastructures de charge pour véhicules électriques
- ▶ Les centrales virtuelles de production
- ▶ L'îlotage et les micro-réseaux
- ▶ La cybersécurité

Ces technologies et services sont plus particulièrement détaillés ci-dessous :

#### Les équipements des réseaux de transport et de distribution

Il s'agit d'un segment historique qui regroupe les grands équipements de réseaux tels que les équipements d'électronique de puissance et les équipements de gestion de flux (ou FACTS – Flexible Alternative Current Transmission System) ainsi que des équipements permettant de développer l'intelligence des réseaux. Parmi ces derniers se retrouvent notamment les capteurs (qui permettent d'obtenir une vision précise de l'état du système électrique), les équipements de contrôle commande, les systèmes de communication et de traitement de l'information et plus généralement tout équipement permettant d'automatiser les réseaux.

### **Les infrastructures de comptage évolué et les services associés**

Les infrastructures de comptage évolué regroupent : les compteurs, l'infrastructure de communication ainsi que le système d'information. Selon leurs fonctionnalités, ces infrastructures de comptage peuvent être classés en deux catégories :

- ▶ **infrastructure de lecture automatique (dite AMR pour « Automated Meter Reading »)** à sens unique : le compteur mesure la consommation réelle, l'enregistre et transmet automatiquement les données au réseau ;
- ▶ **infrastructure de comptage communicante (dite AMM pour « Advanced Metering Management »)** : elle permet une communication bidirectionnelle (peut à la fois transmettre et recevoir des données) entre les compteurs et les infrastructures déployées dans les réseaux . Les informations peuvent être consultées par une fonction d'affichage (écran, site internet...).

Sur la base de l'infrastructure de communication déployée et des données de consommation disponibles, de nombreuses fonctionnalités sont utilisées dans les infrastructures de type AMM à la fois dans une meilleure gestion opérationnelle des réseaux de distribution (détection de défauts et de pannes, gestion d'ordres vers des équipements), dans la préparation et l'optimisation des investissements, et dans la définition de nouveaux services pour les consommateurs. Ceux-ci incluent ou envisagent d'inclure des opérations à distance (changement de fournisseur, changement de puissance de souscription, nouvelles offres tarifaires) ainsi que de nouveaux services énergétiques se basant sur une connaissance plus fine des usages (affichage des consommations, pilotage des usages notamment le chauffage et la climatisation, services d'effacement à la pointe). En fonction de la structure des marchés, ces services peuvent être proposés directement par le fournisseur d'énergie ou par une société de services énergétiques. Le compteur devient ainsi une interface évolutive entre les réseaux et le consommateur au service notamment de la maîtrise de la demande en puissance et en énergie et de l'optimisation des investissements sur les réseaux.

### **Le management de l'énergie et l'effacement**

Le management de l'énergie regroupe les systèmes de pilotage de la demande ainsi que les services associés de conseil énergétique. Y figurent notamment les services à destination des consommateurs tels que le conseil tarifaire, les informations sur la facturation ou la gestion énergétique de bâtiments industriels, commerciaux et résidentiels.

S'ajoutant à ces solutions « traditionnelles », de nouvelles architectures de gestion de l'énergie se développent dans lesquelles le bâtiment intelligent est désormais connecté à des sociétés de services énergétiques et aussi à des opérateurs de réseaux énergétiques afin de proposer au réseau des services tels que l'effacement de consommation. L'effacement de consommation consiste à ne pas consommer d'électricité durant une période donnée (notamment lorsque son coût est le plus élevé) en reportant cette consommation à une période plus vertueuse. Utilisée à grande échelle, cette solution permet de diminuer les pics de consommation et donc d'opérer un lissage des courbes de consommation.

Les trois familles ci-dessus sont dans l'ensemble commercialement matures et voient aujourd'hui d'importantes évolutions technologiques grâce aux progrès dans les technologies de l'information et de la communication ainsi que dans l'électronique de puissance. Les quatre autres familles ci-dessous représentent des marchés plus petits avec des niveaux de développement distincts et des perspectives de croissance importantes.

### **Les infrastructures de charge pour véhicules électriques**

Les équipements mis en œuvre ont pour objectif de faciliter l'insertion sur le réseau des infrastructures de charge en adaptant les périodes de recharge aux états des réseaux et de la production électrique. De nouveaux équipements sont également en développement en relation avec les concepts « Vehicle to Home » (V2H) et « Vehicle to Grid » (V2G). Ces concepts, sous réserve de leur pertinence technico-économique, permettraient l'utilisation des batteries des futurs véhicules électriques comme moyen de stockage et de restitution d'électricité pour réduire la puissance appelée par un domicile sur les réseaux (V2H), voire fournir un apport de puissance directement sur les réseaux (V2G).

### **Les centrales virtuelles de production**

Une centrale virtuelle de production (ou VPP pour « Virtual Power Plant ») permet d'optimiser la gestion d'un parc de production constitué de sources distribuées (fermes éoliennes et solaires, bâtiments à énergie positive, etc.). Ces moyens de production sont reliés à un système de pilotage de consommation et éventuellement à des capacités de stockage d'énergie (systèmes de stockage stationnaires connectés, bornes de charge de véhicules électriques, etc.).

### **L'îlotage et les micro-réseaux**

L'îlotage et les micro-réseaux regroupent des technologies permettant de créer un réseau indépendant isolé du réseau électrique principal et composé de moyens décentralisés de production, d'un système de pilotage et de capacités de stockage. Le recours à ces technologies est utile pour des applications isolées sur des sites non raccordés au réseau ou pour la protection d'infrastructures critiques contre les risques de défaillance du réseau.

### **La cybersécurité**

La cybersécurité concerne les technologies de sécurisation des réseaux électriques devenues nécessaires compte tenu du développement de nouvelles technologies de l'information, de la communication et de traitement des données.

## **3**

## **Présentation du marché et de ses perspectives de développement**

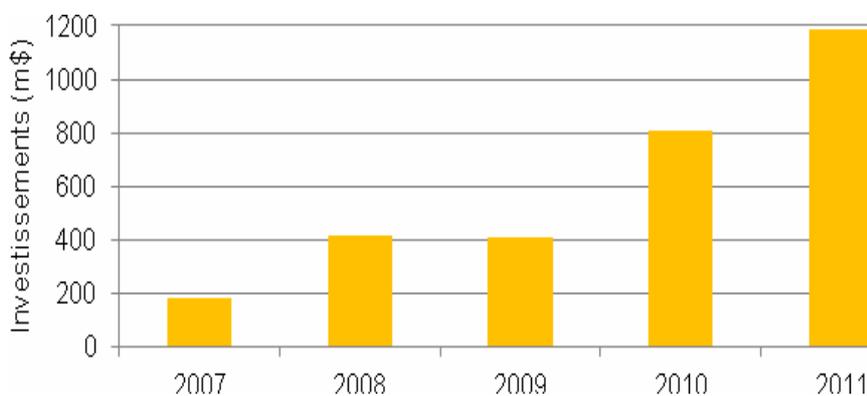
### **1. Etat des lieux et dynamique récente du marché à l'international**

#### ***Un marché en pleine évolution dans son ensemble***

##### Des investissements en hausse ces dernières années

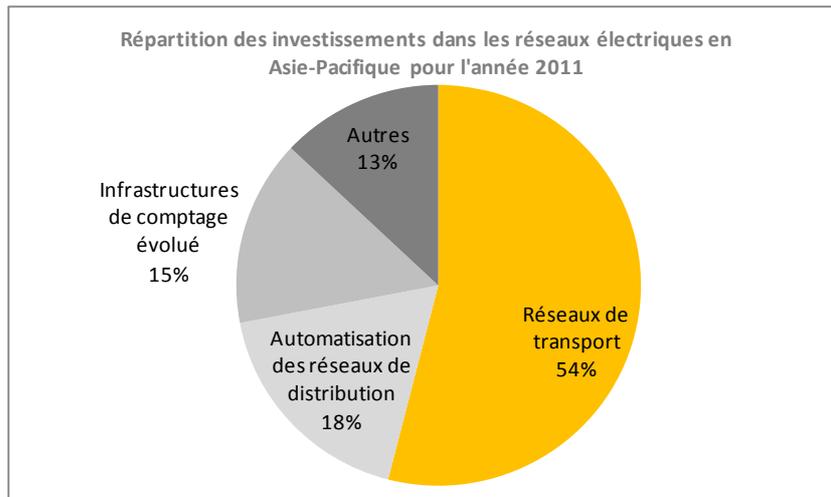
Au niveau mondial, le marché des réseaux électriques intelligents est en forte croissance du fait, entre autres, de politiques énergétiques nationales. A titre d'illustration, l'année 2011 a été marquée par une augmentation des investissements :

**Evolution des investissements mondiaux dans les réseaux électriques intelligents de 2007 à 2011**



Source : Analyse Ernst&Young d'après données de Mercom Capital Group

Le marché est particulièrement dynamique en région Asie-Pacifique avec des pays moteurs tels que la Chine (7 milliards de dollars réservés pour des prêts incitatifs et des subventions en 2011), l'Inde (investissement de 26 milliards de dollars prévu entre 2011 et 2015), le Japon (financement de quatre projets de démonstration pour un budget total de près de 790 millions d'euros sur la période 2010-2015) et la Corée du Sud (environ 800 millions d'euros) (CAS, 2012 ; GreenUnivers, 2012). Ce dynamisme s'explique notamment par la forte augmentation de la demande en électricité ainsi que par la part croissante d'énergies intermittentes dans les mix énergétiques nécessitant des investissements pour développer et étendre les réseaux électriques. Les investissements en région Asie-Pacifique ont ainsi représenté un montant cumulé de 9 milliards d'euros pour l'année 2011 (DGEC, 2012).



Source : DGEC, 2012

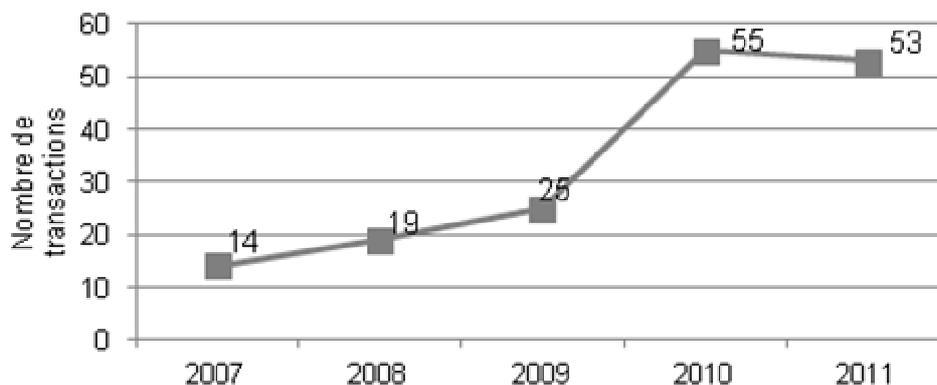
La croissance du marché européen des réseaux électriques intelligents est portée par l'atteinte des objectifs fixés pour 2020 en termes d'efficacité énergétique, d'intégration d'énergies renouvelables et de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>.

Le marché Nord-Américain croît également, notamment porté par la nécessité de rénover des réseaux électriques vieillissants ainsi que par les investissements du programme Smart Grid lancé en 2009 dans le cadre du plan de relance économique : « American Recovery and Reinvestment Act » (ARRA). Ce programme dispose d'un budget total de près de 4,5 milliards de dollars (IEA, 2011).

#### Une multiplication des rapprochements et des fusions acquisitions

Une autre illustration du dynamisme du marché des réseaux électriques intelligents est le nombre important de rapprochements entre acteurs et de fusions-acquisitions opérées ces dernières années, illustrés dans le graphique ci-dessous :

**Evolution du nombre de transactions au niveau mondial dans les réseaux électriques intelligents de 2007 à 2011**



Source : Analyse Ernst&Young d'après données de Mercom Capital Group

Ainsi sur le segment des **infrastructures de comptage**, à titre d'exemple, le leader mondial Landis&Gyr a été racheté en 2011 par le japonais Toshiba pour 2,3 milliards de dollars. Disposant d'un site de production en France, le groupe envisage de capter 40% du marché français. General Electric a également racheté 90% de la société Converteam qui

réalise de la conversion électrique et de l'automatisation pour 3,2 milliards de dollars et Siemens l'américain eMeter, un des leaders mondiaux de logiciels pour compteurs intelligents.

Sur le segment des **TIC**, le français Alcatel-Lucent s'est allié avec le chinois State Grid Information & Telecommunication Company (SGIT), filiale de State Grid Corporation of China (SGCC) alors qu'Atos Origin s'est lancé sur le marché chinois à travers une association entre sa filiale Atos WorldGrid et ZTE. De plus, Siemens a injecté des fonds dans la start-up américaine Tendril opérant dans le pilotage des consommations d'énergie du foyer et Google a soutenu la start-up californienne Silver Spring Networks opérant dans les logiciels de données pour compteurs intelligents. Enfin, IBM a racheté la start-up américaine Tririga, spécialiste des logiciels de gestion des bâtiments.

Concernant la **gestion des réseaux**, Alstom Grid a racheté le britannique Psymetrix, spécialisé dans les applications logicielles pour le pilotage et la surveillance des réseaux ainsi que la société américaine Utility Integration Solutions (UISOL), spécialiste de l'effacement. De son côté, Schneider Electric a acquis l'espagnol Telvent, spécialiste de logiciels de gestion des réseaux pour 1,4 milliards d'euros ainsi que l'américain Summit Energy, fournissant des services d'analyse et d'économies d'énergie pour 190 millions d'euros.

Dans le **domaine de l'effacement**, Schneider Electric a racheté 51% d'Energy Pool fin 2010 alors que le leader mondial EnerNOC a racheté l'australien Energy Response pour 27,9 millions de dollars. Enfin, Johnson Controls a racheté le californien EnergyConnect Group pour 32,3 millions de dollars (*GreenUnivers, 2012*).

### **Zoom sur le marché des équipements des réseaux de transport et de distribution**

Ce segment de marché est communément subdivisé en deux sous-segments que sont les grands équipements de réseau et les systèmes permettant d'améliorer l'automatisation et la gestion des réseaux. Le premier segment regroupe notamment des ouvrages tels que lignes électriques à courant continu, les lignes électriques très hautes tensions ou encore les équipements à base d'électronique de puissance. Il s'agit d'un marché en croissance avec une augmentation des investissements au niveau mondial notamment portée par des pays tels que la Chine et les Etats-Unis qui souhaitent moderniser leurs réseaux de transports et de distribution.

### **Zoom sur le marché des compteurs évolués et des services associés**

Le déploiement des infrastructures de comptage **en Europe** a commencé à l'initiative de l'Italie puis de la Suède avec des systèmes de comptage offrant uniquement la fonction de télé-relève (« Automated Meter Reading ») :

- ▶ En Italie, Enel a débuté le déploiement de compteurs en 2001 avec des investissements de 2,1 milliards d'euros sur 5 ans (*CRE, 2012 (b)*). L'Italie dispose à présent d'un parc de 36 millions de compteurs évolués.
- ▶ En Suède, après de premières études débutées en 2001, le taux de pénétration des compteurs évolués est aujourd'hui proche de 100% pour un total de 5,3 millions de compteurs déployés et un investissement de 1,5 milliards d'euros (*GreenUnivers, 2012*).

Des projets de déploiement sont également annoncés dans le reste de l'Europe avec des projets démonstrateurs déjà en cours :

- ▶ En Allemagne, le programme de démonstration « E-energy : ICT-based Energy system of the Future » a été annoncé en 2006 avec 15 milliards d'euros d'investissements; six démonstrateurs ont déjà été financés à hauteur de 140 millions d'euros (*CRE, 2012 (d)*).
- ▶ En Espagne, le projet « STAR » de modernisation de plus de 600 postes de transformation et de remplacement de 100 000 compteurs dans la ville de Castellón a reçu un investissement de 22 millions d'euros de la part d'Iberdrola. La société a de plus annoncé début 2012 le déploiement d'un million de compteurs d'ici 2018 impliquant 7 fabricants (*Pike Research, 2012 (c)*).

**Au Etats-Unis**, 10,9 millions de compteurs évolués ont été déployés au 30 juin 2012 contre 5,9 millions au 30 juin 2011 dans le cadre du « Recovery Act Smart Grid Investment Grant » (SGIG) (*SmartGrid.gov, 2012*).

Selon Pike Research, l'année 2011 a connu un très fort taux de déploiement de compteurs avec la vente de près de 73 millions de compteurs à travers **le monde** dont 71% ont été déployés en Chine (*Pike Research, 2012 (b)*). Les trois derniers mois de l'année 2011 ont toutefois été marqués par un ralentissement du marché avec une diminution de 8% du nombre de compteurs vendus sous l'effet notamment d'une baisse du nombre de grands projets annoncés. Ce ralentissement s'est accru durant les trois premiers mois de l'année 2012 avec une diminution de 15% du volume de ventes avec en particulier une baisse observée en Amérique du Nord liée au quasi épuisement du fonds ARRA et à l'achèvement de plusieurs projets (*Pike Research, 2012 (c)*). Cependant, plusieurs projets de déploiement de compteurs

ont été annoncés à la fin de l'année 2011 (déploiement de 17 millions de compteurs au Japon et 5,5 millions au Canada notamment).

En 2011, le nombre de compteurs évolués déployés dans le monde a été estimé à environ 200 millions dont 50 millions en Europe, 40 millions en Amérique du Nord et en Chine (DGEC, 2012).

### **Autres équipements et services**

En ce qui concerne les autres catégories d'équipements, **les technologies d'ilotage et des micro-réseaux** représentent en 2011 un marché mondial de 4,5 milliards d'euros avec des démonstrateurs sur des campus américains et pour des applications militaires (DGEC, 2012). Selon Pike Research, l'Amérique du Nord demeure le marché le plus prometteur concernant la technologie de micro-réseau rattaché au réseau de distribution avec une augmentation des capacités installées de 51% sur les 6 premiers mois de l'année 2012. Ces capacités installées sont ainsi passées de 1 026 MW fin 2011 à 1 550 MW à mi 2012 (Pike Research, 2012 (d)).

Le marché mondial de **la gestion des services énergétiques** était en 2011 de 23,2 milliards d'euros et celui de **l'effacement** était estimé à 1 milliard d'euros, ce dernier étant tiré par la grande volatilité des prix des marchés de l'électricité. Ce phénomène s'explique par les aléas climatiques affectant la demande en électricité ainsi que par l'intégration des énergies renouvelables.

**Le marché des technologies se rapportant aux infrastructures de charge pour véhicules électriques** était quant-à-lui estimé à 0,3 milliards d'euros en 2011 (DGEC, 2012).

## **2. Le potentiel de marché**

### *1. Le potentiel de marché à l'International*

Les diverses études réalisées sur l'évolution du marché des réseaux électriques intelligents à l'international n'adopte pas les mêmes hypothèses en terme de périmètre couvert. Les résultats obtenus doivent donc être comparés avec la plus grande prudence. Une étude du cabinet McKinsey réalisée en 2010 estime que le marché annuel serait compris entre 15 et 31 milliards de dollars en 2014 dont : entre 3 et 10 milliards pour les équipements de maîtrise de la demande, entre 7 et 13 milliards pour les systèmes de comptage et entre 5 et 8 milliards pour les équipements de réseau (DGEC, 2011). Le déploiement de ces technologies de réseaux sera étalé sur une plus longue période en Europe qui dispose aujourd'hui d'infrastructures électriques moins âgées que celles des Etats-Unis par exemple.

Le marché des réseaux électriques intelligents est amené à se développer aux Etats-Unis, en Chine et en Europe selon des stratégies diverses. Ainsi la Chine privilégie le développement de réseaux de transport intelligent très haute tension alors que l'Europe travaille à l'essor de réseaux de distribution intelligents. Les Etats-Unis quant-à eux développent les deux champs d'application précités en privilégiant cependant la thématique des réseaux de transport très haute tension. En Chine, dans un souci de modernisation du réseau électrique du pays, le 12<sup>ème</sup> plan quinquennal chinois consacrera une part significative des investissements à la construction de lignes électriques très haute tension.

D'après le programme stratégique de recherche à horizon 2035 de la plateforme européenne Smartgrids, les membres de l'Union Européenne auraient à investir plus de entre 1500 et 2200 milliards d'euros dans les réseaux électriques entre 2011 et 2050 (soit en moyenne 50 milliards d'euros par an)(European Technology Platform, 2012).

### **Zoom sur le marché des équipements des réseaux de transport et de distribution**

Ce marché est en croissance avec une augmentation des investissements au niveau mondial notamment portée par des pays tels que la Chine et les Etats-Unis qui souhaitent moderniser leurs réseaux de transports et de distribution. D'ici 2020, 220 milliards de dollars d'investissements dans les réseaux haute tension à courant continu sont planifiés à l'échelle mondiale. Toutefois, l'institut Pike Research estime que les investissements effectivement réalisés sur cette période seront compris entre 110 et 120 milliards de dollars notamment de part l'importance des sommes nécessaires à la mise en place de telles infrastructures (Pike Research, 2012 (h)).

L'intérêt de l'industrie croit envers des investissements dans des technologies d'automatisation permettant une surveillance active de la transmission et de la distribution sur les réseaux, et réalisant de façon autonome des opérations visant à gagner en fiabilité et en efficacité. Le chiffre d'affaires mondial lié aux ventes de systèmes de télésurveillance et acquisition de données devrait conserver un taux de croissance annuel de 7% entre 2012 et 2020. Ces systèmes connaîtront une croissance supérieure dans les applications de distribution que dans celles de transmission (Pike Research, 2012 (i)).

### **Zoom sur le marché des compteurs évolués et des services associés**

Le développement des réseaux électriques intelligents passera, dans un premier temps en Europe, par le déploiement

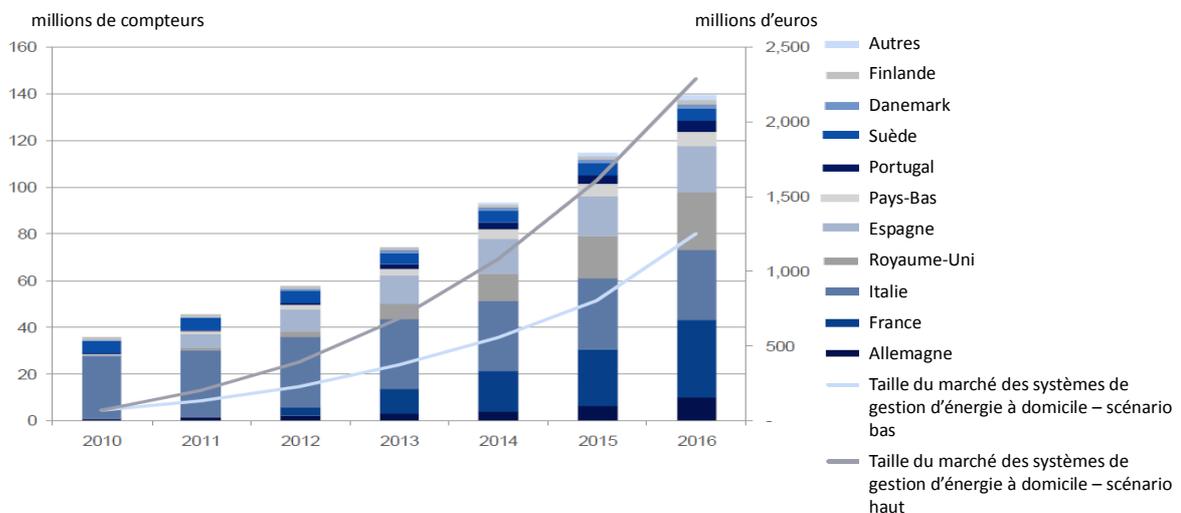
des systèmes de comptage évolués. Sur la base des informations fournies par ces compteurs communicants, les services de maîtrise de la demande en énergie et les équipements de gestion de l'énergie pourront à leur tour se développer. Sur les services de l'effacement, des entreprises françaises comme Schneider Electric se positionnent avec le rachat d'Energy Pool.

Une estimation de l'évolution du marché des compteurs évolués par zone géographique est fournie dans le tableau ci-dessous :

Principales zones géographiques	Nombre de compteurs déployés en 2011 (millions d'unités)	Estimation du nombre de compteurs déployés en 2020 (millions d'unités)
Amérique du Nord	40	110
Europe	50	240
Chine	40	700
Reste	70	>200
<b>Total</b>	<b>200</b>	<b>&gt;1 300</b>

Source : DGEC, 2012

Pike Research rappelle quant-à-lui que cette évolution devrait se faire par vagues régionales débutant par l'Amérique du Nord qui devrait atteindre un pic d'unités installées en 2012, suivie de la zone Asie-Pacifique avec un pic en 2015 pour finir par l'Europe dont le pic est anticipé pour 2017 (Pike Research, 2012 (f)). Le graphique ci-dessous présente une estimation de l'évolution du nombre de compteurs évolués déployés dans les pays membres de l'Union Européenne à l'horizon 2016. Actuellement dominé par l'Italie et la Suède, pays précurseurs dans le déploiement d'infrastructures de comptage en Europe, le marché européen des compteurs évolués devrait, d'ici 2016, se répartir majoritairement entre 5 pays : l'Allemagne, la France, l'Italie, le Royaume-Uni et l'Espagne.



Estimation de l'évolution du nombre de compteurs évolués déployés dans les pays membre de l'Union Européenne à l'horizon 2016 et de la taille du marché des systèmes de gestion d'énergie à domicile. (New Energy Finance, 2010)

Le segment des compteurs évolués devrait continuer à tirer le marché des réseaux électriques intelligents durant les 2 à 3 prochaines années selon l'analyse de Pike Research. Cependant les investissements dans les infrastructures de comptage évolués devraient ralentir après 2015. En effet, les opérateurs de réseau investissant aujourd'hui dans les infrastructures de comptage devraient être amenés à privilégier des projets fournissant un retour sur investissement plus rapide, tels que des projets d'amélioration du réseau procurant des gains importants en termes de fiabilité, de sécurité, d'efficacité et moins tributaires du changement de comportement des consommateurs (Pike Research, 2012 (g)).

### Autres équipements et services

Au-delà du marché des infrastructures de comptage évolué, une estimation de l'évolution des principaux autres segments de marché est détaillée dans le tableau ci-dessous :

Segments de marché	Taille de marché annuel en 2011 (milliards d'euros)	Estimation de la taille de marché annuel en 2017 (milliards d'euros)
Services énergétiques	23,2	50,9
Ilotage et micro-réseaux	4,5	13,4
Effacement	1	4,7
Infrastructures de charge pour véhicules électriques	0,3	3,3

Source : DGEC, 2012

Les plus fortes croissances concernent les segments de l'effacement, avec un phénomène de concentration des acteurs, et des infrastructures de charge pour véhicules électriques avec 7,7 millions de points de recharge (majoritairement à domicile) prévus dans le monde pour 2017 permettant de gérer une flotte de 5,1 millions de véhicules.

Les technologies de **cybersécurité** devraient représenter des investissements cumulés à l'échelle mondiale de 14 milliards de dollars sur la période 2011-2018, la sécurité des systèmes de contrôle représentant le marché au plus fort potentiel du fait de leur rôle clé dans la stabilité des réseaux (Pike Research, 2012 (e)).

Enfin le tableau ci-dessous illustre le potentiel de développement du marché **des VPP et micro-réseaux** :

	Capacité de production gérée en 2011 (en GW)	Estimation de la capacité de production gérée en 2017 (en GW)
Centrales virtuelles (VPP)	55,6	91,7
Micro-réseaux (micro-grids)	1,4	4,7

Source : DGEC, 2012

## 2. Le potentiel de marché en France

Le marché français des réseaux intelligents devrait connaître une croissance importante au cours des prochaines années à travers le développement des compteurs évolués. Ainsi, les investissements dans le domaine des réseaux électriques intelligents en France ont été estimés par la CRE à 15 milliards d'euros d'ici à 2030 (DGEC, 2011).

Le marché français des équipements de réseaux de transport et de distribution est globalement mature. Des investissements sur de nouveaux types d'ouvrages tels que les lignes et réseaux à courant continu ou les câbles souterrains, sont en cours à l'image de l'interconnexion France-Espagne et d'autres pourraient voir le jour dans les années à venir dans le cadre de renforcements des interconnexions européennes. De plus, les perspectives françaises de développement des énergies renouvelables, notamment le photovoltaïque, l'éolien maritime et les énergies marines renouvelables, et des véhicules électriques, couplées aux retours d'expérience des démonstrateurs financés dans le cadre des Investissements d'Avenir, permettront à ce marché d'être dynamique.

Concernant spécifiquement le marché des infrastructures de comptage évolué, le premier appel d'offre pour le déploiement de 7 millions de compteurs Linky à partir de 2013 devrait être lancé rapidement suscitant l'intérêt des sociétés Landis&Gyr, Itron et Iskraemeco ayant participé à la phase de test ainsi que l'ensemble des acteurs industriels du comptage. Ce premier appel d'offre sera suivi de plusieurs autres avec pour objectif le déploiement de 35 millions de compteurs d'ici 2020. L'investissement total porté par ERDF atteindrait 4,5 milliards d'euros (*site internet du Sénat*).

Outre le marché des infrastructures de comptage évolué, celui des équipements et services de maîtrise de la demande en énergie et en puissance devrait également connaître un développement significatif au cours des prochaines années.

## 4 Les enjeux de développement de la filière

Les déterminants du développement de la filière

Les principaux moteurs de croissance

Le contexte de développement favorable dont bénéficie la filière des réseaux électriques intelligents peut s'expliquer par la combinaison des facteurs suivants:

Le développement de réseaux de transport et de distribution d'électricité intelligents et optimisés à travers l'utilisation de nouveaux équipements (sous-stations, réseaux de capteurs, systèmes de contrôle, systèmes de transmission et de distribution etc.) ;

L'intégration d'équipements permettant de faciliter l'intégration massive sur le réseau de moyens répartis de stockage d'énergie et de production renouvelable intermittente ;

La mise en place de systèmes permettant le contrôle de la demande et l'amélioration de l'efficacité énergétique ;

La mise en place de systèmes permettant l'insertion des véhicules électriques sur les réseaux ;

L'augmentation rapide des besoins mondiaux en électricité;

L'augmentation du prix des énergies fossiles et de l'électricité favorisant les économies d'énergie notamment par la maîtrise des consommations.

Selon les besoins des pays, le développement de la filière peut également être porté par la nécessité de moderniser des réseaux vieillissants ou de reporter les investissements devant être réalisés sur le réseau par une meilleure gestion de ce dernier.

Les principaux freins et verrous

Les trois principaux verrous impactant le développement économique de la filière ne sont pas de nature technique mais résident dans l'organisation du marché :

Le premier verrou concerne les modèles d'affaires des nouvelles architectures de réseaux permettant d'accroître les capacités de flexibilité des réseaux. La structure du marché européen séparant les activités de production, de fourniture, des réseaux de transport et de distribution est un verrou pour les services apportant de la valeur à plusieurs parties prenantes des réseaux. Ceci pourrait être résolu par la définition de nouveaux acteurs ou par l'adaptation des réglementations et régulations existantes ;

Le second verrou concerne la compatibilité des solutions de communication entre équipements instrumentés et centres de contrôle et de pilotage via la convergence des normes internationales pour assurer l'interopérabilité des systèmes ;

Le troisième verrou concerne le besoin de synergies industrielles entre les filières industrielles de l'électricité et notamment celles des technologies d'information et de communication, des énergies renouvelables, des véhicules et du bâtiment. Les technologies de réseaux intelligents sont une opportunité de croissance, voire une condition de déploiement, pour ces filières, mais la levée des barrières à l'entrée du marché dépendra de la création de partenariats entre les acteurs de ces filières.

En plus de ces trois principaux verrous viennent s'ajouter des verrous de natures différentes :

Les verrous technologiques

L'intégration des composants et systèmes de réseaux intelligents au sein d'infrastructures existantes sans impacter la qualité de fourniture et la sécurité d'approvisionnement ;

La cybersécurité et la sécurisation physique des équipements de réseaux intelligents ;

La mise à jour des systèmes d'information des opérateurs de réseaux du fait des nouvelles possibilités techniques et de l'augmentation des quantités de données à traiter.

Les verrous socio-économiques

L'acceptabilité sociétale puis l'adoption par le consommateur des produits et services offerts par les réseaux intelligents ;

La garantie de confidentialité et de sécurisation des données de consommation ;

L'incertitude sur le rythme de développement et le taux de pénétration de certaines technologies telles que les véhicules électriques et les bâtiments à énergie positive.

Evolutions du paysage concurrentiel et enjeux de développement

Les réseaux intelligents se développeront d'abord dans les pays où les réseaux actuels ont besoin d'être modernisés, comme les Etats-Unis, et dans les pays à forte croissance, comme en Asie. L'Europe investira également dans les

réseaux intelligents via le déploiement des infrastructures de comptage évolué et pour accompagner l'installation de nouvelles capacités de production renouvelables intermittentes. Le segment des réseaux intelligents dont le marché est le plus prévisible est celui des compteurs communicants ou intelligents. Ce marché sera fortement dominé par la Chine (700 millions de compteurs installés d'ici 2020) suivi par l'Europe et les Etats-Unis. Par ailleurs, la France avec le déploiement de 35 millions de compteurs Linky représente le plus gros marché unitaire mondial, ce qui pourrait lui permettre de se positionner parmi les acteurs les plus actifs sur la scène internationale.

En termes d'investissements en capitaux, les compteurs intelligents ont représenté 700 millions de dollars en 2011, pour un volume d'investissement en capital de près d'un milliard de dollars sur l'ensemble des types d'activités et de technologies qui composent les réseaux électriques intelligents (Source : Ernst & Young, d'après Bloomberg). Le déploiement des compteurs intelligents devrait accélérer le développement de services énergétiques et de services d'effacement. Aujourd'hui, sur ces secteurs émergents et dépendants fortement de la régulation du secteur de l'électricité, les leaders de demain ne sont pas encore identifiés. Plus globalement, les nombreuses fusions et acquisitions dans ces secteurs d'activité montrent qu'ils sont encore en cours de maturation et de consolidation. Les projets de démonstration en cours dans le cadre des Investissements d'Avenir ont pour objectif à la fois de renforcer le savoir-faire dans ce domaine et de tester de nouveaux modèles d'affaires sur les nouveaux services énergétiques, mais aussi de servir de référence internationale pour les acteurs français.

Le cadre réglementaire devrait également évoluer dans le cadre du mécanisme de capacité prévu par la loi NOME, de la définition de la prochaine phase du Tarif d'Utilisation des Réseaux Publics d'Electricité (TURPE) et de propositions de nouvelles tarifications de l'énergie. Ces évolutions pourraient être une opportunité pour soutenir le développement des réseaux électriques intelligents via notamment plus de variabilité et de flexibilité au niveau des prix sur des périodes plus réduites de la journée.

L'installation d'une capacité significative de productions intermittentes d'électricité en France devrait être accompagnée par le développement de solutions de stockage d'énergie. La France, qui dispose aujourd'hui de 4 200 MW de capacité installée de STEP (4 170 MW en pompage et 4 940 MW en turbinage) (DGEC, 2011), pourrait augmenter ces capacités pour fournir de la flexibilité au système électrique dans son ensemble. Par ailleurs, le déploiement des véhicules électriques en France pourrait représenter une partie de la solution, à condition que la charge de ces véhicules soit pilotable et ait lieu principalement pendant les périodes creuses.

Enfin, les travaux sur la définition des normes et standards en cours dans le cadre des mandats européens M/490 et M/441, en lien étroit avec les travaux au NIST aux Etats-Unis et à l'IEC, devraient permettre de consolider le positionnement des industriels européens et accélérer le déploiement d'architectures de bout-en-bout.

La France a acquis une importante renommée internationale dans le domaine de l'électricité et dispose d'une filière électrique composée de grands groupes internationaux dans le domaine de la production d'énergie, du transport de l'électricité, et des équipements électriques. L'accompagnement continu de cette filière permettra de consolider ce positionnement international, et ainsi de capter une partie significative de la valeur des investissements dans les réseaux intelligents au cours des prochaines années.

## 5 Synthèse du positionnement national et des enjeux

Atouts (+)	Faiblesses (-)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Des acteurs français du marché des équipements de réseaux de transport et de distribution figurant parmi les leaders mondiaux (Alstom Grid, Schneider Electric, Legrand)</li> <li>▪ Un fort héritage historique français en matière de recherche et développement dans les domaines de l'énergie, des télécommunications et de l'informatique</li> <li>▪ La France figure parmi les premiers pays européens dans le déploiement de compteurs communicants et est en phase de lancer le plus gros marché unique au monde</li> <li>▪ La création de SuperGrid, Institut d'Excellence en Energie Décarbonée (IEED) conduisant 5 programmes de R&amp;D en rapport avec les réseaux électriques intelligents</li> <li>▪ La présence sur le sol français d'une dizaine de projets démonstrateurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Des dispositifs régulatoires ne favorisant pas pour l'instant le déploiement de la filière</li> <li>▪ Des verrous technologiques qui restent à lever via notamment une expérimentation renforcée</li> <li>▪ Des modèles d'affaires qui restent à concevoir, expérimenter et déployer : une répartition des rôles entre les différents acteurs du système qui reste à clarifier pour favoriser ou non l'émergence de nouveaux acteurs (agrégateurs, opérateurs de stockage, etc.)</li> <li>▪ Des protocoles (de communication, d'opérations réseaux...) et des standards (métrologie, compteurs communicants et intelligents qui ne sont pas encore définis à l'échelle mondiale ou européenne</li> <li>▪ Des besoins et des attentes des différentes parties prenantes qui peuvent être encore mal appréhendés et mal cernés (le consommateur devient consom'acteur)</li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bénéficier de l'effet de masse engendré par le déploiement des 35 millions de compteurs Linky pour consolider le positionnement de la France sur les compteurs communicants et les services énergétiques associés.</li> <li>▪ Un déploiement en France d'ici 2020 et au-delà de l'éolien, ainsi que des autres sources d'électricité renouvelables intermittentes qui devrait favoriser le déploiement de solutions facilitant leur intégration sur les réseaux.</li> <li>▪ Un déploiement des véhicules électriques et celui concomittant de solutions de pilotage de leur charge.</li> <li>▪ Une opportunité de développer des démonstrateurs et initiatives locales qui s'étendront progressivement à des échelles plus larges</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une forte activité à l'export de pays asiatiques tels que la Corée du Sud, la Chine et le Japon leur offrant la possibilité d'imposer leurs technologies et leurs standards</li> <li>▪ Le manque d'harmonisation des standards industriels internationaux et d'interopérabilité pourrait empêcher le développement efficace et rapide des réseaux intelligents.</li> <li>▪ Un marché dépendant fortement des réglementations et régulations mises en place</li> <li>▪ L'acceptabilité sociétale puis l'adoption par le consommateur des produits et services offerts par les réseaux intelligents</li> <li>▪ La garantie de confidentialité et de sécurisation des données de consommation</li> <li>▪ Une incertitude sur le rythme de développement et le taux de pénétration des véhicules électriques et des bâtiments à énergie positive</li> </ul>

## 6 Principales sources bibliographiques

### **Bibliographie de référence**

- ADEME, 2011, « Les réseaux et systèmes électriques intelligents intégrant les énergies renouvelables : feuille de route stratégique »
- ADEME, 2012, site internet page internet du site de l'ADEME consacrée aux investissements d'avenir ([www.ademe.fr](http://www.ademe.fr))
- Bank of China, 24 janvier 2011, « China Utilities – A cleaner 12th 5-year Plan »
- Bloomberg New Energy Finance, 2 novembre 2010, « Energy Smart Technologies – Food for Thought, Frankfurt », Albert Cheung
- Bloomberg News, article paru le 1er août 2012 intitulé « Merkel's cabinet ties tax rebates to efficiency increases »
- Capenergies, juin 2012, « La chaîne de valeur du marché des smart grids »
- CAS, 2012, Des technologies compétitives au service du développement durable
- CRE, site internet consacré aux Smart Grids (a), dossier intitulé « Focus sur l'expérimentation Linky en France »
- CRE, site internet consacré aux Smart Grids (b), dossier intitulé « Les projets de compteurs évolués dans le monde »
- CRE, site internet consacré aux Smart Grids (c), dossier intitulé « Les projets Smart grids en Europe »
- CRE, site internet consacré aux Smart Grids (d), dossier portant sur « Les projets de réseaux électriques intelligents en Allemagne »
- DGEC, 2011, « Rapport sur l'industrie des énergies décarbonées en 2010 »
- DGEC, 2012, « Rapport sur l'industrie des énergies décarbonées en 2011 »
- European Technology Platform, 2012. SmartGrids SRA 2035, Strategic Research Agenda, Update of the SmartGrids SRA 2007 for the needs by the year 2035. SmartGrids <http://www.smartgrids.eu/documents/sra2035.pdf>
- ERDF, 28 septembre 2011, communiqué de presse intitulé « Les pouvoirs publics lancent la généralisation du compteur communicant Linky »
- GreenUnivers, janvier 2012, « Panorama des cleantech en France en 2012 – Recentrage sur l'industrie »
- IEA, 2011, « Technology Roadmap – Smart Grids »
- NEDO, 16 décembre 2011, communiqué de presse intitulé « A New Partnership between NEDO and Greater Lyon to Undertake a Smart Community Demonstration Project in the Lyon Confluence from 2011 to 2015 »
- Pike Research, 2012 (a), article du 1 mars 2012 intitulé « McAfee/NitroSecurity, Industrial Defender Score Highest in New Pike Research Assessment of Smart Grid Cyber Security Governance and Compliance Providers »
- Pike Research, 2012 (b), article du 28 mars 2012 intitulé « Nearly 73 Million Smart Meters Were Shipped in 2011, But Deployments Slowed in the Fourth Quarter »
- Pike Research, 2012 (c), article intitulé « Smart Grid Deployment Tracker 1Q12 »
- Pike Research, 2012 (d), article intitulé « Microgrid Deployment Tracker 2Q12 »
- Pike Research, 2012 (e), article du 1 mars 2012 intitulé « Investments in Smart Grid Cyber Security to Total \$14 Billion Through 2018 »
- Pike Research, 2012 (f), article intitulé « Smart Meter Market Forecasts - Advanced Metering Infrastructure: Unit Shipments, ASPs, Revenues, and Penetration Rates by World Region and Communications Technology »
- Pike Research, 2012 (g), article intitulé « Smart Grid Networking and Communications -

Public and Private, Wired and Wireless Networks for Smart Meters, Distribution Automation, Substation Automation, and Home Area Networks »

- Pike Research, 2012 (h), article intitulé « High-Voltage Direct Current Transmission Systems»
- Pike Research, 2012 (i), article intitulé « Smart Grid SCADA Systems»
- Senat.fr, article intitulé «Électricité : assumer les coûts et préparer la transition énergétique », [www.senat.fr](http://www.senat.fr)
- SmartGrid.gov, site internet <http://www.smartgrid.gov>
- SRD Réseaux de distribution, présentation intitulée « IPERD - Insertion de Productions et Equilibre des Réseaux de Distribution »
- U.S.-Canada Power System Outage Task Force, avril 2004, « Final Report on the August 14, 2003 Blackout in the United States and Canada: Causes and Recommendations »
- Usine Nouvelle, article du 20 juin 2012 intitulé « Compteur Linky : l'avance industrielle de la France menacée selon ERDF »

# 14 - STOCKAGE DE L'ENERGIE

## 1 Synthèse

### Présentation

#### Définition et périmètre

Le stockage d'énergie consiste à conserver une quantité d'énergie à l'origine immédiatement utilisable en vue de son utilisation ultérieure. L'énergie stockée peut alors l'être sous forme électrochimique, mécanique, thermique ou chimique.

Certaines solutions de stockage peuvent faire intervenir une ou plusieurs étapes de conversion.

### Chiffres clés

En 2011, 140 GW de capacités de stockage d'électricité installées dans le monde dont 99% des capacités en puissance sont des Stations de Transfert d'Énergie par Pompage (STEP) (ENEA Consulting, 2012)

277 milliards d'euros devraient être investis entre 2010 et 2030 dans le monde dans des solutions de stockage, dont : 51 % dans les batteries, 22 % dans les STEP, 27 % dans les CAES (BCG, 2011)

## 2 Présentation de la filière

Le stockage d'énergie consiste à conserver une quantité d'énergie à l'origine immédiatement utilisable en vue de son utilisation ultérieure.. Le stockage d'énergie est essentiel pour apporter de la flexibilité et renforcer la fiabilité des systèmes énergétiques, notamment en lien avec le déploiement d'énergies renouvelables. Les services rendus par le stockage dépendent des technologies utilisées mais incluent notamment le décalage de puissance, le transfert d'énergie dans le temps, les services de régulation des systèmes électriques, le maintien de la qualité de fourniture notamment du signal électrique.

Plusieurs segmentations de la filière existent selon les critères de différenciation considérés.

- ▶ **Segmentation par catégorie d'application** : trois segments peuvent être distingués :
  - les **applications stationnaires**, principalement utilisées dans le but de sécuriser et réguler l'approvisionnement d'électricité en fonction des variations des niveaux de production et de consommation ;
  - les **applications embarquées**, utilisées comme moyen de propulsion pour différents modes de transports (véhicules privés, bus, trams et trains, etc.) ;
  - les **applications portables** faisant référence à des systèmes de stockage nomades utilisés pour le fonctionnement autonome d'appareils électroniques (téléphones portables, ordinateurs, appareils photos etc.). Ce segment ne sera pas étudié dans cette fiche car l'enjeu en termes de réduction des émissions anthropiques de GES n'est pas significatif (ADEME, 2011).
  
- ▶ **Segmentation par type d'énergie stockée** :
  - le **stockage d'énergie électrique**. Le stockage peut alors prendre plusieurs formes : stockage magnétique (stockage d'énergie sous forme magnétique dans des bobines supraconductrices appelé SMES), stockage électrochimique, stockage mécanique et stockage d'énergie couplant les réseaux électriques et gaziers (concept « Power-to-Gas » de l'agence allemande de l'énergie DENA) ;
  - le **stockage d'énergie thermique (chaleur/froid)** avec notamment une forme spécifique de stockage d'énergie thermique ou chimique dans les procédés industriels. Les technologies de stockage d'énergie thermique peuvent notamment être séparées entre systèmes à usage infrajournalier et systèmes intersaisonniers (notamment pour le secteur du bâtiment).

De façon plus spécifique, les principales technologies suivant la segmentation par type d'énergie stockée sont :

### **Stockage d'énergie électrique**

Cette catégorie regroupe notamment :

- ▶ les technologies de stockage mécanique parmi lesquelles se trouvent :
  - les Stations de Transfert d'Énergie par Pompage (STEP) : ce sont des installations hydroélectriques constituées de deux retenues d'eau à des hauteurs différentes et reliées par un système de canalisation. Ce système permet de générer ou de stocker de l'électricité en fonction de l'équilibre offre-demande, du parc de production et des demandes du réseau en services systèmes (et notamment la régulation de fréquence). Ce type de système peut également être utilisé dans le cadre de l'optimisation des parcs de production. Cette technologie présente l'avantage de disposer d'importantes capacités de puissance mobilisables rapidement (jusqu'à plusieurs GW mobilisables en quelques minutes en fonction de la hauteur d'eau). Cette technologie réunit à ce jour près de 99% de la puissance de stockage installée dans le monde (*ENEA Consulting, 2012*) ;
  - le stockage par volants d'inertie ou systèmes inertiels de stockage d'énergie : un apport d'énergie électrique fait tourner une masse à des vitesses importantes permettant ainsi le stockage de l'énergie sous forme cinétique avant sa restitution. Ce système se distingue par sa forte réactivité ainsi que sa longévité lui permettant d'absorber de très fortes variations de puissance sur un très grand nombre de cycles ;
  - les installations de stockage par air comprimé (ou CAES pour « Compressed Air Energy Storage ») dans lesquelles du gaz est comprimé durant les heures creuses, stocké dans des cavernes souterraines, puis utilisé dans une turbine aux heures pleines. Afin de palier à la baisse d'efficacité liée aux dissipations de chaleur se produisant lors de la compression du gaz, des CAES de 2<sup>nd</sup> génération et adiabatiques sont actuellement en phase de démonstration ;
  - les accumulateurs hydropneumatiques capables d'emmagasiner de l'énergie sur les circuits hydrauliques par compression du gaz qu'ils contiennent permettant ainsi la récupération et la restitution d'énergie.
- ▶ les technologies de stockage électrochimique qui regroupent :
  - les accumulateurs électrochimiques (plus communément appelés batteries). Les batteries sont alors regroupées sous forme d'assemblage permettant par exemple de stabiliser des réseaux ou de servir d'alimentation de secours. Les technologies sont matures avec principalement des batteries de type plomb-acide, nickel-cadmium, sodium-soufre, lithium-ion. De nouvelles technologies de batteries de type métal-air (zinc-air rechargeable et lithium-air) font actuellement l'objet de nombreux travaux de R&D ;
  - les batteries à circulation (ou « redox-flow battery ») permettant la gestion de la capacité énergétique indépendamment de la puissance de la batterie. Les batteries à circulation les plus répandues sont de type zinc-bromine et vanadium-vanadium ;
  - les technologies de l'hydrogène et des piles à combustible (PAC), détaillées dans la fiche intitulée « Hydrogène et Piles à Combustible » ;
  - les super condensateurs (ou super capacités) qui permettent de stocker l'énergie directement sous forme électrique. Tout comme les volants d'inertie, ils présentent l'avantage d'être fortement réactifs et de posséder une durée de vie importante.
- ▶ les technologies de stockage magnétique :
  - les bobines supraconductrices (ou SMES pour « Superconduction Magnetic Energy Storage ») qui stockent l'énergie sous forme magnétique.

### **Stockage d'énergie thermique**

Il s'agit d'une catégorie regroupant notamment :

- ▶ le stockage par chaleur sensible. L'énergie est alors stockée sous la forme d'une élévation de température du matériau de stockage ;
- ▶ le stockage par chaleur latente. L'énergie est cette fois stockée sous la forme d'un changement d'état du matériau de stockage. Contrairement au stockage par chaleur sensible, ce mode de stockage peut s'avérer efficace pour des différences de température très faibles ;

- ▶ le stockage thermochimique dans lequel l'énergie est stockée de façon réversible au sein des liaisons chimiques d'une molécule ;
- ▶ le stockage par oxydation faisant appel à des réactions chimiques non réversibles (oxydation des composés) pour stocker de la chaleur. Dans cette technologie, les flux d'énergie absorbés et restitués ne sont pas de même nature. De ce fait il s'agit plutôt d'une technologie permettant de réaliser un décalage des appels de puissance et non une technologie de stockage d'énergie telle que définie ici.

De plus, les cinq à dix prochaines années verront le développement commercial de nouvelles solutions telles que :

- ▶ le stockage d'énergie « Power-to-Gas » couplant les réseaux électriques et gaziers. De l'électricité (de source renouvelable par exemple) est ainsi utilisée pour produire de l'hydrogène (par électrolyse) ou du méthane de synthèse qui pourra être stocké dans le réseau gazier. Des installations pilotes sont actuellement en cours de réalisation notamment en Allemagne et prochainement en France ;
- ▶ le « stockage d'utilité », principe selon lequel de l'énergie est stockée au sein d'un procédé industriel sous forme thermique ou chimique. Dans cette technologie, les flux d'énergie absorbés et restitués ne sont pas de même nature ;
- ▶ les solutions V2H (pour « Vehicle-to-Home ») et V2G (pour « Vehicle-to-Grid »). Fonctionnant avec un réseau électrique intelligent, elles permettent l'utilisation des batteries des véhicules électriques connectés au réseau domiciliaire ou de distribution en tant que capacités de stockage (décrit dans les fiches intitulées « Réseaux énergétiques intelligents » et « Véhicules décarbonés ») ;
- ▶ l'utilisation des capacités de stockage fournies par les bâtiments résidentiels dans le cadre du déploiement des bâtiments et îlots intelligents ou à énergie positive.

La filière se distingue par des technologies à des stades de maturité différents. D'une part des technologies matures et commercialisées (STEP, CAES, volants d'inertie, batteries plomb-acide ou nickel-cadmium) et d'autre part des technologies au stade de la R&D ou du démonstrateur (STEP marines, CAES adiabatiques, batteries métal-air...).

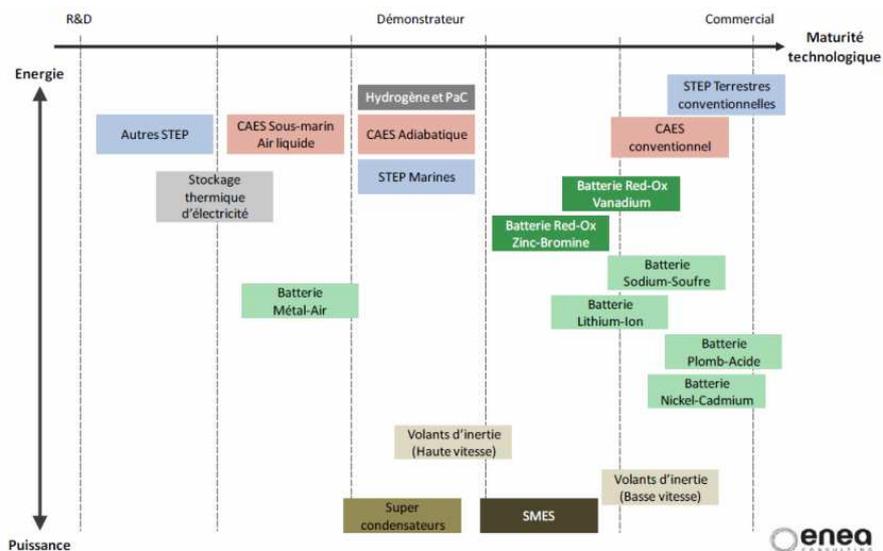


Figure 4 : Niveau de maturité technologique des différents moyens de stockage d'électricité

Niveau de maturité technologique des différents moyens de stockage d'électricité (Source : ENEA Consulting, 2012)

### 3 Présentation du marché et de ses perspectives de développement

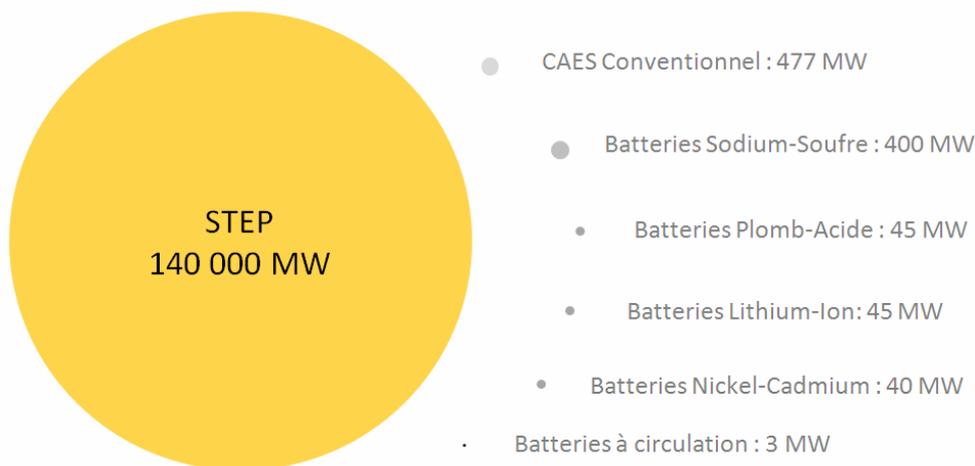
#### 1. Etat des lieux et dynamique récente du marché à l'International

Les filières industrielles stratégiques de l'économie verte : 14 - stockage de l'énergie  
Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie / CGDD – Mars 2013

### **Des capacités de stockage principalement de type STEP et dont plus de 10% sont installées en Europe**

Le marché est dominé par des segments historiques comme les STEP et les UPS. Ainsi, la technologie des STEP représente près de 99% du marché du stockage d'énergie sur les réseaux électriques soit près de 140 GW de capacités via plus de 380 centrales. L'Europe couvre la plus grande puissance installée avec 38 GW (DGEC, 2012 (a)).

#### **Puissances de stockage d'énergie sur les réseaux électriques dans le monde**



Source : ENEA Consulting, 2012

Concernant la technologie CAES, deux unités de première génération sont actuellement en fonctionnement : la première à Huntorf en Allemagne d'une puissance de 280 MW et la seconde en Alabama aux Etats-Unis d'une puissance de 110 MW (DGEC, 2011).

### **Des investissements et un positionnement stratégique du Japon, des Etats-Unis, de l'Allemagne, de la Chine et de la Corée du Sud sur les installations de stockage**

Les pays les plus actifs dans le domaine du stockage énergétique, tant sur l'aspect recherche que industriel, à ce jour sont le Japon, la Corée du Sud, les Etats-Unis et l'Allemagne. La France apparaît également visible sur la scène internationale avec des acteurs de référence impliqués (Alstom leader mondial sur les STEP et Saft leader mondial de batteries de haute technologie pour applications industrielles et militaires).

**Le Japon** a depuis 1980 mis en œuvre des programmes de recherche dans le domaine du stockage pilotés par le NEDO (« New Energy and Industrial Technology Development Organization»). Les technologies sont principalement de type électrochimique pour usage stationnaire ou embarqué. Parmi les projets menés figurent :

- ▶ le développement d'un système de stockage d'électricité connecté sur le réseau avec de nouvelles ressources énergétiques ;
- ▶ le développement d'un système de batteries hautes performances pour véhicules de prochaine génération ;
- ▶ une initiative de R&D concernant l'innovation scientifique dans le domaine des batteries de nouvelle génération ;
- ▶ une initiative de R&D autour des systèmes intégrés de stockage d'énergie ;
- ▶ une initiative de R&D concernant l'étude fondamentale de la méthode d'évaluation des matériaux constituant les batteries.

De plus, des aides gouvernementales ont été attribuées pour le développement des technologies utilisées pour le STEP. Le pays est ainsi celui qui comporte le plus fort taux de pénétration de cette technologie. Par ailleurs, le Japon domine largement le marché des batteries lithium-ion, notamment grâce à ces initiatives, au dynamisme du secteur automobile et à l'utilisation de ce type de batteries pour des applications réseau. Les principaux fabricants japonais de composants de batteries sont Stella Chemifa Corp., Asahi Kasei Corp. Tanaka Chemical Corp., Toshiba, NGK, Panasonic et Mitsubishi.

**Les Etats-Unis** ont mis en place de nombreux projets de R&D autour d'applications stationnaires et embarquées sous la supervision du « Department of Energy » (DoE) et de l'« US Advanced Battery Consortium » (USABC). L'objectif que s'est fixé le DoE est d'arriver à réduire le coût du stockage de l'énergie de 30% d'ici 2015. Pour ce faire, il s'est doté d'un budget spécifique de financement d'environ 200 millions de dollars sur la période 2011-2015 avec des efforts de R&D portant sur les technologies de batteries à circulation, batteries à base de sodium, batteries lithium-ion, batteries plomb-acide, CAES et de stockage par volant d'inertie (DoE, 2011). A l'instar du Japon, le dynamisme de la filière est porté par le secteur automobile et par l'utilisation de batteries pour des applications réseau.

De plus, la loi ARRA (« American Recovery and Reinvestment Act ») a permis de lancer une dynamique de R&D et de fabrication de systèmes de stockage. Néanmoins, plusieurs entreprises innovantes américaines dans le secteur des batteries ont connu des difficultés financières récemment: Ener1 Inc. qui avait reçu une aide de 118 millions de dollars du Gouvernement Fédéral a fait faillite en janvier 2012, le fabricant de batteries A123 Systems Inc, qui avait reçu une aide du DOE de 249 millions de dollars, a fait faillite en octobre 2012, et Beacon Power développant une solution de stockage par volants d'inertie a fait faillite en novembre 2011. La principale difficulté pour ces entreprises réside dans le passage à l'échelle industrielle. Au-delà des start-up, des grands groupes se positionnent : General Electric a investi 100 millions de dollars dans une technologie de batterie Sodium/Nickel.

**L'Allemagne** fait preuve d'une étroite collaboration entre gouvernement et industrie. Ainsi, des alliances de R&D rassemblant acteurs publics et privés ont été créées. Les acteurs industriels s'engageant à investir reçoivent en contrepartie une aide publique d'un montant inférieur toutefois à leurs engagements. A titre d'exemple, 60 millions d'euros ont été versés par le gouvernement et 360 millions par les industriels dans le cadre de l'alliance LIB 2015 traitant des batteries au lithium. Cette alliance regroupe 60 partenaires sur les sujets de : fiabilité, densité d'énergie et puissance, stabilité du cycle, gestion de la batterie, durée de vie, impacts environnementaux et coût de fabrication de la technologie. Par ailleurs, BASF a annoncé en Juillet 2012 qu'il souhaitait investir 100 millions d'euros dans le développement et la distribution de composants de batteries. La filière allemande du stockage de l'énergie est ainsi tirée par le dynamisme de l'industrie automobile avec l'implication d'acteurs tels que Bosch et Evonic (Mercedes). Par ailleurs, Siemens travaille sur l'électrolyse en vue de stocker l'électricité sous forme d'hydrogène, cet hydrogène pouvant ensuite réutiliser pour le transport ou l'industrie ou être combiné avec du CO2 pour fabriquer du méthane. L'Agence allemande de l'énergie a mis en place le Programme « Power-to-gas », en partenariat avec les grands énergéticiens allemands et les acteurs de la recherche pour développer les technologies de stockage de l'électricité en utilisant l'hydrogène comme vecteur.

**La Chine** souhaite imposer son leadership tant technologique que commercial notamment grâce à ses considérables ressources en matériaux (terres rares), indispensables à la conception de systèmes innovants. La Chine conduit notamment des travaux autour des technologies de stockage pour les voitures, technologies qui pourront être adaptées en vue d'applications stationnaires. La filière chinoise est par conséquent tirée par le développement du marché des véhicules électriques avec l'implication d'acteurs tels que le fabricant de batteries BYD.

**La Corée du Sud** bénéficie d'un contexte industriel propice au développement de la filière de stockage électrochimique grâce à une industrie basée sur l'électronique de masse. Parmi les principaux acteurs offrant des solutions de stockage électrochimique se trouvent des compagnies telles que LG Chem et Samsung.

## **2. Le potentiel de marché**

### *1. Le potentiel de marché à l'International*

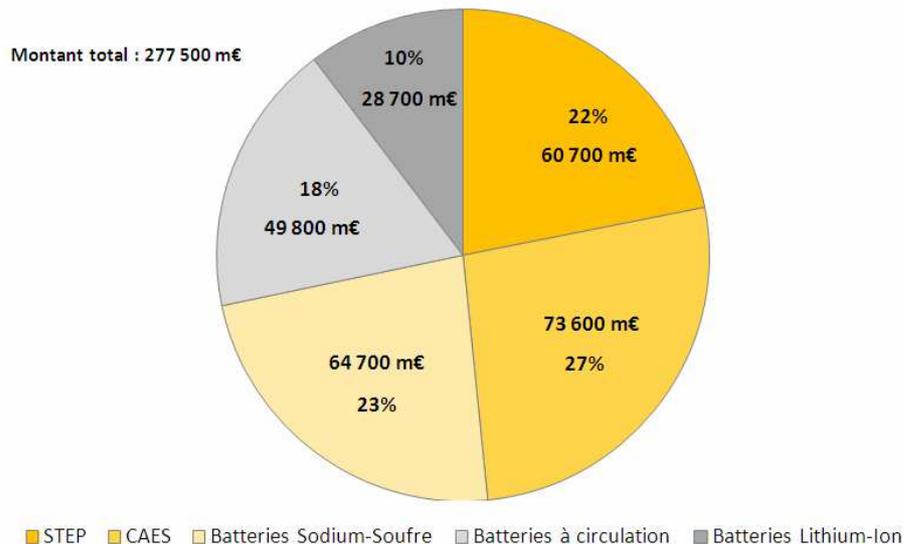
Au niveau mondial, le marché du stockage devrait continuer à connaître une forte croissance notamment grâce au marché chinois. Cette croissance sera tirée par la volonté d'intégration de plus en plus importante d'énergies intermittentes imposant aux opérateurs de réseaux ainsi qu'aux énergéticiens de réaliser d'importants investissements. De ce fait, selon Pike Research (*Pike Research, 2011*), les marchés les plus importants en termes de recettes potentielles sur la période 2011-2021 devraient être ceux du STEP et des batteries à circulation. Le CAES ainsi que les batteries lithium-ion et sodium-soufre seront également des technologies clés du marché. Au niveau européen, la conversion des barrages existants en STEP ainsi que la rénovation des STEP déjà construites sera également un vecteur de croissance du marché.

Selon Pike Research, le nombre de projets de stockage d'énergie dans le monde continue d'augmenter. Ainsi, sur les 6 premiers mois de l'année 2012, le nombre de projets annoncés ou en cours de construction est passé de 600 (pour une puissance installée cumulée d'environ 152 GW) à 649 soit une augmentation de 8%. Le nombre de projets effectivement mis-en-service est quant-à-lui passé de 482 à 514 sur la même période. Cette augmentation est notamment due au gain

en maturité de certaines technologies se rapprochant de la phase de commercialisation, bien que cette tendance soit contrastée suivant les technologies. Les montants des investissements dans les technologies de stockage, cumulés au niveau mondial, seraient de 98 milliards d'euros sur la période 2011-2022 (*Pike Research, 2012 (b)*).

Une étude du BCG estime quant à elle qu'ils s'élèveraient à près de 277 milliards d'euros sur la période 2010-2030, dont plus de la moitié pour les batteries.

Montants des investissements cumulés sur la période 2010-2030 et répartis par technologie



Source : BCG, 2011

Concernant la répartition des nouvelles capacités installées dans le monde en fonction du service rendu, Pike Research estime que, sur la période 2011-2021, la moitié des nouvelles installations serviront à l'intégration des énergies renouvelables intermittentes, 31% concerneront les capacités à la pointe et le décalage des appels de puissance, 12% seront installées à des fins d'arbitrage économique et 7% dans le but de décaler les investissements sur les réseaux électriques (*Pike Research, 2012*).

### ***Evolutions des marchés par technologie :***

#### STEP

Selon Enea Consulting, 60 GW de capacités de STEP supplémentaires sont planifiées pour 2013 dans le monde et principalement en Asie (*ENEA Consulting, 2012*). Le marché des STEP restera donc dynamique avec l'installation sur la période 2010-2030 d'un total de 151 GW de nouvelles capacités (soit 1 341 GWh de nouvelles capacités de stockage en énergie) (*BCG, 2011*).

En Europe, une capacité supplémentaire d'environ 7 GW devrait être mise en service d'ici 2020 (*DGEC, 2012 (a)*), soit par rénovation de stations déjà existantes (près de la moitié des STEP devront faire l'objet de rénovations d'ici 2030), soit par la construction de nouvelles installations lors de la conversion de barrages hydrauliques existants. La Suisse, l'Allemagne, le Portugal, l'Espagne et l'Autriche, sont les pays européens dans lesquels de tels projets sont prévus. La Norvège devrait également voir son fort potentiel, estimé entre 10 et 25 GW, exploité au cours des prochaines années, notamment du fait du développement de l'énergie éolienne en Mer du Nord (*JRC, 2011*).

#### CAES

Le marché des CAES devrait également suivre une dynamique de croissance avec l'installation sur la période 2010-2030 d'un total de 133 GW de nouvelles capacités (soit 1 142 GWh de nouvelles capacités de stockage en énergie) (*BCG, 2011*). Parmi les nouveaux projets actuellement en cours de planification, de construction ou de démonstration, figurent 1 500 MW de projets aux Etats-Unis, 400 MW au Maroc, 300 MW en Allemagne, en Israël et en Corée du Sud ainsi que 25 MW en Italie. L'Afrique du Sud et le Japon ont également des projets prévus.

#### Batteries

La capacité, cumulée au niveau mondial, de la technologie de batteries sodium-soufre qui est la plus répandue pour les applications de stockage pour les réseaux électriques, est de 316 MW et pourrait atteindre 1 GW d'ici 2020 (DGEC, 2012 (a)). En France, une installation de ce type est en activité à la Réunion avec de nouvelles installations prévues dans le cadre des appels d'offre de la CRE pour l'installation de capacité éolienne et solaire en Corse et dans les départements d'Outre-mer. Selon l'étude du BCG de 2011, les nouvelles capacités installées sur la période 2010-2030 par type de technologie seraient : 30 GW pour les batteries sodium-soufre (soit 216 GWh de nouvelles capacités de stockage en énergie), 21 GW pour les batteries à circulation (soit 124 GWh de nouvelles capacités de stockage en énergie) et 90 GW pour les batteries lithium-ion (soit 72 GWh de nouvelles capacités de stockage en énergie) (BCG, 2011).

### UPS

Selon Pike Research, le marché mondial des UPS devrait continuer sa forte croissance afin d'atteindre 10,6 milliards d'euros en 2015 contre 6,6 milliards d'euros en 2011, soit une augmentation d'environ 15% par an (Pike Research, 2011).

Le tableau ci-dessous fait la synthèse de l'évolution du marché du stockage d'électricité pour les réseaux électriques sur la période 2010-2030 en termes de nouvelles capacités installées :

	Capacités supplémentaires installées en puissance, cumulée à l'horizon 2030 (GW)	Capacités supplémentaires installées en énergie, cumulée à l'horizon 2030 (GWh)
STEP	151	1341
CAES	133	1142
Batteries Sodium-Soufre	30	216
Batteries à circulation	21	124
Batteries Lithium-Ion	90	72

Source : BCG, 2011

Bien qu'elles représentent plus de 50 % des investissements à l'horizon 2030, les batteries ne devraient compter que pour environ un tiers des nouvelles capacités de puissance installées (GW) et environ 14% des nouvelles capacités installées en énergie (GWh).

## 2. Le potentiel de marché en France

En France métropolitaine, de nouvelles capacités en puissance pourraient être disponibles dans la prochaine décennie via la rénovation de sites de STEP existants. Le potentiel restant est estimé à environ 7 GW mais ne devrait être que peu exploité (nécessité de trouver un site géographiquement adapté, sites préférentiels déjà utilisés et coût de construction important). (ENEA Consulting, 2012)

Le marché des technologies électrochimiques à usage stationnaire devrait quant à lui connaître un fort développement au cours des prochaines années notamment suite aux retours d'expérience des projets éoliens et solaires couplés à des capacités de stockage lancés dans le cadre des appels d'offres de la CRE.

Des études sont en cours pour estimer le potentiel et les besoins de stockage d'énergie (électricité et chaleur) en France. En effet, plus de précisions sur les besoins de stockage en France et en Europe sont nécessaires concernant les besoins de capacités et leur répartition sur les réseaux de distribution notamment à l'échelle du quartier ou du consommateur final.

## 4 Les enjeux de développement de la filière

### 1. Les fondamentaux de la filière

#### 1. *Les principaux moteurs de croissance*

Aujourd'hui, le développement de la filière de stockage de l'énergie bénéficie d'un contexte de développement favorable qui s'explique par :

- ▶ **une augmentation du prix des énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon etc.)** poussant à réduire la dépendance à ce type d'énergie et à accélérer les investissements dans les énergies renouvelables.
- ▶ **un besoin croissant en flexibilité des réseaux énergétiques, notamment électriques.** En effet, les technologies de stockage d'énergie sont un moyen d'intégrer sur le réseau électrique une plus grande part d'énergies intermittentes, d'améliorer la sécurité des systèmes électriques, d'apporter des réponses centralisées ou décentralisées à des contraintes locales ou globales, etc. Elles peuvent notamment à une échelle locale faciliter le déploiement de systèmes d'autoproduction couplant la production d'électricité intermittente, des systèmes de pilotage de la demande et une capacité de stockage.
- ▶ **des enjeux économiques** : le déploiement de solutions de stockage d'énergie permet l'optimisation des investissements sur les réseaux électriques et de chaleur, le décalage des appels de puissance afin de réduire les coûts induits par la consommation d'électricité, etc.
- ▶ **un développement croissant de nouveaux secteurs** nécessitant des technologies de stockage (développement des réseaux électriques intelligents, des véhicules électriques et des infrastructures associées,...)

#### 2. *Les principaux freins et verrous*

Les principaux verrous et freins impactant le développement de la filière sont :

##### **Les freins technologiques**

Certains verrous à caractères technologiques sont très spécifiques à chaque technologie considérée comme par exemple la toxicité des matériaux utilisés dans les SMES, la durée de vie des batteries, le maintien en fonctionnement de certains systèmes de stockage thermique etc. Cependant, un certain nombre de verrous technologiques communs méritent d'être cités comme : les coûts de démantèlement et de recyclage, la disponibilité des matériaux nécessaires à la fabrication des solutions de stockage (terres rares et métaux nobles), le rendement global du système, les phénomènes d'autodécharge, la durée de vie du système, l'intégration des systèmes de stockage dans les règles de pilotage des réseaux.

##### **Les verrous liés à la réglementation**

Les verrous liés à la réglementation et la régulation portent, entre autres, sur la structure du marché européen de l'électricité séparant les activités de production, de fourniture, des réseaux de transport et de distribution. Ceci freine en effet le développement de services apportant de la valeur à plusieurs parties prenantes des réseaux électriques. La séparation régulatoire des réseaux électriques, gaziers et de chaleur rend également complexe la création de synergies.

##### **Les verrous économiques**

Les verrous suivants peuvent notamment être cités :

- ▶ le manque de modèles d'affaires permettant une valorisation suffisante des divers types de services offerts par les solutions de stockage : intégration des énergies renouvelables intermittentes, décalage des appels de puissance et capacités à la pointe, arbitrage économique, décalage des investissements sur les réseaux électriques etc. L'appel à manifestation d'intérêt de l'ADEME sur le stockage d'énergie a notamment pour but de pouvoir tester la pertinence de nouveaux modèles économiques ;
- ▶ des prix de systèmes encore élevés pour certaines familles de technologies (y compris pour les technologies de stockage électrochimique, récemment industrialisées) ;
- ▶ des perspectives incertaines sur les marchés français, européens et mondiaux ralentissant les

investissements d'industrialisation des équipementiers ;

- ▶ un effort de convergence au niveau des standards européens sur les solutions de stockage serait nécessaire pour permettre un développement optimal de la filière.

### **Les verrous sociétaux et environnementaux**

- ▶ les problèmes d'acceptation de certaines technologies par les populations comme par exemple pour les STEP ;
- ▶ la prise en compte des aspects environnementaux sur l'ensemble de la vie du produit : de sa conception à sa fin de vie ;
- ▶ les impacts sanitaires possibles de certaines technologies (en particulier dans les phases de maintenance ou remplacement) faisant appel à des matériaux particulièrement toxiques (SMES par exemple).

## **2. Evolutions du paysage concurrentiel et enjeux de développement**

Le secteur du stockage électrochimique est très capitalistique et devrait donc demander de forts investissements pour produire des unités à moindre coût. La Chine, comme elle l'a fait sur les cellules photovoltaïques, s'est lancée dans la production de masse de batterie, pour servir ses ambitions dans le domaine des véhicules électriques (ADEME, 2011). Cette ambition pourrait notamment entraîner une concentration des acteurs japonais et la disparition des acteurs de taille moyenne. La Corée du Sud a, quant à elle, annoncé des objectifs ambitieux en termes de déploiement de structures de recharge pour voitures électriques et de stockage d'électricité.

Enfin, de part leur contexte réglementaire favorable, les Etats-Unis et l'Allemagne devraient également être visible sur la scène internationale en matière de stockage d'énergie. Compte tenu de leur avance concurrentielle en termes de R&D dans le domaine du stockage électrochimique, la Chine, le Japon ainsi que la Corée du Sud seront probablement, d'ici quelques années, les leaders sur le marché des batteries embarquées ou portables, et seront donc bien positionnés sur les applications stationnaires..

La France, de son côté, dispose d'entreprises bien positionnées sur les secteurs des batteries à haute valeur ajoutée et dispose de centres de Recherche & Développement de qualité et d'envergure internationale ainsi que d'acteurs industriels de référence. Néanmoins, les entreprises implantées en France devront faire face à une concurrence asiatique importante et croissante notamment pour les batteries à applications véhicules et stationnaires. A noter cependant que dans le cas du stockage stationnaire, la qualité des batteries sur l'ensemble de sa durée de vie est un critère primordial et parfois plus important que le prix. En dehors des batteries, la France dispose de connaissances et savoir-faire reconnus sur le marché des STEP (avec le leader mondial Alstom Power) et sur le stockage hydrogène stationnaire (voir fiche « Hydrogène et Piles à Combustible ») . Concernant le marché français, le développement croissant des énergies renouvelables devrait soutenir le déploiement de solutions de stockage. Par ailleurs, la France dispose d'un potentiel total de 7 GW de STEP qui pourrait être utilisé pour stocker l'électricité produite à partir de sources renouvelables et non consommée. Une étude est en cours pour évaluer de façon plus précise les besoins et le potentiel de stockage en France. Cette étude devra également prendre en compte l'évolution du mix énergétique français et de la demande énergétique.

Les principaux enjeux pour les acteurs français résident cependant aujourd'hui dans une meilleure connaissance des besoins de stockage en France et à l'étranger (capacités, types d'applications, enjeux spécifiques), la mise en place d'un cadre réglementaire adapté, notamment pour faciliter l'émergence d'un modèle d'affaires adapté, et la poursuite des travaux de R&D pour faire émerger des technologies compétitives.

## 5 Synthèse du positionnement national

Atouts (+)	Faiblesses (-)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un outil de recherche français de qualité et dynamique avec notamment le réseau de recherche et technologie sur le stockage électrochimique de l'énergie (RS2E), et 3 IEED travaillant sur des projets utilisant des solutions de stockage d'énergie</li> <li>▪ Une mise en place de démonstrateurs de recherche à travers les appels à manifestation d'intérêt de l'ADEME</li> <li>▪ Des premiers déploiements commerciaux de systèmes de stockage électrochimiques via les appels d'offre de la CRE dans les zones insulaires</li> <li>▪ La présence sur le territoire français d'entreprises leaders tels qu'ALSTOM (leader mondial des équipements de STEP) et SAFT (batteries)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une réglementation qui ne permet pas la valorisation à sa juste valeur des solutions de stockage</li> <li>▪ L'absence de réglementation permettant d'accompagner l'émergence de nouveaux acteurs comme les agrégateurs ou les opérateurs de stockage</li> <li>▪ Des coûts encore élevés des solutions de stockage malgré une industrialisation récente des technologies de stockage électrochimique</li> <li>▪ Des perspectives incertaines sur les marchés français, européens et mondiaux ralentissant les investissements d'industrialisation des équipementiers</li> <li>▪ Des verrous technologiques qui restent à lever afin de développer des technologies compétitives et adaptées aux marchés</li> <li>▪ Un manque de modèles d'affaires permettant la valorisation des divers types de services offerts par les solutions de stockage</li> <li>▪ Des risques environnementaux et sanitaires liés à la fabrication et à l'utilisation des technologies de stockage qui restent à mieux appréhender</li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une mise en place d'un mécanisme de capacité à l'horizon 2015 dans le cadre de la loi NOME qui pourrait ouvrir un espace économique aux solutions de stockage d'énergie</li> <li>▪ Le déploiement de systèmes de stockage stationnaire associés à des centrales éoliennes et photovoltaïques via les appels d'offres de la CRE</li> <li>▪ Des besoins en systèmes de stockage qui ne cessent de s'accroître sous l'effet du déploiement de nouvelles technologies (énergies renouvelables, véhicules électriques...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un marché de la production des technologies de stockage électrochimique dominé par les pays asiatiques : Japon, Chine et Corée de Sud</li> <li>▪ Des problèmes d'acceptation de certaines technologies par les populations comme par exemple les STEP</li> </ul>

### ***Bibliographie de référence***

- ADEME, 02 mai 2011, « Feuille de route stratégique « les systèmes de stockage d'énergie »
- Boston Consulting Group (BCG), février 2011, « Revisiting Energy Storage »
- Commission de Régulation de l'Énergie (CRE), 15 mars 2012, « Etat des lieux des réponses à l'appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'installations de production d'électricité à partir de l'énergie solaire d'une puissance supérieure à 250 kWc »
- DGEC, 2011, « Rapport sur l'industrie des énergies décarbonées en 2010 »
- DGEC, 2012 (a), « Pétrole, gaz, énergies décarbonées - Rapport sur l'industrie en 2011 »
- DGEC, 2012 (b), article du 22 avril 2010 mis-à-jour le 26 avril 2012 et consulté le 25 juillet 2012, « Renouvellement de 10 concessions hydroélectriques d'ici 2015 »
- Department Of Energy (DoE), février 2011, « Energy Storage – Program Planning Document »
- ENEA Consulting, mars 2012, « Le stockage d'énergie – enjeux, solutions techniques et opportunités de valorisation »
- Ernst&Young, janvier 2011, « Mission Eco-filière : adaptation de l'étude du CGDD des filières de la croissance verte au contexte régional » - Conseil Régional des Pays de la Loire
- GreenUnivers, janvier 2012, « Panorama des cleantech en France en 2012 – Recentrage sur l'industrie »
- Joint Research Center (JRC), 2011, « 2011 Technology Map of the European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan) »
- JRC Strategic Materials for Energy/SET-Plan Report.
- Pike Research, 2011, « Energy Storage on the Grid 2011
- Pike Research, 2012 (a), article du 5 juillet 2012 consulté le 25 juillet 2012, « Energy Storage Projects Continue to Increase Worldwide, Rising 8% in the First Half of 2012 »
- Pike Research, 2012 (b), « Energy Storage Tracker 2Q12»
- Xerfi, avril 2012, « Piles, batteries et accumulateurs »

# 15 - VEHICULES DECARBONES

## 1 Synthèse

### Présentation

#### Définition et périmètre

La filière « Véhicules décarbonés » correspond aux activités liées à la fabrication des véhicules émettant peu de dioxyde de carbone (véhicules hybrides, électriques ou thermiques utilisant des combustibles peu émetteurs), aux offres de ces véhicules pour les clients particuliers et les entreprises ou les collectivités, aux infrastructures de recharge et de mobilité (parkings...) et aux opérateurs de mobilités.

Par ailleurs, la filière inclut les offres de services liées au véhicule électrique, traduction d'une nouvelle façon de penser l'utilisation des véhicules.

### Chiffres clés

**Parc automobile français (véhicules particuliers et véhicules utilitaires légers) :** 37 millions de véhicules (CCFA, 2011)

**Nombre d'immatriculations de véhicules particuliers et véhicules utilitaires légers en France en 2011 :** 2 204 229 (DGEC, 2012), soit 6% du parc automobile

**Nombre de véhicules hybrides immatriculés en France en 2011 :** 13 340 (DGEC, 2012), soit 0,6% des ventes en 2011

**Nombre de véhicules électriques immatriculés en France en 2011 :** 4 531 (DGEC, 2012), soit 0,2% des ventes en 2011

**Objectif de circulation de véhicules décarbonés en France en 2020 :** 2 000 000 (DGEC, 2012) (5% du parc environ)

**Chiffre d'affaire européen à l'horizon 2025 :** 50 à 90 milliards d'euros (DGEC, 2011)

## 2 Présentation de la filière

### Les véhicules décarbonés

Un véhicule hybride possède deux moteurs (un moteur thermique et un moteur électrique), et est caractérisé par quatre critères principaux : l'architecture des moteurs (série, parallèle ou complexe), le rapport entre la puissance électrique et la puissance totale, la capacité à recharger la batterie électrique sur le réseau, et enfin le combustible thermique utilisé. Il est à noter que la recharge électrique sur le réseau est complémentaire de la recharge qui peut être opérée lors des phases de freinage et de décélération.

Un véhicule électrique, lorsque non pourvu d'un extenseur d'autonomie, possède quant à lui un unique moteur électrique permettant la traction du véhicule.

Fonctionnant à l'énergie électrique, les bienfaits environnementaux de la phase d'utilisation du véhicule décarboné sont donc liés au mix électrique du pays. En revanche, quel que soit le mode de production de l'électricité, les émissions liées à l'utilisation du véhicule sont produites sur le lieu de production de l'électricité, et non sur le lieu d'utilisation. Cet aspect confère donc au véhicule électrique ou hybride un atout important en réduisant localement l'ensemble des polluants (CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, Particules).

### Les batteries et les systèmes de recharge

Les batteries utilisées dans les véhicules hybrides sont couramment de technologie Nickel Métal Hydrure non rechargeables et présentent une énergie volumique importante, de l'ordre de 140 Wh/L.

Le véhicule électrique ne dispose que d'un moteur électrique alimenté par l'électricité stockée dans une batterie au Lithium (Lithium-ion ou Lithium-Métal-Polymère) d'énergie volumique élevée : de 200 à 600 Wh/L en fonction des technologies.

Plusieurs systèmes de recharges existent actuellement. En France, la batterie est associée au véhicule en utilisation normale, et sa recharge s'effectue par un câble électrique, pendant des durées variables. Il existe aujourd'hui une norme (Norme IEC 61851-1 « Système de charge conductive ») pour les dispositifs de recharge qui définit 4 modes de recharge.

En revanche, il existe aussi trois types de prises de charge (SAE, VDE et EV Plug Alliance). L'ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobiles) a recommandé l'utilisation de la prise de type 2 aux constructeurs automobiles, mais aucun dispositif réglementaire ne contraint à l'utilisation d'un type donné de prise.

D'autres solutions sont étudiées, comme celle développée par la société Better Place, qui propose l'équivalent des stations-services classiques où la batterie de l'utilisateur est changée par une autre batterie totalement chargée. Ce service de recharge est notamment en cours d'expérimentation en Israël et au Danemark, et nécessiterait dans le cas d'un déploiement plus large, une harmonisation réglementaire des différentes batteries et des matériels de dépose.

### **Fin de vie des équipements**

La filière Véhicules Hors d'Usage, composée de broyeurs et démolisseurs, traite les véhicules en fin de vie, et est directement impactée par l'arrivée sur le marché des véhicules décarbonés, appelés à être traités à l'issue de leur phase d'utilisation.

Tandis que les batteries des véhicules thermiques au plomb sont aujourd'hui retraitées par des opérateurs de traitement de déchets d'accumulateurs, les batteries au Lithium des véhicules hybrides rechargeables et électriques pourraient avoir des utilisations en vue d'une seconde vie après la propulsion de véhicules. Selon l'« Etude sur la seconde vie des batteries des véhicules électriques et hybrides rechargeables » publiée par l'ADEME en 2011, les capacités de stockage pourraient principalement être utilisées : en stationnaire, pour lisser les productions d'énergie renouvelable ; en remplacement des batteries au plomb des chariots élévateurs ; ou en remplacement de groupes électrogènes d'ERDF.

Ces usages, moins exigeants en termes de fréquence des cycles de charge, d'autonomie, etc., permettent une véritable seconde vie de la batterie et une valorisation de ses capacités résiduelles de stockage.

Par ailleurs, il est à noter que la difficulté de traitement en fin de vie ultime des batteries au lithium des véhicules électriques et hybrides rechargeables, quoique moins dangereuses individuellement que des batteries au plomb, réside dans leur volume et leur coût de démantèlement.

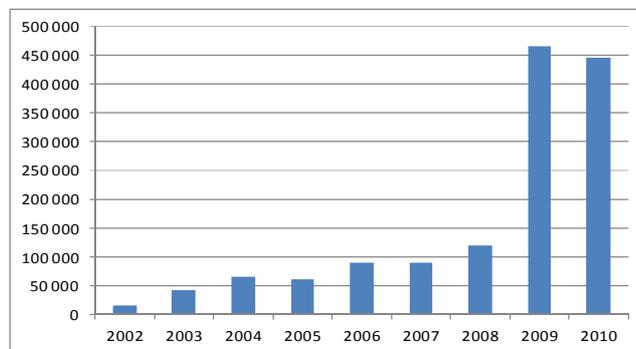
## **3 Présentation du marché et de ses perspectives de développement**

### **1. Etat des lieux et dynamique récente du marché à l'international**

Les marchés du Japon (pour son dynamisme), du Royaume-Uni (pour sa proximité géographique et la mise en place de mesures incitatives de montants comparables au bonus en France), de l'Allemagne (pour l'importance de son secteur automobile), et des Etats-Unis (pour leur marché en croissance), sont présentés ci-après.

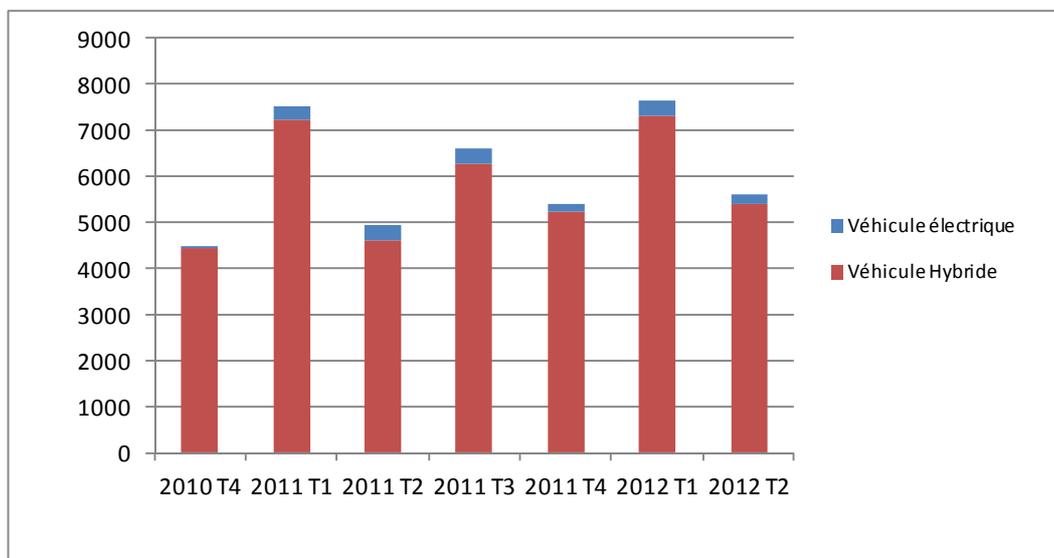
**Au Japon**, le marché des véhicules hybrides est considéré comme mature ; en effet, la Toyota Prius (hybride) est le véhicule le plus vendu sur l'archipel, et représente 6% des parts de marché avec 252 528 véhicules vendus en 2011 (JADA, 2012).

Suite à d'importantes mesures incitatives prises en mai 2009, et détaillées dans les parties suivantes, les ventes de véhicules décarbonés ont été multipliées par un facteur 4 entre 2008 et 2009, expliquant ainsi le saut observé dans le graphique suivant.



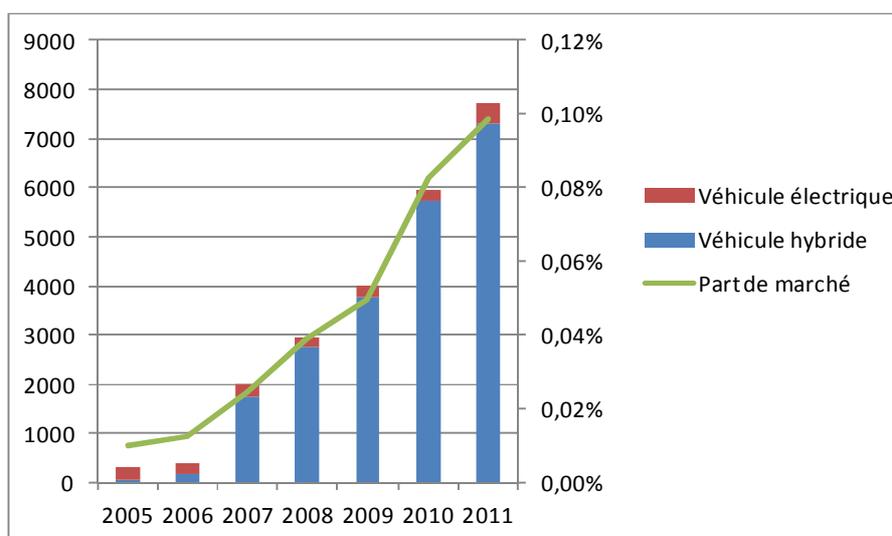
Source : JAMA, 2012

**Au Royaume-Uni**, malgré des incitations à l'achat de véhicules électriques et hybrides rechargeables (jusqu'à 5 000 livres à l'achat et exemption de taxe annuelle), les ventes de ces types de véhicules ne présentent pas d'augmentation significative, et le marché reste émergent et peine à décoller.



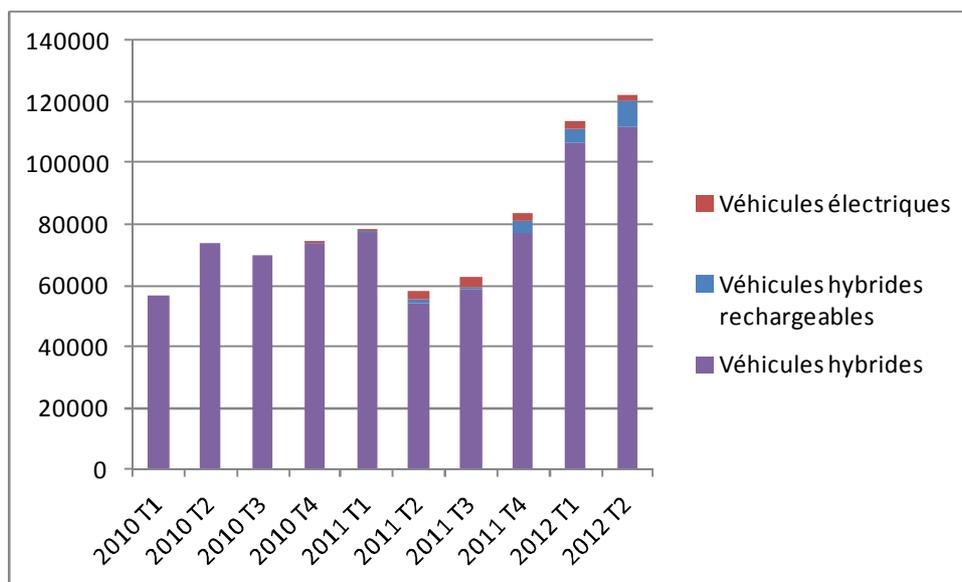
Source : SMMT, 2012

**En Allemagne**, les immatriculations de véhicules hybrides et électriques augmentent régulièrement depuis 2006, mais la part de marché globale reste marginale à 0,1 % en 2011. Les fonds affectés par les marques allemandes à la recherche sur les véhicules décarbonés laissent cependant supposer que de nombreux modèles pourraient voir le jour pour soutenir la croissance de ce segment sur le marché allemand, dominé par les marques nationales. En particulier, les constructeurs automobiles allemands se sont engagés sur le lancement de 15 véhicules électriques en 2014, dans le cadre de la « plate-forme pour l'électromobilité ».



Source : KBA, 2012

**Aux Etats-Unis**, comme au Japon, le marché des véhicules décarbonés est largement dominé par les véhicules hybrides. Le marché est plus mature qu'en Europe, mais reste en croissance. En effet, les véhicules hybrides et électriques représentent entre 2% et 3% des parts de marché depuis 2007. Sur le premier semestre 2012, les parts de marché atteignent 3,3%, avec un nombre de véhicules vendus dépassant les 10 000 unités. Le graphe ci-dessous reprend les évolutions de ventes de véhicules aux Etats-Unis, par type de véhicule décarboné hybride, ou électrique.



Source : EDTA, 2012

## 2. Le potentiel de marché

### 1. Le potentiel de marché à l'International

Sur le plan international, de nombreux pays se sont fixés des objectifs en matière de pénétration des véhicules décarbonés. Le tableau ci-dessous reprend les objectifs fixés par l'Allemagne, le Japon, le Royaume-Uni, les Etats-Unis et la Chine en termes de pénétration des véhicules décarbonés et points de recharge :

Pays	Objectifs (circulation, bornes de charge)
Japon	20% de part de marché pour les véhicules hybrides rechargeables ou électriques en 2020 2 000 000 points de charge normale 5 000 points de charge rapide
Etats-Unis	1 000 000 de véhicules décarbonés en 2015
Allemagne	1 000 000 de véhicules hybrides rechargeables ou électriques en 2020
Royaume-Uni	1 000 000 de véhicules décarbonés en 2020 25 000 points de charge à Londres en 2015
Chine	10 000 000 de véhicules décarbonés, dont la moitié d'hybrides rechargeables ou électriques

Source : AIE, 2011

Le chiffre d'affaire européen des véhicules décarbonés pourrait ainsi représenter de 50 à 90 milliards d'euros en 2025 (DGEC, 2011).

Selon le cabinet Pike Research, l'Europe pourrait compter 2,9 millions de véhicules électriques rechargeables à horizon 2020 et plus de 4,1 millions points de recharge. Sur le marché de la fourniture d'équipements pour les véhicules électriques, les pays leaders devraient être l'Allemagne (prévision de 23% des ventes en 2020), la France, le Royaume-Uni, les Pays-Bas et l'Italie ; ces pays totalisant plus de 60% du marché global (Pike Research, 2012).

L'Allemagne n'a pas encore de constructeurs automobiles ayant développé une offre solide de véhicules décarbonés et ne soutient donc pas l'acquisition des véhicules décarbonés autrement que par l'exonération de la taxe annuelle de circulation. Les investissements importants effectués en recherche et développement témoignent cependant d'une volonté des constructeurs allemands à rentrer dans le marché.

Tandis que les pays développés ont tous fixé des objectifs ambitieux en termes de teneur en véhicules électriques ou hybrides rechargeables de leurs parcs nationaux, les pays émergents sont aussi une cible privilégiée de marché pour les acteurs de la filière et pourraient représenter de forts enjeux de croissance. En effet, le parc automobile mondial devrait doubler d'ici à 2025 à travers une hausse importante des immatriculations dans ces pays qui pourraient investir directement dans le déploiement des véhicules décarbonés sans passage par toutes les étapes du véhicule thermique (DGEC, 2011).

## 2. Le potentiel de marché en France

Toutes technologies et motorisations confondues en 2011, 2 204 229 véhicules particuliers et 429 254 véhicules utilitaires légers ont été immatriculés. L'objectif est d'atteindre 2 000 000 de véhicules électriques et hybrides rechargeables en circulation et de déployer un réseau de 4,4 millions de points de recharge d'ici à 2020 (DGEC, 2012). Au sein du marché de l'automobile, globalement stable dans l'hexagone, le marché des véhicules électriques et hybrides dispose d'un fort potentiel de croissance. Cette croissance se fait donc au détriment des véhicules thermiques. De même, l'industrie automobile française est responsable de 220 000 emplois en 2010 (CCFA, 2011) et d'un chiffre d'affaire de 75 milliards d'euros en 2009. L'électrification des véhicules vendus correspond globalement à un transfert des emplois et du chiffre d'affaire de la filière thermique vers l'hybride et l'électrique. Les métiers devraient cependant être à plus haute valeur ajoutée compte tenu du fort contenu technologique et d'un besoin accru en services.

Des offres diversifiées en matière de véhicules décarbonés sont présentes sur le marché national : Renault et PSA pour la voiture électrique citadine, PSA pour le véhicule hybride diesel, Toyota pour les véhicules hybrides et hybrides rechargeables. D'autres constructeurs (Nissan, Mia, Venturi...) proposent des véhicules décarbonés sur des segments de marché plus petits (automobiles sportives, véhicules utilitaires, Smart de Daimler, Bluecar de Bolloré, etc.), tandis que de nouvelles marques préparent leur entrée sur le marché français (Volkswagen, BMW, Ford, etc.).

Ainsi, le marché potentiel apparaît comme important (l'ensemble du parc automobile français) et les acteurs français bien positionnés sur ces marchés du véhicule électrique et du véhicule hybride (avec le déploiement d'une offre hybride diesel par PSA), mais soumis à une concurrence forte, en particulier des groupes japonais sur ce dernier segment. Les acteurs allemands devraient également être des compétiteurs féroces dans les années à venir.

A l'échelle française, la mutation de la filière automobile traditionnelle vers les véhicules décarbonés permettrait de soutenir l'adaptation des emplois liés au thermique vers des emplois liés à ces nouvelles technologies.

Concernant les réseaux et les infrastructures de charge, le marché potentiel est très important (4,4 millions de points de charge en 2020) et devrait bénéficier aux acteurs français fortement implantés sur ces segments (EDF, Schneider...).

Enfin, les services liés à l'électromobilité tels que l'autopartage sont aussi amenés à se développer, comme en témoignent les expérimentations à La Rochelle, Nice, Paris, Lyon, Angoulême, etc.

## 4 Les enjeux de développement de la filière

### 1. Les déterminants du développement de la filière

#### 1. *Les principaux moteurs de croissance*

Le marché du véhicule décarboné est tiré par plusieurs facteurs :

#### **Un prix du pétrole élevé**

La forte hausse du prix des carburants et sa variabilité face à une électricité peu chère et dont le prix reste globalement stable, peut rendre, pour une certaine utilisation d'un véhicule, l'acquisition d'un véhicule hybride ou électrique rentable.

De plus, les importations d'énergie représentent 60 milliards d'euros en 2011. L'électrification du parc automobile diminue donc les importations de pétrole au profit d'une électricité produite en France (l'uranium importé ne représentant qu'une faible part dans la structure de coût de l'électricité), permettant ainsi de modifier de manière favorable la balance économique de la France.

#### **Un contribution à l'atteinte des objectifs nationaux et européens en matière de gaz à effet de serre**

Les véhicules décarbonés pourraient contribuer à atteindre l'objectif « trois fois vingt » de l'Union Européenne (réduction de 20% des émissions de gaz à effet de serre, amélioration de 20% de l'efficacité énergétique et une part de 20% d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie de l'Union Européenne en 2020) et de l'objectif français sur les émissions de gaz à effet de serre.

#### **Des externalités réduites**

Le véhicule thermique a par ailleurs des externalités environnementales ayant des conséquences sur la santé (émissions de GES, émissions de SOx, NOx, particules fines, bruit) que les véhicules décarbonés ne présentent pas ou dans une moindre mesure (pour le véhicule hybride). Le développement des véhicules décarbonés a ainsi un rôle à jouer dans la réduction des polluants locaux, notamment dans le cadre du Plan Particules (projet des Zones d'Action Prioritaires pour l'Air (ZAPA)).

#### **Des perspectives de développement du marché intéressante**

Le marché des véhicules décarbonés, bien qu'émergent, pourrait croître rapidement. Si les verrous sont levés, le parc automobile pourrait à terme n'être composé que de véhicules électriques, hybrides ou à carburant faiblement émetteur.

De plus, le développement de ces marchés pourrait ouvrir des opportunités d'adaptation pour les acteurs du secteur automobile, en crise aujourd'hui.

Associés au développement des véhicules décarbonés, de nouveaux services pourraient également émerger (location de batteries, gestion des réseaux et des données, IT...).

#### **L'offre de véhicules hybrides et électriques est en forte croissance**

Les véhicules hybrides et électriques sont de plus en plus présents sur les marchés. Le nombre de modèles commercialisés est en constante progression depuis 2010 et un vrai choix émerge pour le consommateur. Ce choix est un élément clef pour permettre aux particuliers d'être face à une offre robuste en répondant aux différentes attentes. Les constructeurs développent ainsi leurs gammes, avec l'exemple de Toyota qui, après avoir lancé la première automobile hybride avec la Prius, commercialise des motorisations hybrides pour un nombre croissant de véhicules de sa gamme.

#### **Un coût d'entretien élevé pour les véhicules thermiques**

Un véhicule thermique a des coûts de maintenance élevés dont les véhicules électriques sont exempts puisque la maintenance d'un moteur électrique est négligeable devant celle d'un moteur thermique. Cet avantage contribue aussi à rendre l'acquisition d'un véhicule hybride ou électrique intéressante économiquement.

De plus, dans le cas de prestation de location de batteries pour des véhicules électriques, la revente à terme des véhicules peut s'en trouver facilitée, leur prix étant décorrélé du prix et de l'état de la batterie.

#### **Une phase d'utilisation plus confortable**

La conduite d'un véhicule électrique (ou en phase électrique pour un véhicule hybride) est plus confortable que la

conduite d'un véhicule thermique grâce au moteur électrique totalement silencieux. Seuls demeurent les bruits et vibrations liés au roulage du véhicule.

### ***Une recherche d'image « verte » de la part des entreprises***

Les entreprises cherchent à verdir leur image et à communiquer sur leur responsabilité environnementale. La flotte de véhicules d'une entreprise est stratégique de part sa visibilité. Ainsi, les flottes captives des entreprises ou des collectivités peuvent permettre au marché des véhicules particuliers et des véhicules utilitaires de se déployer.

## ***2. Les principaux freins et verrous***

Plusieurs freins et verrous au développement de la filière peuvent être identifiés :

### ***L'autonomie des véhicules électriques à bas prix est réduite***

A l'heure actuelle, les véhicules électriques disposent d'une autonomie de 80 à 150 kilomètres ce qui est largement inférieure aux autonomies des véhicules thermiques (plusieurs centaines de kilomètres). L'utilisation du véhicule électrique est donc partiellement restreinte à un usage de flotte d'entreprise ou de collectivité à usage prédictif et répétitif, de « second véhicule » ou de véhicule urbain.

### ***Les véhicules restent coûteux à l'achat***

Les véhicules décarbonés restent à un coût d'achat supérieur à un véhicule thermique, freinant les démarches d'achat des particuliers et des entreprises. Les initiatives en cours pour réaliser des achats groupés contribuant à réduire les coûts via des effets d'échelle pourraient contribuer à rendre le secteur plus attractif. La mise sur le marché de véhicules à un prix compétitifs au regard des autres modes est conditionnée par l'atteinte d'une taille critique des acteurs, notamment nationaux, sur ce segment de marché.

### ***Les infrastructures de charge des véhicules sont coûteuses, diverses et non uniformément réparties***

En dehors du lieu de parking principal du véhicule (domicile ou lieu de travail), afin d'assurer l'interopérabilité du véhicule électrique ou hybride rechargeable, les infrastructures de charge doivent être uniformisées en France, mais plus généralement en Europe, et être présentes de manière importante sur l'ensemble du territoire. Ces infrastructures de recharges, coûteuses, sont nécessaires pour rassurer les premiers acheteurs et permettre un développement de la filière.

### ***Les besoins en matières premières sont croissants***

Le développement des véhicules électriques et hybrides rechargeables entraîne une augmentation importante des besoins en Lithium. Le prix du Lithium a été multiplié par six entre 2003 et 2008 du fait de son utilisation dans les accumulateurs des appareils électroniques (en particulier dans l'informatique et la téléphonie). Ces nouvelles matières premières utilisées dans la fabrication des batteries proviennent essentiellement d'Amérique du Sud et d'Australie (respectivement 47% et 33% de la production mondiale) et soulèvent la question de la sécurité d'approvisionnement à terme (USGS, 2012). D'autres matières, comme les terres rares, constituent également une vulnérabilité potentielle, sur lesquelles des plans d'actions sont mis en œuvre (R&D pour trouver des matériaux de remplacement, recyclage et valorisation, nouvelles sources d'approvisionnement...).

### ***Une intégration des véhicules électriques dans les réseaux qui soulèvent des questions***

L'intégration des véhicules électriques dans les réseaux, bien qu'une opportunité via la mise à disposition d'espaces de stockage multiples raccordés au réseau et permettant de lisser les pics de consommation et de production, soulève également la question d'une gestion décentralisée et complexifiée du réseau électrique (voir fiche « *Réseaux intelligents* »).

### ***L'apparition de nouveaux types de véhicules sur les chaussées peut provoquer une hausse de l'accidentologie***

Les véhicules électriques et hybrides, du fait de leurs caractéristiques différentes des autres modes présents (volume similaire à celui d'un véhicule thermique, mais bruit réduit par exemple), peut générer une hausse de l'accidentologie. En effet, les voies de circulation sont partagées entre plusieurs modes de transport, chacun apportant ses contraintes et caractéristiques propres. Le véhicule décarboné se conforme à cette règle, qui constitue un risque pour la sécurité sur les routes.

### ***La fin de vie des batteries n'est pas encore prête à gérer d'importants tonnages***

La filière repreneuse des déchets d'accumulateurs au Lithium n'est pas encore opérationnelle pour traiter d'importants

tonnages, ce qui soulève des questions en termes de bilan environnemental réel de la filière.

### ***Un bilan environnemental réel du véhicule électrique conditionné au mix électrique***

Le bilan environnemental réel du véhicule électrique reste aujourd'hui largement conditionné aux modes de production de l'énergie électrique, dont la teneur en carbone s'avère disparate suivant les pays.

## **2. Evolutions du paysage concurrentiel et enjeux de développement**

Concernant **le véhicule électrique** dont le marché est encore émergent, les groupes français se démarquent sur les segments qu'ils maîtrisent : les automobiles citadines et les véhicules utilitaires légers (Renault Twizy, Renault Fluence, Peugeot Ion, Renault Kangoo ZE et, à la fin de l'année 2012, Renault Zoe, ainsi que l'utilitaire léger de PSA début 2013). La Bluecar de Bolloré (citadine) a, elle aussi, réussi à se développer grâce au marché Autolib. Sur ces segments, où les constructeurs français apparaissent bien positionnés aujourd'hui, ils peuvent envisager conquérir le marché national, voire des parts de marché à l'international.

En revanche, le marché **du véhicule hybride et du véhicule hybride rechargeable** est largement dominé par les constructeurs japonais, en particulier Toyota, dont plus de 4 millions d'exemplaires ont été vendus dans le monde depuis 1997 (*Toyota, 2012*). De fait, la concurrence est difficile car les coûts sont naturellement plus faibles pour les groupes japonais produisant déjà de forts volumes. L'offre de véhicule hybride diesel de PSA pourrait permettre au groupe Français de reprendre des parts de marché en France, mais la situation à l'international semble plus complexe, le diesel n'étant pas toujours un carburant majoritaire. Volkswagen a par ailleurs pour ambition de produire 100 000 véhicules électriques par an en 2018 et se positionne à la fois sur des automobiles citadines (golf Blue-e-Motion) et sur des véhicules utilitaires (eT). De par sa position de constructeur automobile leader européen, Volkswagen devrait être un des acteurs majeurs du développement des véhicules décarbonés d'ici à 2020, et être ainsi un concurrent sérieux pour les acteurs déjà lancés sur le marché.

Le développement des véhicules hybrides et électriques correspond ainsi à un double enjeu pour la France. L'enjeu est d'abord environnemental : les véhicules décarbonés permettent de réduire fortement les émissions de gaz à effet de serre et des polluants locaux issus du secteur du transport routier, responsable aujourd'hui de 32% des émissions (*CITEPA, 2011*) et contribueraient à l'atteinte des objectifs du Grenelle de l'Environnement (parc de véhicules particuliers émettant 130g CO<sub>2</sub>/km en moyenne en 2020).

Par ailleurs, la diminution de la dépendance au pétrole qui pèse lourdement dans la balance commerciale française est un enjeu majeur. L'utilisation du véhicule électrique, qui permet de réduire les consommations de carburants, pourrait contribuer à réduire cette dépendance.

L'enjeu est aussi industriel : alors que le parc automobile mondial devrait doubler dans les prochaines décennies, le marché européen est atone et les emplois dans le secteur automobile en France ont reculé de 30% en dix ans (*MRP, 2012*). En France, les constructeurs automobiles français ne représentent plus que 56% des parts de marché des véhicules particuliers en 2011 (*CCFA, 2012 (a)*). L'industrie automobile française doit donc se positionner sur ces nouvelles technologies décarbonées afin de réaffirmer sa position sur le territoire national et se positionner sur les marchés internationaux pour conserver sa compétitivité et ses emplois. Les contraintes techniques (autonomie restreinte, temps de charge long, prix de la batterie au lithium élevé, nécessité d'un réseau d'infrastructures de charge...) auxquelles se heurte aujourd'hui la filière rendent nécessaires des investissements pour soutenir la R&D et le lancement du marché. Les initiatives de l'Etat (PREDIT (plateforme d'innovation), fonds démonstrateurs de l'ADEME et Appel à Manifestation d'intérêt Véhicules du futur, Institut VEDECOM, bonus à l'achat, commandes groupées UGAP-La Poste, cadres législatif et réglementaire ...) vont dans ce sens mais doivent se poursuivre pour assurer le développement d'une offre française compétitive.

## 5 Synthèse du positionnement national et des enjeux

Atouts (+)	Faiblesses (-)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une présence forte des acteurs des différents segments du véhicule décarboné en France (constructeurs automobiles, fabricants de batterie, équipement de charge etc.)</li> <li>▪ Des constructeurs français en avance sur le marché des véhicules électriques et qui commercialisent déjà des modèles</li> <li>▪ Des capacités de R&amp;D en France reconnues et un soutien important apporté à la filière (PREDIT, IEED...)</li> <li>▪ Un fort soutien à l'acquisition mis en place par les pouvoirs publics</li> <li>▪ Un soutien au démarrage de la filière via l'achat groupé de véhicules décarbonés pour les flottes d'entreprises et de collectivités</li> <li>▪ Un développement d'offres de location de batteries qui facilitera la revente des véhicules électriques d'occasion, en rendant la valeur du véhicule indépendante du coût de la batterie</li> <li>▪ Un prix des carburants en forte hausse, favorisant les véhicules décarbonés (après une baisse liée à la crise économique en 2009, les niveaux de prix atteints en 2011 sont ceux de 2008)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Des acteurs nationaux (PSA, Bolloré, Saft, Schneider Electric, etc.), sur les sujets de véhicules décarbonés qui n'ont pas encore atteint la taille critique nécessaire à un développement à plus grande échelle, et à l'atteinte d'un modèle économique durable</li> <li>▪ Un marché disposant de caractéristiques hétérogènes au niveau international : réglementations distinctes suivant les pays, caractéristiques différentes de l'alimentation électrique..</li> <li>▪ Une autonomie restreignant les véhicules électriques et hybrides rechargeables à un rayon d'action limité</li> <li>▪ Un modèle économique fondé sur la charge lente dans la sphère privée, au détriment de la charge rapide, plus coûteuse pour la sphère publique qui sous-tend des modèles économiques complexes</li> <li>▪ Un véhicule décarboné qui reste plus onéreux à l'acquisition qu'un véhicule thermique comparable</li> <li>▪ Le manque d'infrastructures et de points de recharge sur la voie publique constitue un frein psychologique à l'achat des véhicules décarbonés</li> <li>▪ Des utilisateurs de véhicules particuliers qui ne sont pas accoutumés à des offres de location de batterie (Ex : Renault) qui peuvent être mal perçues</li> <li>▪ Des verrous technologiques (autonomie restreinte, temps de charge long, ...) qui restent à lever</li> <li>▪ Une fin de vie des batteries (démantèlement, recyclage...) qui reste à mettre en œuvre de façon opérationnelle pour assurer un bilan environnemental satisfaisant de la filière</li> <li>▪ Un bénéfice environnemental de la filière conditionné au mix énergétique du pays</li> <li>▪ Des usagers de la route qui se multiplient dans leurs profils (piéton, deux roues, quadricycles, véhicules thermiques, véhicules décarbonés...) et leurs comportements (vitesse moyenne,...) soulevant la question de la cohabitation et des risques d'accidents</li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un marché européen potentiel important, estimé entre 20 et 50 milliards d'euros en 2025</li> <li>▪ Une croissance du marché et un positionnement des acteurs français qui pourrait constituer une opportunité de maintien d'emplois dans le secteur automobile, en crise sur son activité véhicule thermique</li> <li>▪ Une utilisation des batteries de véhicules comme stockage à grande échelle (V2G - Vehicle To Grid) permettrait entre autres de faciliter l'intégration des énergies renouvelables et la gestion des pics de consommation</li> <li>▪ Une opportunité de voir émerger de nouveaux services en lien avec les véhicules décarbonés (location de batteries, IT, communication entre les réseaux, par exemple)</li> <li>▪ Un intérêt croissant des consommateurs pour la responsabilité environnementale des entreprises qui soutient le remplacement progressif des flottes captives de véhicules d'entreprises et de collectivités par des véhicules décarbonés</li> <li>▪ Une diminution de la consommation nationale de carburant qui pourrait améliorer l'indépendance énergétique de la France</li> <li>▪ Des bénéfices environnementaux à l'échelle locale avec une réduction des émissions dans l'air (particules, etc.) et du bruit qui pourrait être intéressante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un risque de soutenir le développement des offres des concurrents notamment sur le marché du véhicule hybride largement dominé par les groupes japonais</li> <li>▪ Un marché potentiel qui attire une concurrence importante et des investissements en recherche consentis à l'étranger qui laissent présager l'entrée de nouveaux acteurs, notamment allemands et chinois</li> <li>▪ Des infrastructures de charge qui nécessitent des investissements et un partage du risque entre les différentes parties prenantes</li> <li>▪ Un développement des systèmes de recharge non harmonisé à l'échelle réglementaire européenne ou internationale freinant le développement des véhicules électriques</li> <li>▪ Des matières stratégiques (lithium, terres rares, etc.) utilisées dans les batteries qui soulèvent des questions sur leur sécurité d'approvisionnement</li> </ul>

### ***Bibliographie de référence***

- ACEA, 2010, Overview of tax incentives for electric vehicles in the EU
- ACEA, 2011, ACEA position and recommendations for the standardization of the charging of electrically chargeable vehicles
- AIE, 2011, G-20 Clean Energy and energy efficiency deployment and policy progress
- Bloomberg, 2011, Germany Doubles Electric Vehicle Research and Development Aid
- CCFA, 2011, Emplois induits par l'automobile en 2010
- CCFA, 2012 (a), Tableau de bord automobile : année 2011
- CCFA, 2012 (b), Lexique des termes techniques
- CCFA, 2012, Tableau de bord automobile : deuxième trimestre 2012
- CITEPA, 2011, Substances relatives à l'accroissement de l'effet de serre
- DGEC, 2011, Fiche « Véhicule décarboné »
- DGEC, 2012, Fiche « Véhicule décarboné »
- Faurecia, 2012, Salon de Genève 2012, dossier de presse
- JADA, 2012, Statistiques
- JAMA, 2012, The Motor Industry in Japan
- JETRO, 2011, Investing in Japan
- MRP, 2012, Le Plan de soutien à la filière automobile
- Pike Research, 2012, "Electric Vehicle Charging Equipment in Europe »
- PREDIT, 2011, « Le Programme Electromobilité en Europe »
- Québec, 2011, Communiqué gouvernemental, Plan d'action 2011-2020 sur les véhicules électriques
- SPAP, 2012, Energie portable et développement durable
- TOYOTA, 2012, Communiqué de presse : "Worldwide sales of TMC Hybrids top 4 million units"
- USDE, 2012, Alternative Fuels Data Center – Federal Incentives and laws
- USGS, 2012, Mineral Commodity Summaries
- Valeo, 2010, Communiqué de presse : « Valeo dévoile ses technologies spécifiques au véhicule électrique sur son show car présenté au Mondial de l'Automobile »

# Filières de gestion du cycle de vie des ressources naturelles

# 16 - CAPTAGE & STOCKAGE DE CO<sub>2</sub> (CSC) ET SA VALORISATION

## 1 Synthèse

### Présentation

#### Définition et périmètre

Cette fiche couvre les activités :

- de captage,
- de transport,
- de stockage et de valorisation du CO<sub>2</sub>,
- des activités transversales liées au développement de ces projets.

### Chiffres clés

Dans les projections à l'horizon 2050, les technologies de capture et stockage du CO<sub>2</sub> pourraient être à l'origine de près de 20% de la baisse des émissions de gaz à effet de serre, soit environ 10Gt de CO<sub>2</sub> capté par an dans un scénario optimiste (IEA, 2010).

La filière est encore émergente mais pourra potentiellement représenter au niveau mondial un marché de 300 milliards d'euros à l'horizon 2050 (BCG, 2008).

## 2 Présentation de la filière

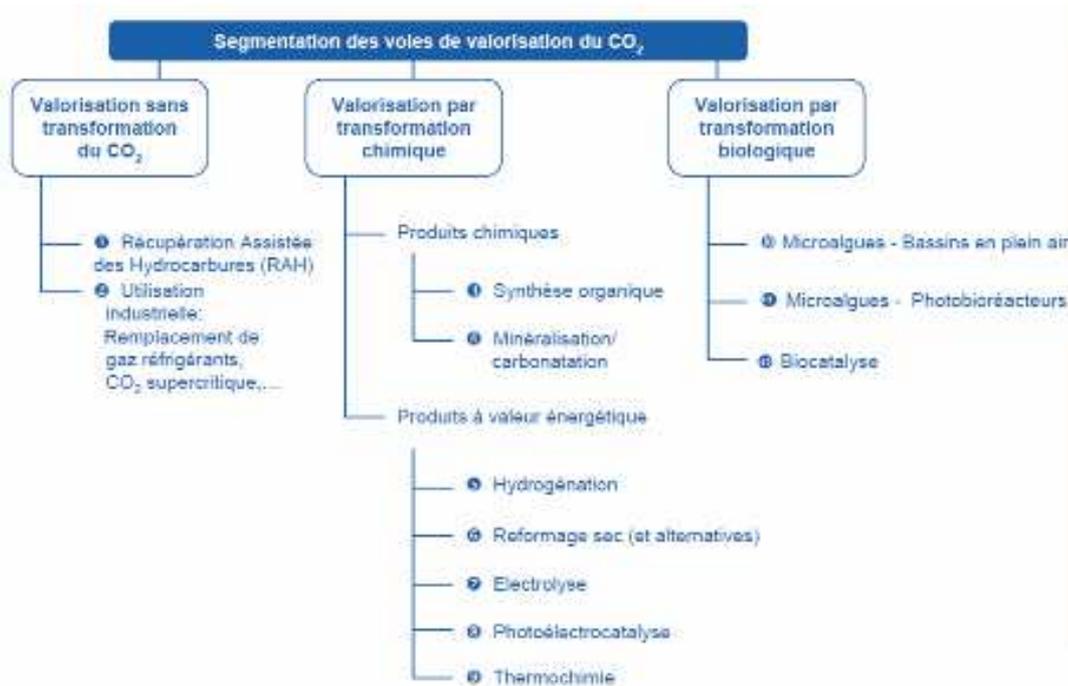
La filière du captage et stockage du CO<sub>2</sub> (CSC) et de sa valorisation est encore une filière émergente. Ses activités concernent donc à la fois un nombre important de projets démonstrateurs visant à soutenir le déploiement industriel des technologies et des activités de R&D afin d'optimiser les technologies à disposition, développer de nouvelles technologies et lever les verrous technologiques résiduels (en particulier sur l'aspect stockage du CO<sub>2</sub>). Les technologies au niveau du captage, du transport, du stockage ou de la valorisation présentent cependant des niveaux de maturité distincts (certaines technologies sont en effet d'ores et déjà utilisées par d'autres secteurs d'activité).

Les différentes étapes de la filière « captage et stockage du CO<sub>2</sub> (CSC) et de sa valorisation » sont :

- ▶ **Le captage du CO<sub>2</sub>** en sortie du site émetteur. Ce site peut être une centrale thermique de production d'électricité, ou un site industriel (sidérurgie par exemple). Le CO<sub>2</sub> ainsi capté subit plusieurs phases de purification et de compression, indispensables à son transport. Il existe trois principales voies technologiques pour les centrales thermiques : Captage en post-combustion du CO<sub>2</sub> issu des fumées de combustion, Captage en pré-combustion et Captage par oxy-combustion. La surconsommation énergétique de ces procédés (« pénalité énergétique ») présente un des défis majeurs à relever. Pour les sites industriels, la technologie de captage, faisant partie intégrante du procédé de fabrication, dépend fortement de la nature du site.
- ▶ **Le transport du CO<sub>2</sub>** du site émetteur vers celui où il sera stocké ou valorisé. Ce transport peut se faire sur des distances importantes et nécessite des infrastructures de canalisation, solution qui constitue la voie privilégiée aujourd'hui. Certains contextes spécifiques peuvent nécessiter l'utilisation complémentaire du transport maritime, dont la technologie est comparable à celle des navires de transport de gaz de pétrole liquéfié.
- ▶ Dans la plupart des projets en cours, **le CO<sub>2</sub> est ensuite stocké**. Le stockage peut se faire au niveau de trois différents types de formations géologiques : les gisements épuisés de pétrole et de gaz, les aquifères salins ou les veines de charbon inexploitable. D'autres types de formations géologiques sont également étudiés, comme par exemple les basaltes et les roches hyperbasiques pour un stockage sous forme minérale. D'après l'état des connaissances actuelles, il apparaît que les réservoirs d'hydrocarbures épuisés, qui représentent une capacité de stockage de près de 900 Gt, ainsi que les aquifères salins, au potentiel encore mal connu, représentent le potentiel le plus important en matière de capacité de stockage de dioxyde de carbone (IFPEN, 2012).
- ▶ Plusieurs études et expérimentations portent également sur **la valorisation du CO<sub>2</sub>**, en complément au stockage géologique. Diverses solutions sont actuellement testées dans le monde. Ces techniques sont pour la

plupart à un stade expérimental, et les quantités valorisables de CO<sub>2</sub> ressortent aujourd'hui comme étant largement inférieures à celles associées au stockage géologique. La Récupération Assistée d'Hydrocarbures (RAH ou EOR, pour Enhanced Oil Recovery), qui consiste à injecter le CO<sub>2</sub> sous pression dans un réservoir d'hydrocarbures afin de récupérer des condensats de gaz naturel ou de pétrole piégés dans la matrice rocheuse, peut être assimilée et au stockage et à la valorisation de CO<sub>2</sub>.

A noter par ailleurs que l'industrie chimique utilise aujourd'hui le CO<sub>2</sub> comme intrant dans la synthèse d'urée, de méthanol ou encore d'acide salicylique. Au total, près de 153 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> étaient utilisés dans l'industrie en 2008 dans le monde (CAS, 2012).



Source : ADEME, 2010

Cette fiche intègre également dans son périmètre **l'ensemble des activités connexes** indispensables à la mise en œuvre opérationnelle des étapes précitées. Il s'agit notamment des activités d'exploration nécessaires à l'identification des structures géologiques adaptées au stockage du dioxyde de carbone ou également des activités de suivi et de surveillance de long terme, en particulier après la fermeture du site de stockage.

### 3

## Présentation du marché et de ses perspectives de développement

### 1. Etat des lieux et dynamique récente du marché à l'International

Aujourd'hui, la filière est encore émergente et les premiers déploiements industriels pour équiper des centrales thermiques ne devraient pas intervenir avant 2015 - 2020 (*Technologies clés 2015, 2011*). A l'échelle internationale, une forte dynamique peut être observée : le Global CCS Institute a ainsi recensé au premier trimestre 2012, 15 sites intégrés opérationnels ou en construction de taille commerciale dans le monde, représentant une capacité de captage de 35,4 millions de tonnes par an. La grande majorité de ces sites est située aux Etats-Unis (9 sites sur 15), au Canada et en Norvège. Il est à noter que les deux tiers de ces installations sont des installations de Récupération Assistée d'Hydrocarbures (RAH).

Au Canada, le développement de la filière est notamment lié à l'exploitation des ressources du sol, pétrole ou sables bitumineux. A titre d'exemple, le projet Quest, porté par Shell, Chevron et Marathon Oil, a pour objectif de capter dès 2015 le dioxyde de carbone émis au niveau d'une plateforme d'exploitation des sables bitumineux située dans la province de l'Alberta. Les provinces canadiennes sont particulièrement impliquées dans le soutien à la filière : au total,

plus d'1,5 milliards d'euros de financement public ont été accordés entre 2011 et 2012 pour soutenir de tels projets.

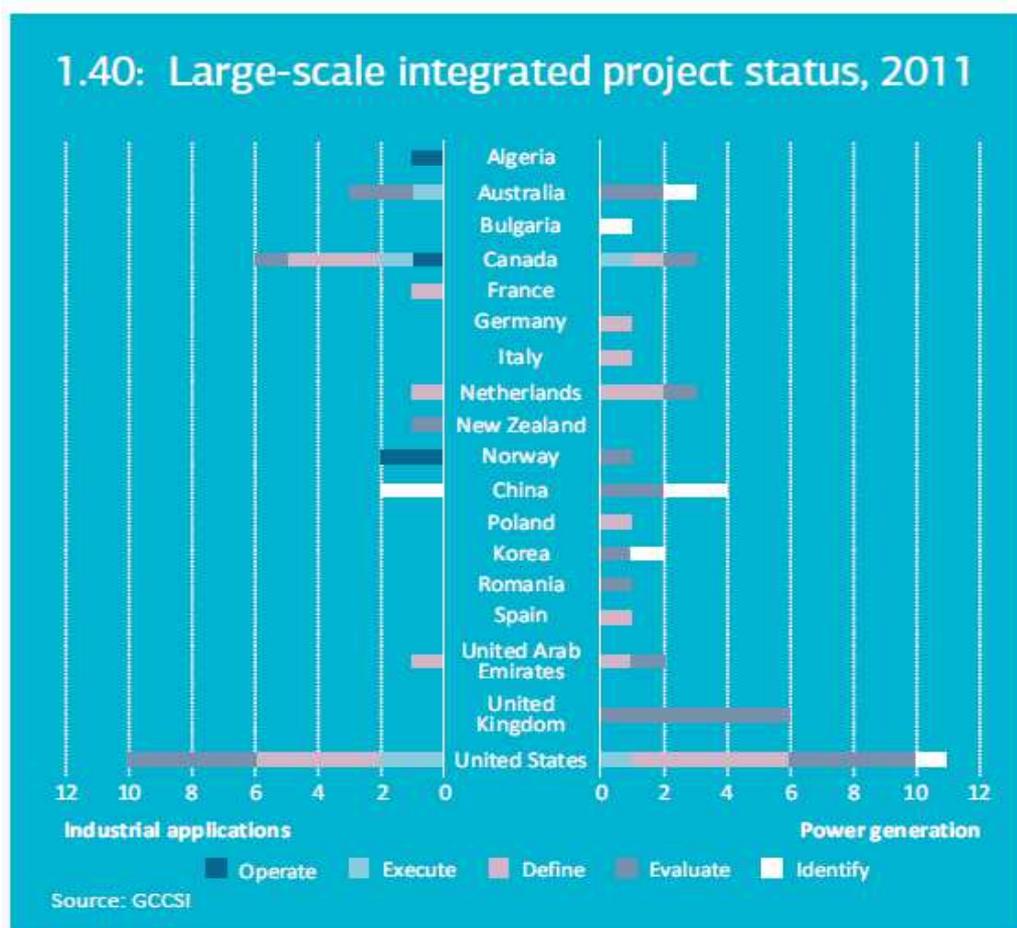
La Chine est quant à elle, l'un des pays qui constitue le potentiel le plus important pour un développement de la filière dans les prochaines années et décennies. Le captage et le stockage ou la valorisation du dioxyde de carbone pourraient en effet constituer un axe majeur de la politique de lutte contre le changement climatique du gouvernement chinois dans un contexte de recours massif au charbon, et un moyen efficace pour le pays d'exporter des infrastructures et un savoir-faire de haute technologie. Plusieurs projets sont ainsi en cours dans le pays, financés à la fois par le gouvernement central (dans le cadre d'un programme global de 300 milliards d'investissement dans l'économie sobre en carbone), les banques de développement, les ONG et les acteurs industriels (GCCSI, 2011). Parmi les projets remarquables, celui porté par China Shenhua Coal to Liquid and Chemical est annoncé par certains médias comme étant déjà opérationnel.

Plusieurs des projets annoncés ces derniers mois ouvrent également la voie à de nouvelles formes de valorisation du dioxyde de carbone, comme le projet signé en mars 2012 associant Mitsubishi Heavy Industries et Qatar Fuel Additives Company ou le projet annoncé en juin 2012 associant BP et ConocoPhillips.

En 2008, environ 150 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> étaient valorisées dans le monde (ADEME, 2010).

Le marché international est dans l'ensemble dynamique, avec une augmentation de la capacité de stockage de 25% entre 2010 et 2011, et environ 60 autres projets d'installations, représentant une capacité potentielle de captage de 122 millions de tonnes par an (GCCSI, 2012). Cette dynamique ne doit cependant pas cacher les difficultés rencontrées par ces projets dont certains ont dû être abandonnés pour des raisons financières (Longannet, UK) ou réglementaires (Jämschwalde, DE).

Le diagramme ci-dessous illustre les projets et leurs stades de développement dans le monde :



Source : IEA, 2012, *Tracking Clean Energy Progress ; Energy Technology Perspectives 2012*

### **Zoom sur l'implication des acteurs français sur le marché international**

Les acteurs français s'impliquent aujourd'hui sur des projets en France comme à l'international. A titre d'exemple, Alstom est impliqué dans une quinzaine de projets dans le monde à des stades de développement divers (démonstrateurs, expérimentation industrielle...). Parmi ceux-ci, on compte notamment l'expérimentation à grande échelle de Mongstad en Norvège, où le CO<sub>2</sub> est capté par un processus de post-combustion à base d'ammoniaque réfrigérée. Le groupe français s'est par ailleurs associé à l'énergéticien chinois CDC (China Datang Corporation) pour développer des démonstrateurs de captage et de stockage du CO<sub>2</sub>. Dans ce cadre, deux projets de captage seront intégrés à de nouvelles centrales à charbon d'ici 2015. En phase opérationnelle, il est prévu que ces deux projets captent chacun 1 million de tonnes de CO<sub>2</sub>.

De même, Air Liquide est impliqué dans plusieurs réalisations en Espagne, en Amérique du Nord et en Australie, où le groupe participe au projet Callide Oxyfuel qui vise notamment à tester la technologie d'oxy-combustion pour le captage du CO<sub>2</sub> en sortie d'une centrale au charbon. Air Liquide est également impliqué dans le projet Green Hydrogen aux Pays-Bas (candidat au NER 300), où la construction d'une unité de production d'hydrogène située près de Rotterdam intègre la possibilité de capter le CO<sub>2</sub> émis. Il est prévu que le dioxyde de carbone ainsi capté soit valorisé en mer du Nord dans des opérations de RAH. La capture du CO<sub>2</sub> pourrait intervenir dès 2016.

Schlumberger prend également part à plusieurs projets, comme l'Illinois Industrial Carbon Capture and Storage Project (II-CCS), dont la construction a débuté en août 2011. Le projet, financé pour près de 100 millions de dollars par l'US Department of Energy, consiste à capter le CO<sub>2</sub> en sortie d'une unité de production d'éthanol pour le stocker sous le Mont Simon. Il devrait être opérationnel en 2014.

## **2. Le potentiel de marché**

### *1. Le potentiel de marché à l'International*

Les scénarios développés par l'IEA en 2010 confèrent un rôle primordial à la technologie de capture et stockage du CO<sub>2</sub> dans la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> à l'échelle mondiale. Dans les projections à l'horizon 2050, cette technologie pourrait ainsi être à l'origine de près de 20% de la baisse des émissions de gaz à effet de serre, soit environ 10 Gt de CO<sub>2</sub> capté par an dans un scénario optimiste. Dans cette hypothèse, ce serait environ 3 400 projets qui verraient le jour dans le monde d'ici 2050, dont la moitié concernerait des installations de production d'électricité, tandis que l'autre viserait des secteurs industriels très émetteurs, tels que la production de fer, d'acier, de ciment ou encore les raffineries (IEA, 2010). Il est à noter qu'un autre scénario développé par l'université de Princeton projette que seules 3 à 4 Gt de CO<sub>2</sub> seront stockées dans le monde à ce même horizon temporel (BCG, 2008). L'Agence estime par ailleurs que le coût de la division par deux des émissions mondiales augmenterait de 70% sans utilisation du captage et stockage (et valorisation d'une manière marginale) du CO<sub>2</sub> (IEA, 2010).

A l'échelle européenne, selon les premières estimations sur l'impact de la directive relative au stockage géologique du CO<sub>2</sub>, les émissions évitées en 2030 pourraient représenter 15% des réductions requises, soit 160 millions de tonnes stockées chaque année (ADEME, 2010).

La Commission Européenne estime que le déploiement commercial des technologies de captage et stockage du CO<sub>2</sub> dans la production d'électricité et les applications industrielles devraient commencer après 2020, pour un déploiement mondial vers 2030 (Commission Européenne, 2010). Les incertitudes quant aux projets en cours et à leur financement, laissent cependant penser que ce calendrier pourrait être repoussé.

En se basant sur le scénario de l'IEA d'une capacité de stockage de 10Gt/an et le travail mené par le Boston Consulting Group qui définit le coût moyen de la tonne de CO<sub>2</sub> stockée à 30€, le marché mondial annuel en 2050 pourrait être de 300 milliards d'euros (BCG, 2008).

Un nombre limité d'études porte sur le potentiel de création d'emplois liés à cette filière, tant les incertitudes sur son développement sont grandes à ce jour. En 2008, le gouvernement britannique a estimé qu'entre 15 000 et 30 000 emplois pourraient être créés en Grande-Bretagne à l'horizon 2030 (DECC, 2008). Ces emplois sont liés à la conception et la construction des installations de captage, transport et stockage de CO<sub>2</sub>. Une deuxième étude menée en 2010 évalue que ce même potentiel se situerait entre 4 000 et 6 400 emplois à ce même horizon temporel (DECC, 2010). Ces écarts soulignent les difficultés associées à ces projections. Par ailleurs, ces emplois créés concernent principalement la phase de développement de projet. En phase d'exploitation, le potentiel de création d'emplois de long terme, principalement liés aux activités de maintenance et de surveillance, est pressenti comme limité. A titre d'exemple, les autorités écossaises ont estimé que les créations d'emplois pendant les phases de construction des infrastructures se situeraient entre 1 500 et 4 600 en 2020, tandis qu'en phase opérationnelle, le nombre de postes créés serait compris

entre 200 et 450 (*Scottish Enterprise, 2011*).

Ces estimations ne sont qu'indicatives et ne sont pas extrapolables au niveau mondial. Elles ne prennent notamment pas en compte les effets d'échelle et d'apprentissage non négligeables.

## 2. Le potentiel de marché en France

Sauf évolution majeure dans les prochaines années et recours accru aux énergies fossiles, et notamment au charbon, dans la production d'électricité, il apparaît aujourd'hui que la spécificité du mix énergétique français limite les applications nationales du captage de CO<sub>2</sub> pour ce qui concerne les installations de production électrique, à l'inverse de pays comme la Chine où les centrales à charbon connaissent un développement important.

De ce fait, le marché français potentiel concerne essentiellement l'équipement des industries fortement émettrices pour lesquelles les alternatives technologiques sont à l'heure actuelle limitées : sidérurgie, cimenterie, raffinerie....

Pour la France, l'enjeu est donc de disposer d'une base industrielle française capable de développer ces technologies et les savoir-faire associés et de faire valoir ces compétences à l'international notamment via des projets vitrines et des démonstrateurs. Cette primauté du marché international est illustrée par l'implication des leaders français sur un grand nombre de projets démonstrateurs dans le monde (Alstom, Air Liquide...).

Par ailleurs, le développement d'un marché carbone, avec un prix attractif, est un facteur sine qua non au développement de la filière.

Le développement de la filière en France ne devrait contribuer que de façon limitée à l'emploi compte tenu de la faible taille du marché potentiel en France et devrait principalement concerner des emplois à haute qualification, dans l'ingénierie ou la recherche. Au-delà des emplois directement créés, le développement de la filière du captage et stockage du CO<sub>2</sub> (CSC) et de sa valorisation devrait contribuer au maintien d'emplois dans des secteurs industriels, en particulier dans les secteurs fortement émetteurs comme les cimentiers, les aciéristes, les raffineurs ou les producteurs d'énergie, et au maintien d'activités dans des bassins industriels.

## 4 Les perspectives de développement en France et à l'international

### 1. Les fondamentaux de la filière

#### 1. Les principaux moteurs de croissance

Il existe plusieurs facteurs externes pouvant soutenir le développement de la filière, parmi lesquels :

- ▶ **L'augmentation du prix du CO<sub>2</sub>** en Europe, et par extension, le développement de marchés d'échange de quotas d'émissions dans les autres régions du monde. Il apparaît aujourd'hui que la réalisation des objectifs de développement de la filière repose en grande partie sur des hypothèses fortes en matière d'évolution du prix du carbone. Un prix du carbone élevé est un critère essentiel dans la prise de décision des investisseurs ;
- ▶ **La reprise de l'activité industrielle** : dans le cadre d'un marché d'échange de quotas d'émissions, une augmentation de l'activité industrielle associée à une augmentation de la production de CO<sub>2</sub>, entraîne mécaniquement une hausse du prix du carbone, principal critère de décision des acteurs de la filière ;
- ▶ **La part importante des combustibles fossiles pour la production d'électricité et l'industrie**, en particulier dans de grandes puissances émergentes comme l'Inde ou la Chine, et ce malgré la montée en puissance d'autres solutions décarbonées.... L'IEA prévoit ainsi que la demande en charbon pourrait augmenter de 65% d'ici 2035 (*IEA, 2012*). Dans ce contexte, le captage et le stockage du CO<sub>2</sub> peut s'avérer être une solution intéressante pour limiter les émissions de dioxyde de carbone liées à l'exploitation de ces ressources. De plus, les industries fortement émettrices ne disposent aujourd'hui que de peu d'alternatives technologiques ;
- ▶ **La hausse du prix du pétrole** : cette hausse, bien qu'irrégulière et marquée par des périodes de baisse significative, est tendancielle. Elle incite les acteurs du secteur pétrolier à développer les techniques de RAH qui deviennent par conséquent rentables, et aux cotés desquelles les infrastructures de captage et d'injection du CO<sub>2</sub> s'intègrent parfaitement (*Slagter et al., 2011*) ;
- ▶ **L'intégration du stockage et de la valorisation du CO<sub>2</sub> aux Mécanismes de Développement Propre (MDP)** : l'éligibilité de la technique a été actée en 2011 lors de la conférence de Durban, même si l'avenir du protocole de Kyoto est encore incertain. Si cette intégration peut permettre une augmentation du nombre de projets, il ne faut pas négliger une potentielle baisse induite du coût du carbone sur le marché européen, qui a

l'inverse ralentirait le développement de la filière ;

- ▶ **La réussite des projets de démonstration** : Les projets pilotes actuellement menés à travers le monde ont pour la plupart l'objectif de vérifier la faisabilité de mise en œuvre de nouvelles technologies, sur l'ensemble de la chaîne de valeur de la filière. S'ils reposent en grande partie sur des subventions publiques et des fonds privés, leur réussite technique et l'identification de voies de valorisation potentiellement viables sur le long terme inciteront certainement les industriels et les organismes de financement à investir dans cette filière.

## 2. Les principaux freins et verrous

Un certain nombre d'éléments ralentissent aujourd'hui le développement de la filière à l'échelle internationale, et sont à l'origine de plusieurs abandons de projets à travers le monde. Ces éléments constituent autant de pistes de réflexion et de recherche pour les années à venir :

- ▶ **L'absence de viabilité économique des projets**: Elle est notamment liée aux coûts élevés de mise en œuvre et d'exploitation des technologies existantes, notamment lors de la phase de captage pour laquelle les besoins en énergie sont encore très importants. La non-viabilité économique des projets engendrent des problématiques pour le financement des infrastructures. Le besoin en financement important de ces projets (notamment du fait de leur taille) rend également clé l'apport de financement public. De manière générale, l'absence de moteur économique et de rentabilité assurée pour la plupart des projets expérimentaux menés est un obstacle au développement de la filière : en particulier, le prix actuel du carbone sur le marché européen d'échanges de quotas d'émissions, et les incertitudes fortes liées à son évolution à moyen et long terme constituent des freins majeurs pour les décisions d'investissement des acteurs industriels;
- ▶ **Des problématiques d'acceptation sociale des projets** (acceptabilité sociale du stockage du CO<sub>2</sub>, acceptation des projets par les parties prenantes locales, risques perçus ou réels des projets, ...), auxquelles s'associent des risques d'oppositions d'ONG. Ceci constitue un enjeu clé pour la filière et nécessite un effort d'information et de gestion concertée des projets avec les populations ;
- ▶ **Des freins réglementaires qui peuvent impacter le développement des projets**: L'absence de cadre réglementaire dans certains pays est la cause de plusieurs abandons de projets, soulignant l'importance de l'existence d'un cadre précis sur l'ensemble de son déroulé, et en particulier sur le stockage du CO<sub>2</sub> sur le long terme. A titre d'exemple, l'absence de cadre réglementaire sur les conditions de stockage permanent du CO<sub>2</sub> est la cause de l'abandon du projet allemand Vattenfall Jämschwalde fin 2011 (GCCSI, 2012). La définition des responsabilités associées aux sites de stockage géologique sur le long terme (y compris lors de sa fermeture) est également un point majeur ;
- ▶ **L'existence de verrous technologiques** : Si des avancées importantes ont pu avoir lieu sur la phase de captage du CO<sub>2</sub> du fait notamment des nombreux programmes de recherche portant sur le sujet, des défis techniques subsistent en particulier pour la phase de stockage. Ces difficultés concernent notamment la localisation des puits en terre ou en mer, l'injectivité et l'intégrité du puit, la capacité réelle de stockage, la validation des outils de monitoring et de surveillance à court et moyen termes. Ces sujets constituent aujourd'hui de véritables enjeux de recherche et de démonstration ;
- ▶ **L'incertitude sur les impacts environnementaux et sanitaires** tout au long de la chaîne même si des progrès ont eu lieu ces dernières années dans l'analyse des risques. La gestion des risques accidentels liés au projet n'est également pas à négliger ;
- ▶ **l'incertitude dans les politiques d'investissement de long terme** : L'annulation ou le manque de financements publics constituent une cause majeure d'annulation de projets de stockage, ou de valorisation de projets dans le monde ;
- ▶ **Les verrous technico-économiques des filières de valorisation** : Le coût élevé du processus dans son ensemble, et plus encore le manque de compétitivité des technologies de valorisation du dioxyde de carbone, reste encore un élément bloquant nécessitant des travaux de recherche complémentaires pour rendre la filière plus attractive que des process traditionnels. C'est par exemple le cas dans le secteur de la chimie avec la synthèse de molécules organiques ;
- ▶ **Le manque de visibilité sur les politiques globales, régionales et nationales de réduction des émissions de gaz à effet de serre**, et les objectifs quantitatifs qui en découlent en dépit de l'objectif national de diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050.
- ▶ A plus long terme, **la compétition pour l'accès aux sites de stockage de CO<sub>2</sub>** (capacités de stockage très localisées, limitation de capacités pour éviter les conflits) peut devenir un facteur de risque à ne pas négliger.

## **2. Evolutions du paysage concurrentiel et enjeux de développement**

Le stade de développement encore amont de la filière, les investissements nécessaires (abandon de certains projets par manque de financement) et un contexte économique difficile (crise financière et économique) rendent complexes les prévisions sur ce que sera le paysage de la filière à moyen et long termes.

Dans le cas d'un contexte favorable de développement de la filière, les principaux bénéficiaires seront d'une part les industries fortement émettrices (dans l'hypothèse d'un prix élevé du CO<sub>2</sub>), d'autre part les entreprises du secteur pétrolier (équipementiers, exploration, transport et ingénierie) et enfin les équipementiers du secteur de l'industrie et de l'énergie. Il est en effet difficile pour de nouveaux entrants de prendre place sur ce marché en raison de son caractère hautement technologique et des importants besoins en capitaux. Les grands groupes français apparaissent donc bien positionnés compte tenu de leur implication actuelle sur le sujet. Certaines niches, laissant la place à de nouveaux entrants, restent cependant possibles, notamment sur la valorisation du CO<sub>2</sub>.

Le pôle Etats-Unis/Canada devrait vraisemblablement conserver un rôle leader sur ce marché puisqu'il présente à la fois un marché national important et des entreprises leaders sur le marché de l'offre. La filière est par ailleurs déjà bien structurée et bénéficie d'un retour d'expérience non négligeable.

L'autre pôle majeur devrait être Européen, porté principalement par la Grande-Bretagne, la Norvège, les Pays-Bas et la France. Ces pays sont tirés par l'expérience de leurs groupes pétroliers internationaux et par leurs acteurs industriels de premier plan. La structuration des acteurs et le soutien public à la filière représentent des atouts importants pour le développement de ce marché. L'évolution du cours du carbone est cependant une variable incontournable qui conditionnera le développement industriel de la filière sur le long terme. L'élargissement du marché des quotas carbone dans le cadre de la phase 3 du système de quotas européens pourrait contribuer à l'augmentation de ces cours.

Enfin, compte tenu des initiatives sur son territoire (projets de démonstration, production d'énergie à partir de ressources fossiles, politique de lutte contre le changement climatique...), la Chine pourrait devenir un des acteurs majeurs du secteur et chercher à développer une industrie et une ingénierie à forte valeur ajoutée.

## 5 Synthèse du positionnement national et de ses enjeux

Atouts (+)	Faiblesses (-)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La présence d'acteurs industriels leaders sur l'ensemble de la chaîne de valeur et déjà engagés sur des projets à l'international</li> <li>▪ L'existence d'un savoir-faire national sur les sujets connexes tels que l'exploration pétrolière ou les équipementiers</li> <li>▪ Une filière déjà organisée autour de structures, nationales et internationales très actives</li> <li>▪ La définition d'un cadre législatif national encadrant les activités de captage et stockage du CO<sub>2</sub> facilitant ainsi les projets expérimentaux</li> <li>▪ Une politique européenne et nationale volontariste en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre, notamment matérialisée par l'existence d'un marché européen d'échange de quotas d'émissions qui donne une valeur au CO<sub>2</sub> et peut favoriser son développement</li> <li>▪ L'existence de financements publics importants (ANR, ADEME, Investissements d'Avenir) soutenant les recherches et les démonstrateurs</li> <li>▪ Une prise de conscience internationale des enjeux associés à ces technologies pour limiter les émissions de CO<sub>2</sub>, reflétée par la contribution de ces technologies dans les scénarios tendanciels de l'IEA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ L'absence de viabilité économique pour les projets en cours liés aux coûts élevés de mise en œuvre et d'exploitation des technologies existantes. Un prix du carbone qui reste encore faible sur le marché européen d'échange de quotas d'émissions</li> <li>▪ Des opportunités limitées pour un déploiement de la filière sur le territoire national</li> <li>▪ Des investissements conséquents indispensables à la réussite des projets expérimentaux</li> <li>▪ Un contexte économique incertain qui peut remettre en question les financements de projets et les investissements prévus</li> <li>▪ Un cadre juridique encore incomplet notamment en terme de responsabilité sur le long terme des sites de stockage (gestion, suivi, fermeture ...)</li> <li>▪ L'absence de rentabilité économique et la nécessité de travaux de recherche complémentaires sur la plupart des voies de valorisation du CO<sub>2</sub></li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Des opportunités à l'échelle internationale liées à l'utilisation croissante des énergies fossiles, notamment dans les pays émergents</li> <li>▪ Des opportunités de développer la filière, en particulier sur les technologies de valorisation du CO<sub>2</sub></li> <li>▪ Une augmentation potentielle des prix du carbone, du fait de l'entrée en vigueur en 2013 de la phase III du système européen d'échange de quotas d'émissions</li> <li>▪ Une filière dont la contribution à l'atteinte des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre pourrait être majeure</li> <li>▪ Une opportunité pour la France, de développer une base industrielle capable de déployer ces technologies et les savoir-faire associés et de faire valoir ces compétences à l'international</li> <li>▪ Un développement de filière qui pourrait contribuer à maintenir l'emploi dans certaines activités industrielles (en particulier fortement émettrices) et dans certains bassins industriels français.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un développement du marché mondial qui reste largement dépendant des engagements internationaux en matière de réduction des gaz à effet de serre et du coût du carbone.</li> <li>▪ Des recherches complémentaires nécessaires afin de mieux cerner les impacts environnementaux et sanitaires de la filière dans son ensemble</li> <li>▪ Une filière qui évolue dans un contexte de forte concurrence à l'international, avec certains marchés peu ouverts aux groupes étrangers.</li> <li>▪ Une acceptabilité sociale des projets qui peut s'avérer complexe et freiner leur développement.</li> <li>▪ Des enjeux majeurs de recherche et développement, notamment sur le stockage</li> <li>▪ Un développement de nouvelles technologies de production d'énergie à l'échelle mondiale (notamment à partir de gaz de schiste) qui peut se faire au détriment de l'utilisation du charbon, et limiter la valeur ajoutée du captage de CO<sub>2</sub></li> </ul>

## 6 Principales sources bibliographiques

### ***Bibliographie de référence***

- ADEME, 2010, « Panorama des voies de valorisation du CO<sub>2</sub> »
- ADEME, 2011, « Collecte, tri, recyclage et valorisation des déchets: feuille de route stratégique »
- ADEME, 2011, « Le captage, transport, stockage géologique et la valorisation du CO<sub>2</sub> – Feuille de route stratégique »
- Centre d'Analyse Stratégique, 2012, « Des technologies compétitives au service du développement durable »
- Commission Européenne, 2010, « Priorités en matière d'infrastructures énergétiques pour 2020 et au-delà »
- DECC, 2010, « CO<sub>2</sub> Storage in the UK - Industry Potential »
- GCCSI, 2012, « Global Status of CCS: 2011 report »
- GCCSI, 2011, « Accelerating the uptake of CCS: industrial use of captured carbon dioxide »
- Hektor et al., 2010, « Value chain assessment in a CCS business development setting »
- IEA, 2011, « World Energy Outlook »
- IEA, 2009, « Technology Roadmap – Carbon capture and storage »
- IEA, 2011, « Technology Roadmap – Carbon capture and storage in industrial applications »
- IEA, 2012, "Tracking Clean Energy Progress ; Energy Technology Perspectives 2012"
- IFPEN, 2012, « Le stockage géologique du CO<sub>2</sub> »
- Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, 2011, « Technologies clés 2015 »
- Scottish Enterprise, 2011, « Economic Impact Assessments of the proposed Carbon Capture and Storage demonstration projects in Scotland – a Summary report »
- Slagter et al., 2011, « Drivers and barriers towards large scale Carbon Capture and Storage. (CCS) deployment and possible government responses »
- US DOE, 2011, « Department of Recovery Act investment in biomass technologies »

# 17 - EAU, ASSAINISSEMENT ET GENIE ECOLOGIQUE

## 1 Synthèse

### Présentation

#### Définition et périmètre

La filière « Eau, assainissement et génie écologique » couvre les activités de construction des ouvrages d'eau et d'assainissement (réseaux de collecte et distribution, usines de traitement), d'exploitation et de gestion des ouvrages d'eau et d'assainissement et de fabrication d'équipements dédiés aux ouvrages d'eau et d'assainissement ainsi que le génie écologique appliqué à l'eau et aux milieux aquatiques

### Chiffres clés

**Emplois en France** : 106 000 (FP2E, 2012)

**Chiffre d'affaires en France des services publics d'eau et d'assainissement**: 17,2 milliards d'euros (FP2E, 2012)

**Population desservie dans le monde par les industries françaises (services d'eau et d'assainissement)** : 275 millions d'habitants (FP2E, 2012)

**Progression de la demande en eau entre 2000 et 2050 dans le monde** : + 55 % (OCDE, mars 2012).

## 2 Présentation de la filière

La présente fiche regroupe l'ensemble des activités liées aux services d'eau et d'assainissement mais également les services rendus à l'environnement, à savoir :

### **Gestion et exploitation des ouvrages**

La fiche s'intéresse en premier lieu aux activités de gestion et d'exploitation des ouvrages des services d'eau et d'assainissement, c'est-à-dire aux activités qui conduisent à forer et capter l'eau, à produire de l'eau potable (pour les municipalités, l'industrie, de façon centralisée ou non), à la distribuer, et, après utilisation, à collecter et traiter les eaux usées avant de les rejeter dans le milieu naturel. Le périmètre couvre les activités des collectivités et des industriels.

### **Fabrication de produits et équipements pour les ouvrages d'eau**

Les équipements et produits développés dans le domaine de l'eau et de l'assainissement sont principalement dédiés au captage, au transport (raccords, tuyaux, pompes, vannes, filtres) et au traitement (filtres, membranes, aérateurs, agitateurs, bassins, procédés chimiques, mécaniques ou biologiques, systèmes pour l'assainissement non collectifs).

Les équipements liés à la mesure (prélèvements, analyses, équipements de métrologie, de télésurveillance, de suivi en continu de la qualité) sont également inclus dans le périmètre de cette filière. Les technologies et marchés associés à la métrologie et l'instrumentation sont plus particulièrement détaillés dans la fiche dédiée (« Métrologie et Instrumentation »).

### **Construction et mise en œuvre d'ouvrages de traitement, de collecte et de distribution**

Le périmètre intègre les activités de construction d'ouvrages de production d'eau potable ou d'épuration d'eaux usées, de la fabrication de canalisations mais également les activités de forage (captage d'eau potable) et de génie civil pour les travaux et les poses de canalisations.

### **Génie écologique**

Le génie écologique regroupe l'ensemble des activités de préservation et de restauration de la biodiversité (espèces et écosystèmes). Il concernera ici uniquement les activités de restauration des milieux aquatiques et de phytoépuration des eaux usées.

### **Gestion de l'eau dans son bassin versant**

Le développement de nouveaux systèmes de mesure permettra de répondre à des enjeux liés au grand cycle de l'eau : surveillance de l'état des milieux et protection de la ressource vis-à-vis des pollutions, prévention du risque d'inondation,

mesures de débits et transmission d'informations en vue d'une meilleure gestion des eaux pluviales...

### 3 Présentation du marché et de ses perspectives de développement

#### 1. Etat des lieux et dynamique récente du marché à l'international

##### **Le marché de l'eau à l'international**

En 1999, les services d'eau et assainissement de 5 % de la population mondiale étaient gérés par des opérateurs privés. Cette part est montée à 12 % en 2009 et est estimée à 13 % en 2011 (soit au moins 909 millions d'habitants desservis par des opérateurs privés). Cette hausse s'explique notamment par l'augmentation de l'activité du secteur privé en Asie et en particulier en Chine (*Pinsent Masons, 2011*).

L'étude sur 12 ans des parts de marché (en millions d'habitants) dans les services de l'eau et d'assainissement des 5 plus grands opérateurs privés montre cependant leur recul global en passant de 68% en 1999 à 31% en 2011, et ce bien que le nombre d'habitants desservis par des opérateurs privés ne cesse d'augmenter. Par ailleurs, bien que le nombre d'habitants desservis par les deux plus grands opérateurs (Suez et Veolia) soit en constante augmentation, la SAUR et RWE marquent un certain repli (à noter qu'Agbar a été racheté en 2010 par Suez Environnement). A noter que bien qu'importants, les chiffres ci-dessous sont à relativiser au regard du potentiel de croissance au niveau mondial (particulièrement en Chine).

	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2010	2011
Suez	81.7	94.7	104.2	104.5	100.4	90.0	87.9	124.3
Veolia	74.8	95.2	104.5	117.5	133.9	122.4	124.4	125.4
SAUR	27.6	30.4	34.0	13.7	13.6	12.3	12.3	12.4
Agbar	31.2	35.3	35.2	34.9	22.1	29.7	29.5	0.0
RWE	23.7	56.5	70.1	67.2	35.7	18.3	18.3	18.3
<b>Total</b>	<b>239.0</b>	<b>312.1</b>	<b>348.0</b>	<b>337.8</b>	<b>305.7</b>	<b>272.7</b>	<b>272.4</b>	<b>280.4</b>
<b>Global</b>	<b>350</b>	<b>430</b>	<b>490</b>	<b>565</b>	<b>681</b>	<b>802</b>	<b>861</b>	<b>909</b>
<b>% by above</b>	<b>68%</b>	<b>73%</b>	<b>71%</b>	<b>60%</b>	<b>45%</b>	<b>34%</b>	<b>32%</b>	<b>31%</b>

Parts de marché (en millions d'habitants desservis) des 5 plus importants opérateurs privés dans les services de l'eau et d'assainissement (*Pinsent Masons, 2011*)

##### **La représentativité des entreprises françaises dans le marché international**

Le chiffre d'affaires réalisé à l'international par les entreprises françaises spécialisées dans la distribution d'eau et l'assainissement s'est élevé à 9,4 milliards d'euros en 2010, soit presque 2 fois le chiffre d'affaires réalisé en France. La répartition est présentée dans le tableau ci-dessous :

Secteur	France (Milliards d'euros) 2010	Export / étranger (Milliards d'euros) 2010
Gestion des services publics d'eau et d'assainissement	5,2	9,4
Opérations auprès de clients privés	3	3,8
Constructions d'ouvrages (réseaux, usines, équipements et GC)	8,2	6,2
Divers (produits chimiques, ANC)	0,8	0
<b>Total</b>	<b>17,2</b>	<b>19,4</b>

Source : COSEI Eau, 2011

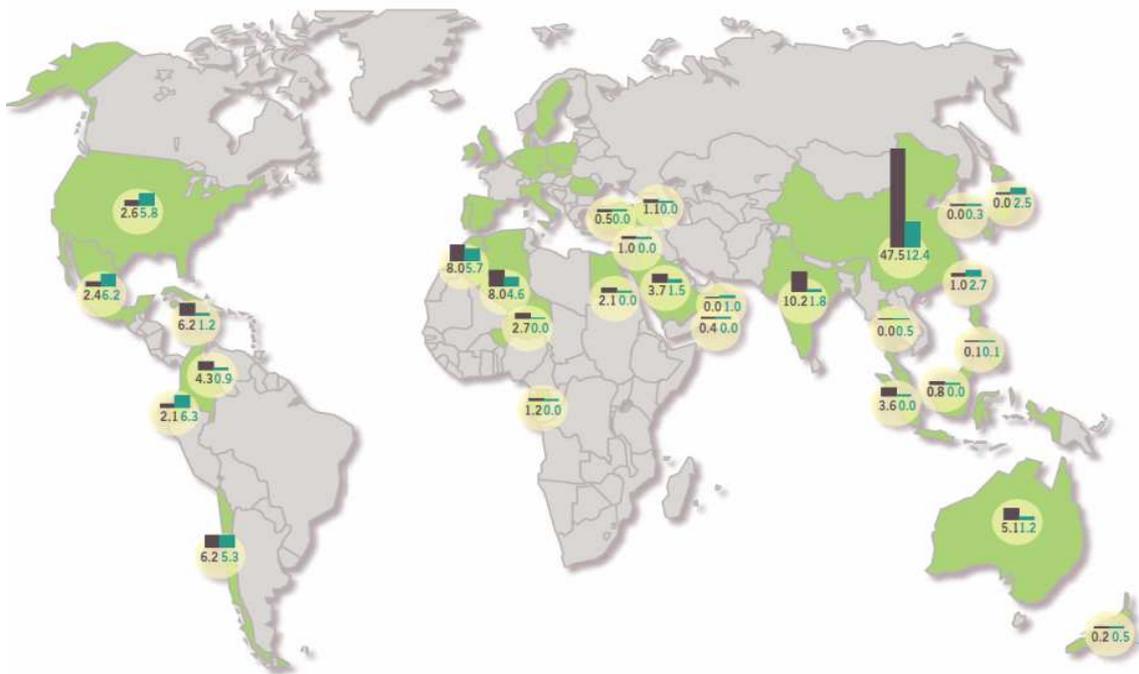
A titre illustratif, Veolia Environnement et Suez Environnement ont connu des perspectives intéressantes à l'export ces dernières années :

Le chiffre d'affaires de VEOLIA Eau a progressé de 3% en 2011 (Chiffres d'affaires de 12,6 milliards d'euros en 2011), avec un bon niveau d'activité en Europe, notamment en Allemagne et en Europe Centrale et Orientale et des performances intéressantes en Asie.

Suez Environnement continue de diversifier ses activités en Europe, notamment en Espagne avec la prise de contrôle du groupe Agbar en 2010 (Chiffres d'affaires 2011 du pôle eau Europe à 4,2 milliards d'euros). Le développement à l'international bénéficie de plus de l'augmentation de la demande des pays émergents ainsi que du renforcement des positions du groupe en Chine et en Australie. Le groupe s'appuie également sur sa filiale Degrémont (construction et exploitation d'ouvrages, chiffre d'affaires de 1,6 milliard d'euros) présente en Amérique du Nord, en Afrique, au Moyen Orient, en Asie et en Océanie et acteur historique du secteur.

La politique de développement à l'international des années 2000 des leaders français (Suez et Veolia) n'est cependant plus d'actualité. Au contraire, les annonces récentes, dans un climat de crise économique, sont à la concentration des activités dans des pays historiques ou à fort potentiel. Ainsi, Veolia a récemment annoncé son désengagement d'une trentaine de pays d'ici 2013 (Veolia a en particulier cédé ses activités d'exploitation au Royaume-Uni en juin 2012). Ce retrait s'opère notamment suite au constat des risques liés aux contrats de Partenariats Publics Privés (PPP)<sup>33</sup>. La contestation des populations locales (les cas emblématiques sont ceux de Buenos Aires et Atlanta en 2002 et 2003), les taux de change défavorables ont même parfois obligé les opérateurs privés à se retirer ou à annuler les contrats de type PPP.

En 2010, près de 275 millions d'habitants étaient desservis par des opérateurs français dans le monde. Bien qu'important, ce chiffre est à relativiser au regard du potentiel de croissance au niveau mondial (particulièrement en Chine).



Nombre d'habitants desservis par des opérateurs français dans le monde - en millions d'équivalents habitants desservis (assainissement en noir, eau potable en vert) (BIPE / FP2E, 2012)

Dans le domaine du génie écologique, peu d'entreprises françaises sont actuellement présentes sur le marché international, plutôt dominé par les anglo-saxons et les allemands. Cependant, plusieurs entreprises y ont mené des

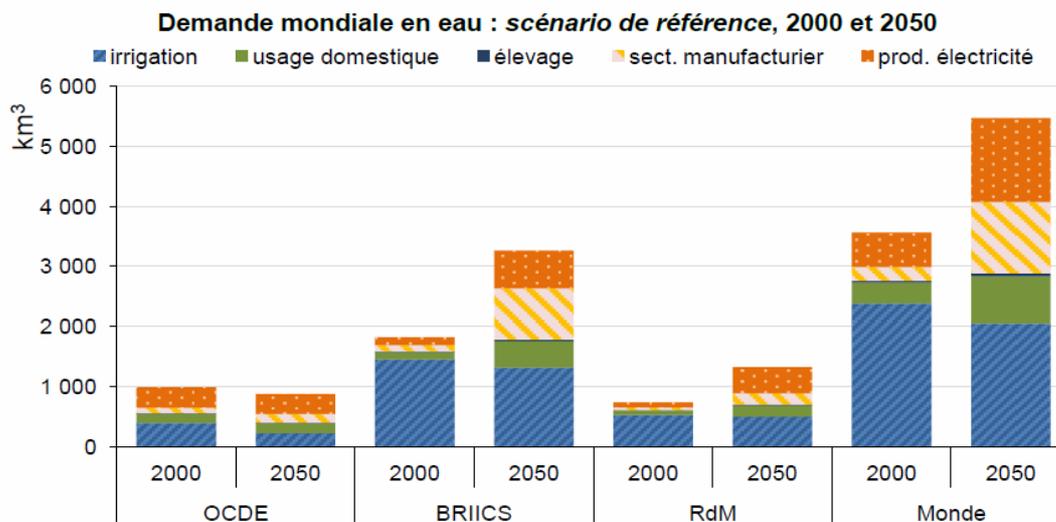
actions ponctuelles (principalement en Afrique) et la situation évolue : de nombreuses PME souhaitent désormais se positionner à l'export.

## 2. Le potentiel de marché

### 1. *Le potentiel de marché à l'International*

#### **Le marché de la gestion des services d'eau et d'assainissement**

À l'échelle planétaire, les projections indiquent une progression de la demande en eau de 55 % entre 2000 et 2050. L'augmentation viendra principalement des activités manufacturières (+400 %), de la production d'électricité (+140 %) et des usages domestiques (+130 %) (OCDE, mars 2012).



Note : BRIICS = le Brésil, la Russie, l'Inde, l'Indonésie, la Chine et l'Afrique du Sud ; RdM = reste du monde  
 Source : scénario de référence des Perspectives de l'environnement ; résultats du modèle IMAGE.

Source : OCDE, mars 2012

Face au manque de dynamisme de leur activité dans les pays occidentaux, et notamment de leur marché historique, les leaders du secteur des services d'eau et d'assainissement cherchent de nouveaux relais de croissance à l'international. Les pays émergents (Chine, Inde, Asie Centrale, Amérique Latine) qui combinent un fort accroissement de leur population et de leurs activités industrielles et une nécessité de remplacement ou de mise en conformité d'infrastructures qui sont devenues obsolètes apparaissent particulièrement attractifs. A titre d'exemple, une des priorités de Veolia est de répondre à la hausse de la demande des services relatifs à l'eau en Asie et particulièrement en Chine et de Suez Environnement de renforcer les marchés en Australie, aux Etats-Unis et en Chine, tout en saisissant des opportunités au Moyen Orient et au Brésil.

Le marché asiatique, particulièrement le marché chinois, est ainsi en plein développement et donc très attractif pour les grands groupes internationaux et régionaux (le chiffre d'affaires de Veolia Environnement en Asie a cru de près de 15 % en 2011 en raison du dynamisme des activités en Chine, au Japon et en Corée du Sud). Cependant, la plupart des contrats signés en Chine se font par le biais d'une joint-venture avec une société chinoise, avec transfert partiel de technologie. Il est probable qu'une fois autonomes, celles-ci se réapproprient les infrastructures et les savoir-faire étrangers. Ce mouvement est incontournable, l'enjeu est donc pour les opérateurs français de rester à la pointe de la technologie et de la gestion de service pour répondre aux situations et priorités futures tant en termes d'équipements que de maintenance des ouvrages et d'organisation des services.

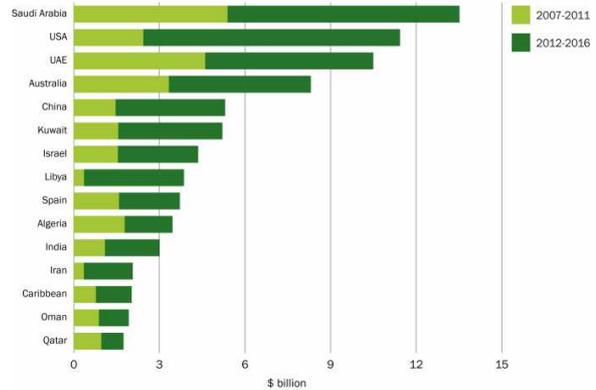
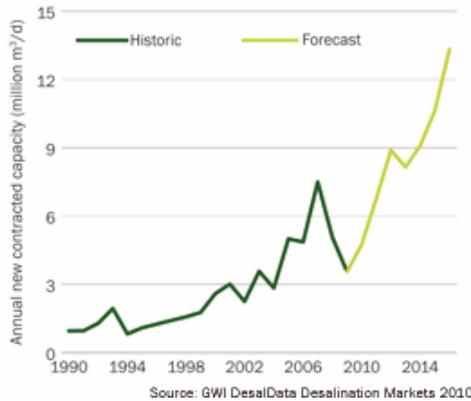
#### **Le marché des équipementiers**

Pour les équipementiers, les opportunités de croissance se situent plutôt sur des nouvelles technologies (UV, ozone,

nano/ultra-filtration, membranes, gestion des eaux pluviales, performance énergétique des équipements, ...) que sur des technologies plus matures (filtration traditionnelle, distillation, pompes et vannes, ...).

Le développement de nouvelles technologies sur les aspects alimentation en eau, notamment pour l'agriculture et pour les industries et les services, seront également des éléments indispensables pour palier aux ressources limitées.

A titre d'exemple, les usines de désalinisation d'eau de mer devraient se développer très fortement d'ici à 2016.



Croissance des unités de désalinisation à travers le monde (source : WGI, 2010).

### **Le marché du recyclage des eaux usées**

Le recyclage des eaux usées peut permettre un approvisionnement en eau potable complémentaire et pourrait avoir des perspectives intéressantes dans les zones de stress hydrique. Cependant au-delà de la faisabilité technique, les projets de réutilisation d'eaux usées doivent prendre en compte la qualité du suivi sanitaire, l'acceptabilité du système par les bénéficiaires finaux, la multiplicité des acteurs et la contractualisation des relations entre intervenants. Ces projets peuvent ainsi être complexes, mais de nombreuses solutions sont déjà proposées et peuvent être mises en œuvre (AFD, 2011).

Le tableau ci-dessous répertorie les volumes d'eau traités recyclés au niveau mondial :

Israël	Espagne	Australie	Italie	Grèce	Europe et USA
75%	12%	9%	8%	5%	1%

Part des eaux recyclées traitées dans le monde (ambassade de France en Israël, 2011)

### **Le marché des réseaux intelligents (« water grids »)**

Les opérateurs sont aujourd'hui tenus contractuellement d'améliorer le rendement et d'investir dans des solutions de perfectionnement des réseaux de distribution d'eau potable. Ainsi, il y a un besoin grandissant d'acteurs capables d'apporter des solutions technologiques adéquates, notamment en termes de mesures et analyses en continu et de détection et réparation des fuites. La mesure en réseau, avec la détection d'intrusion, constitue un axe majeur de développement afin d'accroître la sûreté des réseaux de distribution d'eau potable.

### **Le marché du génie écologique**

#### La préservation et la restauration des milieux aquatiques

La situation en Europe est sensiblement la même qu'en France : dans le domaine des milieux aquatiques, l'ensemble des pays membres de l'Union Européenne sont concernés par la Directive Cadre sur l'Eau, et représentent donc un marché potentiel.

Des enjeux importants existent également pour la préservation des milieux littoraux et marins.

Enfin, au-delà des milieux aquatiques, les grands groupes français d'autres secteurs (pétrole, exploitation minière...) pourraient bénéficier de la présence de PME de génie écologique à l'export pour conquérir de nouveaux marchés en proposant une offre intégrant davantage les enjeux de préservation de la biodiversité.

#### Le marché de la phytoépuration

Aucune évaluation du marché de la phytoépuration à l'international n'est actuellement disponible mais les principales entreprises française positionnées sur ce marché, comme Phytorestore, confirment l'existence d'un fort potentiel. Si en Europe du Nord il s'agit principalement d'une utilisation en ANC, la Chine développe actuellement des « jardins filtrants » à l'échelle de quartiers : c'est le cas du nouveau quartier de la ville de Wuahn, sur les rives du Yangzi Jiang, qui consacra 30 % de sa superficie à son « jardin filtrant ». Cependant, la capacité des entreprises françaises à conquérir ces marchés sera liée à l'attention qu'elles porteront à la protection de la propriété intellectuelle pour les procédés mis en œuvre.

#### **Le marché de la gestion des services et de la gestion clientèle**

Compte tenu de la crise économique actuelle et des problématiques de financement rencontrées par les collectivités, le modèle du PPP pour les services de l'eau montre certaines limites. Le développement de services spécifiques (facturation, gestion de personnel, ...) auprès d'acteurs publics gestionnaires des services d'eau et d'assainissement pourrait être une opportunité intéressante pour l'avenir.

Le volet formation n'est également pas à négliger. Compte tenu de son expérience et expertise en matière d'eau et d'assainissement, la France pourrait se positionner sur ce type de prestation de services, notamment pour les pays souhaitant conserver la gestion en régie.

#### **Le potentiel de marché en France**

Le marché français de l'exploitation des services d'eau et d'assainissement est mature. Le potentiel de marché est donc principalement lié aux évolutions du contexte réglementaire et aux besoins de renouvellement des ouvrages de collecte et de distribution. Ce marché est également lié à l'amélioration de la sûreté des ouvrages de distribution d'eau potable et à la connaissance de leur fonctionnement (par la mise en œuvre de réseaux de mesures).

Les marchés de niches se situent sur les activités périphériques, notamment sur les aspects métrologiques poussés par les réglementations nationales et européennes (l'étude de ce marché est précisée dans la fiche « Métrologie et Instrumentation ») mais également sur le marché du génie écologique (notamment restauration des cours d'eau et phytoépuration). Le développement de la télérelève pour le suivi des données constitue également (pour les ouvrages de distribution d'eau potable et les ouvrages de collecte d'eaux usées) un marché futur.

#### **Réglementation et besoin de renouvellement des ouvrages**

Les évolutions réglementaires imposent aux collectivités d'améliorer les procédés existants dans les opérations de mise à niveau et de renouvellement des installations afin de mieux traiter l'eau (qualité), d'optimiser la gestion des ressources (quantité) et de diminuer l'empreinte environnementale des installations.

Par ailleurs, le plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC), lancé en juillet 2011, a pour objectif phare d'économiser 20% de l'eau prélevée d'ici 2020, hors retenues de stockage de substitution. Une des principales mesures sur ce domaine est la réduction des fuites dans les réseaux d'eau potable, la loi Grenelle 2 ayant introduit des objectifs de rendements minimaux. Les collectivités devront donc définir un programme de travaux d'amélioration des réseaux lorsque les fuites en réseaux apparaissent supérieures à un seuil fixé par décret.

#### **Programme de mesures pour la restauration des cours d'eau en France**

L'objectif de l'atteinte du bon état des masses d'eaux, fixé par la DCE, devrait créer de nouveaux besoins en vue de prévenir la pollution (mesure, traitement amont, gestion de la ressource, suivi en continu...), de la corriger (détection, traitement aval, analyse in situ, assainissement,...) et de rétablir le bon fonctionnement des écosystèmes. Le développement des technologies d'instrumentation, de métrologie et le développement des compétences en génie écologique devrait donc être favorisés.

Pour la période 2010-2015, le coût total des programmes de mesure pour la restauration des milieux aquatiques/hydromorphologie est ainsi estimé à plus de 4 milliards d'euros (MEDDE, juin 2011).

Types de mesures	Sous types de mesures	Coût (en milliards d'€)
Mesures Grenelle	Acquisition de zones humides	0,148
	Effacement des ouvrages « orphelins » et démantèlement d'ouvrages en fin de concession	0,16
Zones humides	Entretien et restauration de zones humides	0,625
Plans d'eau	Restauration de la morphologie et de la dynamique des milieux	0,032
Lagunes et littoral	Restauration de la morphologie et de la dynamique des milieux	0,004
Cours d'eau	Restauration de la morphologie et de l'équilibre sédimentaire des cours d'eau	2,96
Peuplements piscicoles <sup>13</sup>	Gestion piscicole et soutien des effectifs	0,137
Ouvrages <sup>14</sup>	Aménagement des ouvrages transversaux	0,194
<b>Total volet fonctionnalité des milieux aquatiques / hydromorphologie</b>		<b>4,26</b>

Source : MEDDE, juin 2011

Les perspectives offertes par le Grenelle de l'Environnement pour la filière génie écologique sont importantes: acquisition de 70 000 Ha de zones humides, restauration et entretien des zones humides et réservoirs biologiques, constitution de la Trame verte et bleue visant à enrayer le déclin de la biodiversité au travers de la préservation et de la restauration des continuités écologiques...

#### **La phytoépuration des eaux usées des petites et moyennes collectivités**

Contraintes par les obligations européennes (directive ERU), les collectivités françaises ont accéléré la mise aux normes des stations d'épuration de plus de 2 000 équivalents habitants (EH) sur la période 2007-2010 (la quasi totalité des stations d'épurations de plus de 10 000 EH sont conformes en 2012). L'enjeu est actuellement de mettre aux normes les ouvrages d'assainissement des petites collectivités (quelques milliers d'habitants). Une des solutions privilégiées par les maîtres d'ouvrage est la phytoépuration (notamment via les filtres plantés de roseaux). Les acteurs s'accordent pour dire qu'il existe une très forte demande en France métropolitaine (MEDDE, 2012).

L'épuration par filtres plantés pourrait également apporter des solutions aux problématiques de l'Outre mer, où les filières d'assainissement classiques ne sont pas toujours adaptées (en raison notamment de la fragilité du littoral et du coût des filières traditionnelles).

## **4 Les enjeux de développement de la filière**

### **1. Les déterminants du développement de la filière**

#### *1. Les principaux moteurs de croissance*

Le secteur français de la gestion des services d'eau et d'assainissement bénéficie de facteurs de soutien de long terme :

#### **La croissance démographique et l'urbanisation**

Dans les pays en développement, le défi de l'objectif du millénaire (qui prévoit de réduire de moitié d'ici 2015 le nombre de personnes n'ayant pas accès à l'eau potable et à l'assainissement) et l'urbanisation grandissante entraînent des perspectives de croissance considérables. Les marchés d'Asie (Chine, Inde) et du Moyen-Orient sont appelés à connaître des augmentations particulièrement fortes.

#### **La mise en œuvre des réglementations Européennes**

L'objectif de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) est d'atteindre d'ici à 2015 le « bon état écologique des eaux » (retranscrit en droit français par la loi sur l'eau et les milieux aquatiques et par la loi Grenelle 1) qui devrait sur le long terme soutenir le marché. Par ailleurs, la Commission Européenne met en avant la DCE pour définir ses coopérations

dans le domaine de l'eau avec des pays hors Europe.

### **Le besoin de renouvellement des installations**

La loi Grenelle 2 a imposé aux collectivités locales, par un décret d'application publié en janvier 2012, l'élaboration d'un descriptif détaillé des services publics de l'eau et de l'assainissement. En cas de taux de fuites trop élevés, elles seront tenues d'établir un plan d'action dans les deux années suivant le constat du dépassement. Cette mesure, combinée au plan d'action assainissement 2012-2018 et à la directive européenne abaissant la norme de teneur en plomb dans l'eau du robinet d'ici fin 2013, crée un cadre réglementaire favorable pour les bureaux d'études en France. La qualité des réseaux en France (du fait de leur entretien, de leur renouvellement et des mesures régulières réalisées) est un démonstrateur de l'expertise et de la pratique française dans ce domaine.

### **La raréfaction de la ressource (stress hydrique)**

Certains pays en situation de fort stress hydrique auront recours à des technologies spécifiques de façon croissante. Le recyclage des eaux usées (notamment pour l'irrigation), la désalinisation, par exemple en Australie et sur le bassin méditerranéen, ou la réutilisation des eaux usées traitées sont ainsi amenés à se développer.

## *2. Les principaux freins et verrous*

Plusieurs freins et verrous au développement de la filière peuvent être identifiés :

### **L'endettement des collectivités territoriales**

Les collectivités territoriales des pays développés font face à des problèmes de financement. Confrontées au resserrement de leur budget, les collectivités locales sont de plus en plus exigeantes vis-à-vis de leurs délégataires et envisagent parfois la remunicipalisation des services d'eau et d'assainissement pour faire baisser les prix. L'endettement est un facteur de risque majeur dans le développement du modèle de contrat type PPP avec concession des ouvrages.

### **La baisse des consommations d'eau**

Les consommations d'eau sont à la baisse depuis la fin des années 1990 (baisse régulière de l'ordre de 1 % par an (SOeS, 2011)). Cette baisse de consommation est due à plusieurs facteurs :

- ▶ Le recyclage de l'eau par les activités économiques (industries de production notamment) ;
- ▶ La volonté du public de réduire le montant de la facture d'eau, notamment en adaptant les pratiques (par exemple, douche plutôt que bain) et en utilisant des équipements plus économes en eau (toilettes "double-chasse", lave-linge...);
- ▶ La prise de conscience générale de la nécessité d'économiser la ressource, suite notamment aux campagnes de sensibilisation menées par les pouvoirs publics, les associations et les entreprises ;
- ▶ Les réglementations locales (arrêtés préfectoraux de limitation des usages de l'eau).

Cette baisse structurelle, soulève cependant la question du modèle économique des services de gestion et d'exploitation de l'eau, le plus souvent rémunéré sur la base des volumes vendus. Ceci est d'autant plus vrai pour les services avec une part de consommation industrielle importante, secteur dont l'activité a fortement chuté au cours des 5 dernières années (suite à la crise financière et économique).

### **Un retour à la municipalisation**

Les industriels du secteur font face à la multiplication des cas de remunicipalisation en France et en Europe. La Communauté Urbaine de Bordeaux (CUB) a pris la décision de reprendre en régie publique la gestion de l'eau et des services d'assainissement sur son territoire à partir de 2018, gérée jusqu'ici par la Lyonnaise des Eaux. Pour sa part, la Communauté Urbaine de Lyon songe à avancer l'échéance de son contrat de délégation de service public avec Veolia. En Europe, le cas de Berlin est également emblématique. Toutefois, ces remunicipalisations masquent parfois des prestations de services assurées par les sociétés privées (facturation, gestion du personnel...).

### **Une maturité des marchés européens de l'eau**

Avec des taux de population reliée à un système public d'approvisionnement en eau proches des 100%, ainsi que des contrats longues durées (15 ans en moyenne), les prises de marché en Europe semblent limitées. Ceci est d'autant plus vrai que des blocages institutionnels demeurent, la priorité étant généralement donnée à la gestion publique directe.

### **L'obligation d'attestation de conformité sanitaire**

Afin d'aider à la constitution et à l'obtention de preuves de la conformité sanitaire de leurs produits par les industriels, les

autorités sanitaires françaises ont développé en 1999 le système de l'Attestation de conformité sanitaire (ACS). Ce système a pour objectif d'évaluer l'aptitude d'un produit à entrer en contact avec l'eau destinée à la consommation humaine, au regard des dispositions réglementaires en vigueur. Les fabricants doivent donc s'assurer de la compatibilité des matériaux qu'ils fabriquent avec la qualité des eaux d'alimentation et de leur innocuité vis-à-vis de la santé, en constituant un dossier de demande adressé à un laboratoire habilité par le Ministère chargé de la Santé. Cette procédure est perçue par certains comme longue et coûteuse et pouvant prévenir le développement sur le marché de nouvelles technologies. De plus, les modalités d'application ne permettent pas d'éviter l'entrée de produits justifiant la norme CE mais n'ayant pas l'ACS ou son équivalent européen.

## **2. Evolutions du paysage concurrentiel et enjeux de développement**

La France dispose d'acteurs historiques leaders sur la gestion des services d'eau et d'assainissement (Veolia Environnement et Suez Environnement, respectivement premier et deuxième leaders mondiaux). La présence de ces deux groupes au niveau international donne à la France des atouts concurrentiels importants à l'échelle mondiale et lui permet d'occuper une position prédominante sur l'ensemble des segments du marché. Le savoir-faire de « l'école française de l'eau » est reconnu à l'export pour les activités d'ensemblier, de gestion de services et de clientèle sur les filières matures de traitement : eau potable, eaux usées, boues, eaux pluviales. Cependant le renforcement de la concurrence internationale (notamment en provenance des Etats-Unis, de la Chine, d'Israël ou de Singapour avec des acteurs comme GE Water (US), Hyflux (Singapour) ou IDE (Israël)) et les difficultés financières des maîtres d'ouvrages, sont autant d'obstacles à surmonter pour assurer le maintien de la position de la filière française.

En particulier, le développement de prestations de services spécifiques (gestion de personnel, formation, facturation...) pourrait offrir une alternative intéressante aux PPP, dans un contexte financier délicat pour les pouvoirs publics.

La préservation et la restauration des milieux aquatiques constituent d'autres défis majeurs, mais leur organisation et les modèles économiques associés restent à mettre en œuvre dans la plupart des pays.

La structuration de la filière génie écologique permettra aussi de faire connaître son savoir-faire, souvent méconnu et considéré à tort comme peu technique, auprès des maîtres d'ouvrage. Les groupes d'autres secteurs économiques présents à l'international pourront bénéficier de ces compétences pour proposer une offre intégrée intégrant mieux les enjeux de préservation de la biodiversité.

## 5 Synthèse du positionnement national et des enjeux

Atouts (+)	Faiblesses (-)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les deux leaders mondiaux des constructions et des services pour les services d'eau potable et d'assainissement sont français</li> <li>▪ Une forte expérience des acteurs français sur les filières matures de traitement : eau potable, eaux usées, boues, eaux pluviales</li> <li>▪ Trois pôles de compétitivité impliqués dans le développement de la filière</li> <li>▪ Des compétences scientifiques et techniques en matière de protection et traitement des eaux (membranes, analyse bactériologique, métrologie,...)</li> <li>▪ Un tissu dense de PME et TPE innovantes en France et présentes à l'export</li> <li>▪ Un savoir-faire dans l'ingénierie de la gestion par bassin versant (gestion qualitative, quantitative et gestion et prévention des inondations)</li> <li>▪ Des savoir-faire et compétences en matière de formation et gestion de personnel dans le domaine de l'eau et de l'assainissement</li> <li>▪ Des PME et TPE de génie écologique dynamiques, ancrées sur leur territoire et connaissant bien les enjeux de préservation de la biodiversité locaux</li> <li>▪ Place de premier ordre occupée par le territoire français en matière de milieux naturels (littoral notamment) ayant permis aux entreprises de la filière génie écologique de développer des savoir-faire adaptés à ces milieux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une mise sur le marché en France de technologies innovantes (phytoépuration ou recyclage des eaux usées par exemple) qui peut se heurter à des craintes quant à leurs performances ou à des aspects d'acceptabilité sociale</li> <li>▪ Une faible implication des acteurs français dans des projets européens et internationaux</li> <li>▪ Des procédures réglementaires qui peuvent être longues et coûteuses (ACS par exemple)</li> <li>▪ Génie écologique : un tissu économique essentiellement composé de PME TPE faiblement présentes à l'international</li> <li>▪ Une insuffisance des liens entre les coopérations publiques développées à l'international et les acteurs industriels</li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un potentiel de croissance du marché mondial lié notamment à l'augmentation de la population</li> <li>▪ Un contexte politique favorable en France (loi Grenelle, soutien à la R&amp;D, Stratégie Nationale pour la Biodiversité...) qui soutient le développement de la filière en France et celui de niches technologiques (métrologie, génie écologique)</li> <li>▪ Des objectifs du Millénaire pour le Développement (réduire de moitié, d'ici à 2015, le pourcentage de la population qui n'a pas d'accès à l'eau potable ni à des services d'assainissement de base) qui soutient le marché à l'international</li> <li>▪ Un potentiel de croissance à l'international de nouveaux secteurs (recyclage des eaux usées, traitements membranaires, phytoépuration, dessalement d'eau de mer...) qui offrent de nouvelles opportunités de marché notamment à l'export</li> <li>▪ Génie écologique : une structuration de la filière sur les activités de restauration des milieux aquatiques qui devrait soutenir son développement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un développement très rapide de compétences dans les pays asiatiques (Corée, Chine), ainsi que des investissements importants constituant des démonstrateurs de ces compétences qui pourront concurrencer les acteurs français</li> <li>▪ Une augmentation rapide de propositions étrangères élaborées pour répondre aux appels d'offres internationaux</li> <li>▪ Un retrait du secteur bancaire sur les équipements publics suite à la crise financière et des budgets qui se resserrent engendrant des difficultés d'investissement par les collectivités</li> <li>▪ Des infrastructures d'eau et d'assainissement dont les investissements sont conséquents</li> <li>▪ Des technologies innovantes qui peinent à se développer sur le marché en raison de coûts d'acquisition plus élevés, un manque de connaissance des bénéfices possibles (économiques, environnementaux, sanitaires...) et des interrogations quant à leur fiabilité, leur compatibilité et leur performance</li> </ul>

## 6 Principales sources bibliographiques

### ***Bibliographie de référence***

- CGDD, 2012, « l'économie de l'environnement en 2010 »
- COSEI Eau, 2011, « Soutenir la compétitivité de la filière française de l'eau et de l'assainissement »
- CRDALN, 2012, « De la restauration écologique au génie écologique : synthèse documentaire »
- FP2E/BIPE, 2012, « Les services publics d'eau et d'assainissement en France »
- MEDDE, 2012, « Développement de la filière Génie Ecologique »
- OCDE, 2012, « Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050 : Les conséquences de l'inaction Faits marquants dans le domaine de l'eau »
- Pinsent Masons, 2011 « Water Yearbook 2011-2012 »
- Ernst&Young, 2012 « Etude de calcul de la récupération des coûts des services liés à l'utilisation de l'eau pour les bassins hydrographiques français en application de la directive cadre sur l'eau »
- AFD, 2011 « La réutilisation des eaux usées traitées, éléments de méthodologie pour l'instruction de projets »
- Ambassade de France en Israël, 2011 « l'innovation pour répondre à une situation difficile »
- ONEMA, 2011, « Synthèse Cart'eau : panorama des acteurs de recherche et développement 2011 »
- Ubifrance, 2012, « le secteur du cleantech en Israel »
- Ubifrance, 2011, « le marché de l'eau aux Etats-Unis »
- Xerfi 700, 2011, « Services des Eaux »
- Xerfi 700, 2012, « Canalisations et réalisations de réseaux »
- Xerfi entreprise, 2012, « Suez Environnement »
- Xerfi entreprise, 2012, « Veolia Environnement »
- Commonwealth d'Australie, [www.environment.gov.au/ewater/about/index.htm](http://www.environment.gov.au/ewater/about/index.htm)
- Sydney Water : <http://www.sydneywater.com.au>

# 18 - METROLOGIE ET INSTRUMENTATION

## 1 Synthèse

### Présentation

#### Définition et périmètre

La filière « Métrologie et instrumentation des milieux et de l'environnement » couvre les activités liées à :

- Le développement et la fabrication d'instruments de mesure permettant l'analyse de paramètres quantitatifs et qualitatifs relatifs à l'air, à l'eau et au sol
- L'intégration et la combinaison d'équipements dans le but de construire des systèmes de contrôle adaptés au contexte spécifique des opérateurs ou au besoin des utilisateurs publics ou privés
- La distribution des systèmes et instruments de mesure
- L'analyse et le traitement des données à la suite de la mesure proprement dite

### Chiffres clés

**Marché international des capteurs environnementaux terrestres (eau, air, sol) et satellitaire** : 8,8 milliards d'euros en 2010 (*BCC Research 2011*)

**Croissance estimée du marché des capteurs** : 6,5 % par an pour atteindre 12,1 milliards d'euros en 2016 (*BCC Research 2011*).

**Croissance du marché de la surveillance des sols** : 4 % entre 2010 et 2016 pour atteindre 1,5 milliards d'euros d'ici 2016 (*BCC Research 2011*)

Note : le marché des capteurs pour l'environnement ne recouvre qu'une partie du périmètre de la filière métrologie (ainsi ne sont pas pris en compte les aspects liés à l'échantillonnage ou ceux liés aux réseaux et à la gestion/exploitation des données)

## 2 Présentation de la filière

Les technologies d'analyse liées à l'environnement se déclinent principalement en capteurs chimiques, physiques, ou biologiques.

#### Zoom sur les trois grands types de capteurs environnementaux :

- *Les capteurs physiques* : ils donnent un renseignement sur l'environnement du capteur et mesurent le plus souvent une variation (déplacement, température...). On retiendra notamment les capteurs optiques, les capteurs de température et les capteurs de pression.

- *Les capteurs chimiques* : ils transforment de l'information chimique en un signal analytique (signal électrique par exemple). Ils sont composés d'un système de reconnaissance et d'un transducteur de signal.

- *Les capteurs biologiques* : ils sont constitués de matériel biologique (biopuces, micro-organismes, ADN).

En fonction du milieu analysé, les **technologies terrestres** les plus utilisées sont les suivantes :

- ▶ Les technologies physicochimiques, notamment pour l'analyse de l'eau et des sols,
- ▶ Les technologies physiques :
  - Les technologies optiques dans le spectre visible pour la mesure de la qualité des eaux,
  - Les technologies infrarouges (moyen et proche infrarouge) notamment pour la détection de biocarburants ou de traces de pesticides dans l'air et le sol,

- La spectroscopie d'absorption (ultraviolet, visible, infrarouge) pour l'analyse de l'air et de l'eau, la détection de pollutions gazeuses,
  - La spectroscopie Raman pour l'analyse de l'air, de l'eau, des couches sédimentaires, l'analyse en milieux hostiles (hautes températures et pressions),
  - Les technologies LIBS (spectroscopie de plasma induit par laser) pour l'analyse de l'air, le contrôle des méthodes de dépollution, la détection de métaux lourds,
  - Les technologies hyperspectrales pour l'analyse de l'air et des sols, la cartographie de régions côtières, la caractérisation de végétation,
  - Les technologies Lidar (télé-détection) pour l'analyse de l'air, la cartographie de régions côtières, la gestion de feux, la caractérisation de la végétation et du vent,
  - Les technologies FTIR (spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier) pour l'analyse des sols,
  - Les technologies de fluorescence pour la caractérisation de la végétation,
- ▶ Les technologies biologiques pour la mesure de la qualité de l'eau (capteurs constitués de biopuces, ADN notamment)

Au-delà des outils de mesure de « surface », la filière bénéficie des technologies de mesures satellitaires grâce aux équipements de métrologie environnementale embarquée. Ces derniers, compléments souvent indispensables aux capteurs traditionnels terrestres, constituent un outil puissant capable d'apporter en grande quantité des données fiables, quasiment en temps réel, sur l'état de l'environnement terrestre, maritime et atmosphérique. La filière satellitaire est étudiée dans le cadre de la fiche essentiellement pour les couplages possibles avec les technologies terrestres. Par ailleurs, le marché de cette filière satellitaire, concentré sur les applications, ne prend pas en compte les activités liées à la fabrication des satellites, au lancement et à la mise en orbite de ceux-ci et à leur exploitation.

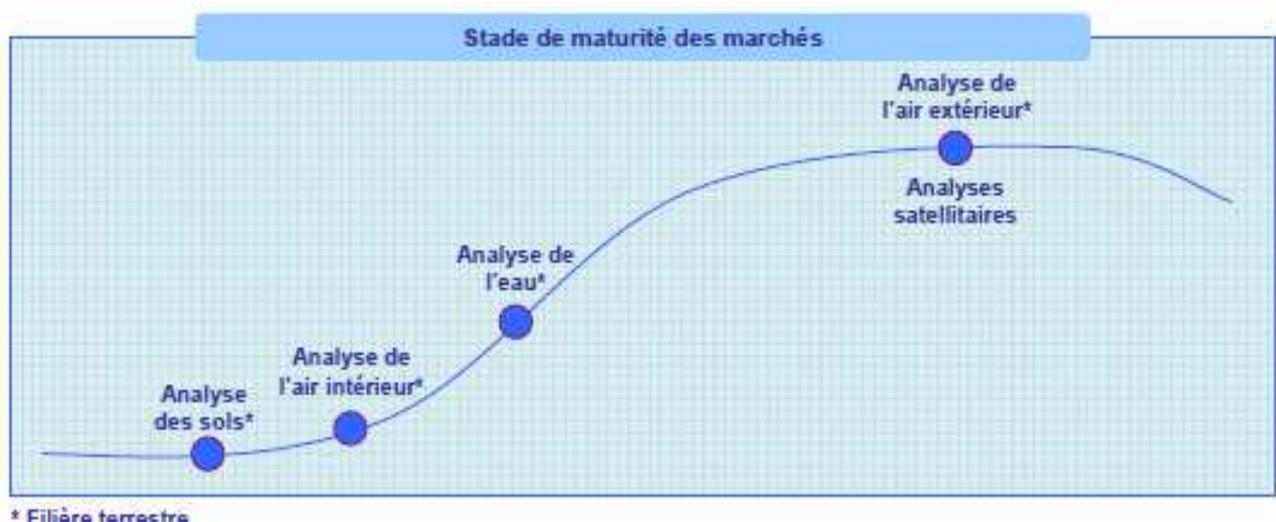
### 3 Présentation du marché et de ses perspectives de développement

#### 1. Etat des lieux et dynamique récente du marché

##### ***Maturité des marchés et marché international***

Le marché de la métrologie est en pleine mutation et en phase de forte croissance. Il s'agit d'un secteur transverse, essentiel au développement de l'ensemble des filières vertes. Le renforcement du cadre réglementaire a un fort impact dans la mesure où il est aujourd'hui le principal moteur du développement de ce marché qui semble aujourd'hui mature. Des perspectives de croissance existent notamment sur le marché de l'analyse de l'eau. En particulier, dans ce dernier domaine, des progrès sont encore attendus sur le développement et l'amélioration des technologies (automatisation, réseaux de capteurs, mesure en continu in situ). Les marchés de l'analyse des sols et de l'analyse de l'air intérieur sont quant à eux en phase d'émergence. En ce qui concerne l'analyse des sols, peu de technologies sont aujourd'hui validées et peu de produits sont actuellement disponibles sur le marché, la majorité des analyses se faisant encore selon des méthodes de laboratoire. Le développement de capteurs « seuils » représente une opportunité de développement.

Le graphique ci-dessous synthétise le degré de maturité des différentes filières étudiées (CGDD, 2010) :



Le marché de la métrologie est complexe et difficile à évaluer notamment compte tenu de son caractère transverse (applications dans de nombreux secteurs de l'économie) et multiple (nombreuses technologies et fonctions des capteurs). Le cabinet BCC consulting a cependant évalué le **marché international** des capteurs environnementaux, qui ne recouvre qu'une partie du champ couvert (filiales terrestre et satellitaire confondues), à 8,8 milliards d'euros en 2010 (*BCC research, 2011*).

#### **Le marché de l'analyse de l'eau en France**

En France, le marché potentiel de l'analyse de l'eau peut être appréhendé en considérant les différents volets du cadre réglementaire, à savoir :

- ▶ Les réseaux de surveillance associés à la Directive Cadre sur l'Eau - DCE (suivi patrimonial).
- ▶ Les campagnes de recherche des substances polluantes dans les rejets d'eaux usées (Campagnes RSDE).
- ▶ La surveillance des systèmes d'assainissement (stations d'épuration et réseaux de collecte des exploitants et collectivités).
- ▶ Les mesures de qualité de l'eau potable distribuée (contrôles sanitaires).
- ▶ Les investissements réalisés par les industriels afin de respecter la réglementation notamment en termes de rejets en sortie d'installations.

Le chiffre d'affaire du marché de l'analyse de l'eau a été estimé en 2011 à 190 millions d'euros en France (source : S. Anceaume, 2011).

De façon générale, l'évolution du contexte réglementaire induit la nécessité de mesurer et d'assurer le suivi d'un nombre croissant de paramètres et substances et génère donc un accroissement du nombre de mesures à réaliser. Plus de 900 paramètres seraient ainsi à surveiller dans l'eau aujourd'hui dont 350 micropolluants et autant de produits phytosanitaires.

#### **Le marché de l'analyse de l'air en France**

Le droit de l'environnement, en constante évolution, est constitué de législations d'origines et d'époques différentes. Il a été décidé en 1992 de lui assurer un accès plus aisé et une cohérence dans le cadre du « Code de l'Environnement ». La nécessité de renforcer la surveillance et la prévention de la pollution de l'air a conduit le Parlement à voter la Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'Energie (LAURE) du 30 décembre 1996, aujourd'hui incorporée dans le Code de l'environnement.

En France, les montants engagés par les organismes publics spécialisés de mesures de la qualité de l'air sont restés stables en 2010 et se sont élevés à un total de 51,2 millions d'euros (*SOeS, 2012*). En 2010, plus de 90 % de la dépense des organismes spécialisés relève des AASQA (budget stable depuis 2008, autour de 47 millions d'euros). En 2010, le budget de fonctionnement de ces associations s'élève à 38,4 millions d'euros, stable par rapport à 2009, et les dépenses

d'investissement s'élèvent à 9,3 millions d'euros (+ 14 % par rapport à 2009). Le reste de la dépense de fonctionnement des organismes spécialisés relève du CITEPA et du LCSQA (5,9 millions d'euros en 2010).

La dépense courante des industriels (amortissements inclus), qui comprend la maintenance des équipements, le contrôle ou la mesure de rejets de substances dans l'atmosphère, s'élève à 613 millions d'euros en 2010, en baisse de 4,4 % par rapport à 2009 (SOeS, 2012).

### ***Le marché de l'analyse des sols***

Le marché de l'analyse des sols est principalement lié aux problématiques de sites et sols pollués, à leur évaluation puis au suivi de la dépollution ou du comportement des polluants. Selon une estimation de l'Agence Européenne pour l'Environnement (AEE), plus de trois millions de sites (dont 500 000 de manière sévère) seraient actuellement touchés par la contamination des sols. Les principales sources de pollution des sols proviennent d'infiltrations, de retombées de poussières consécutives à des rejets atmosphériques ou à des dépôts de résidus ou de produits chimiques et à des pollutions accidentelles. Ces pollutions sont étroitement liées à l'élimination des déchets et aux conditions d'exploitation.

Le marché de la dépollution des sols est en forte progression depuis 2001, notamment en zone urbaine, même s'il n'existe pas aujourd'hui d'obligation réglementaire sur les sites orphelins (sites abandonnés suite à une liquidation judiciaire notamment). Au niveau européen, l'Agence Européenne de l'Environnement travaille depuis 1998 à l'élaboration d'indicateurs communs en matière de qualité des sols. En 2002, la Commission Européenne a initié une politique de protection des sols sur le modèle de celles de l'air et de l'eau.

En France, le Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS) permet le suivi de près de 2 200 sites répartis sur le territoire selon un maillage uniforme de 16 km de côté. La première campagne de mesure du RMQS s'est échelonnée entre 2001 et 2008, la seconde s'échelonna entre 2011 et 2018. Par la suite, des prélèvements d'échantillons de sols et des mesures seront effectués tous les dix ans au centre de chaque maille.

### ***Le marché de la filière satellitaire***

L'offre industrielle est aujourd'hui mature, mais les applications et services satellitaires opérationnels peinent malgré tout à se déployer du fait principalement d'un manque de communication sur les données disponibles et de leur coût réel, ainsi que de la vision d'un marché uniquement impulsé par la commande publique. C'est l'une des raisons d'être du plan d'applications satellitaires (cf. chapitre levier stratégique) qui vise à accompagner le développement de ces services sur des applications liées à l'environnement, notamment via le projet GEOSUD qui vise à faciliter l'accès à l'imagerie satellitaire par une stratégie de mutualisation (acquisition en multi-licence) et de diffusion aux acteurs publics. Les recettes générées par le marché mondial des données spatiales d'observation connaissent une forte croissance et ont dépassé le milliard d'euros en 2009 (MEDDE, 2012).

Un exemple d'application particulièrement importante est la mise à disposition de photos infrarouges des cultures irriguées (photos aériennes ou satellitaires). En effet, la mesure de l'efficacité de l'irrigation appliquée dès les premiers stades de développement des cultures est aujourd'hui possible en mesurant le rayonnement réfléchi par les plantes dans le domaine de l'infrarouge. Les cultures connaissant de bonnes conditions agronomiques (pas de stress hydrique ni de parasites, quantité d'azote suffisante...) réfléchissent très fortement dans la bande infrarouge. A contrario, les plantes en stress hydrique ou azoté par exemple apparaissent nettement plus claires. Ceci permet aux producteurs de connaître la dynamique de leurs cultures, et de pouvoir ensuite adapter leur conduite dans une démarche d'agriculture raisonnée.

## **2. Le potentiel de marché**

De manière générale, les besoins en termes d'instrumentation et de métrologie des milieux sont portés par un contexte réglementaire croissant et une prise de conscience progressive des enjeux de la surveillance environnementale.

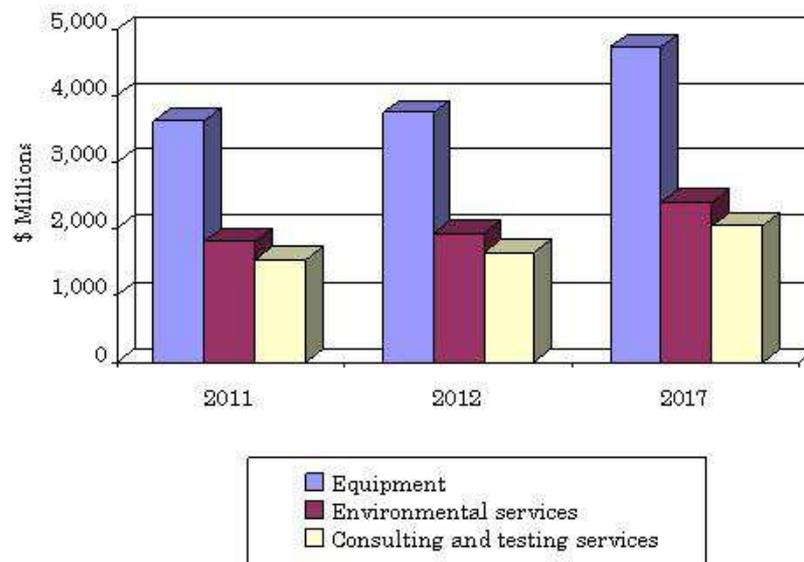
### ***Le marché de l'air intérieur boosté par l'évolution des réglementations en matière de santé publique***

La prise de conscience récente des problématiques liées à la qualité de l'air intérieur, incite au développement de procédés et de technologies propres pour la réduction à la source des émissions de polluants de l'air. L'exemple récent de la libération de formaldéhydes (substance irritante pour le nez et les voies respiratoires) contenus dans les panneaux de particules de certains éléments de mobilier pose question. De façon plus générale, le segment de marché de la qualité de

l'air intérieur est en croissance continue depuis quelques années.

Ainsi, aux Etats-Unis, le marché de l'analyse de l'air intérieur avoisinait les 7 milliards de dollars en 2011, après un recul dû notamment au contexte de crise économique ; il devrait rebondir à 7,3 milliards de dollars d'ici 2012 et 9,2 milliards en 2017 (BCC Research, 2011). Par marché de la qualité de l'air intérieur, on entend ici le marché regroupant à la fois les activités d'instrumentation permettant l'analyse des polluants dans l'air intérieur, mais également les équipements de filtration et d'assainissement ainsi que les activités de services et de conseils associés à l'analyse de la qualité de l'air intérieur.

En France, le marché de la qualité de l'air intérieur était estimé à environ 1 milliard d'euros en 2008, principalement lié aux équipements de ventilation des bâtiments (VMC) et aux équipements de mesure et de contrôle de la qualité de l'air. Il y a cependant un potentiel important si on se réfère à l'évolution du marché américain, qui a connu une forte croissance (COSEI, 2010), ainsi qu'à la mise en œuvre de nouvelles réglementations.



Evolution du marché américain de la qualité de l'air intérieur par segment de 2011 à 2017 (BCC Research, 2012)

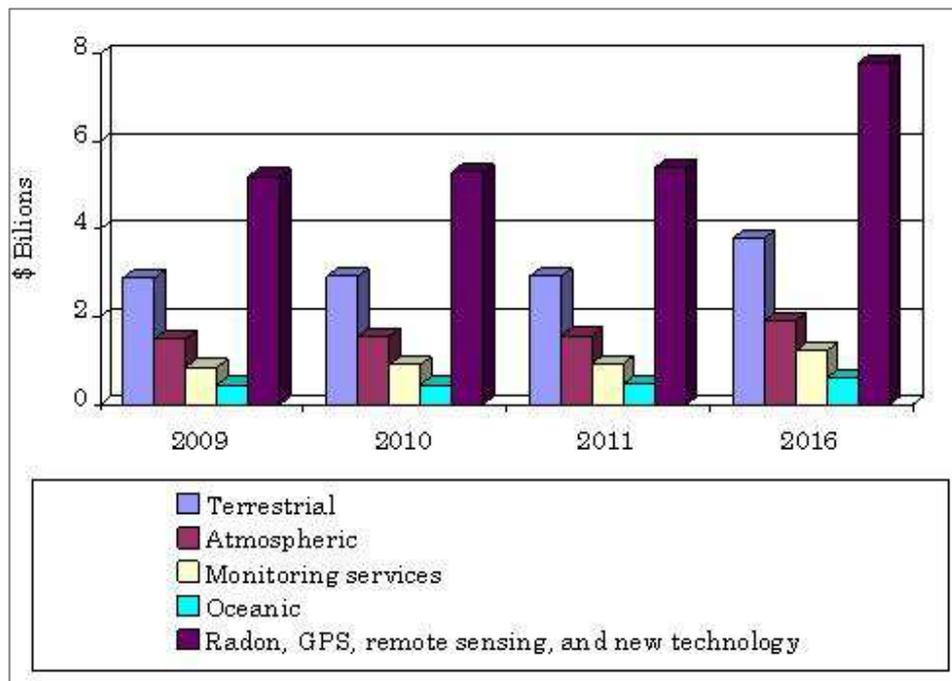
### **Le marché des capteurs environnementaux, un secteur en forte croissance**

Le marché des capteurs environnementaux constitue un secteur en croissance majeur. Il pesait 8,8 milliards d'euros en 2010 et devrait atteindre les 12,1 milliards d'euros en 2016 avec un taux de croissance annuel évalué à 6,5% entre 2011 et 2016 (BCC Research, 2011). Le marché de la surveillance des sols devrait atteindre 1,5 milliard d'euros d'ici 2016 et avoir un taux de croissance annuel de 4 % entre 2010 et 2016.

La croissance du marché des capteurs environnementaux est principalement portée par l'intérêt grandissant pour le management environnemental au niveau mondial, ainsi que par les développements technologiques et les évolutions réglementaires récentes concernant la surveillance environnementale. Le développement du marché des capteurs environnementaux est porté par les déterminants suivants :

- ▶ les besoins en capteurs in situ miniaturisés, robustes, autonomes et peu coûteux
- ▶ les technologies de mise en réseau pour la surveillance des milieux, notamment de système d'alerte pour la localisation précise de points de pollution ou afin d'anticiper le dépassement de seuils quantitatifs (fuites dans les réseaux de distribution d'eau potable, inondations notamment)
- ▶ Les croisements avec les technologies existantes dans des domaines d'activités autres que l'environnement (notamment domaine pharmaceutique et agroalimentaire), voire le croisement entre technologies terrestres et satellitaires

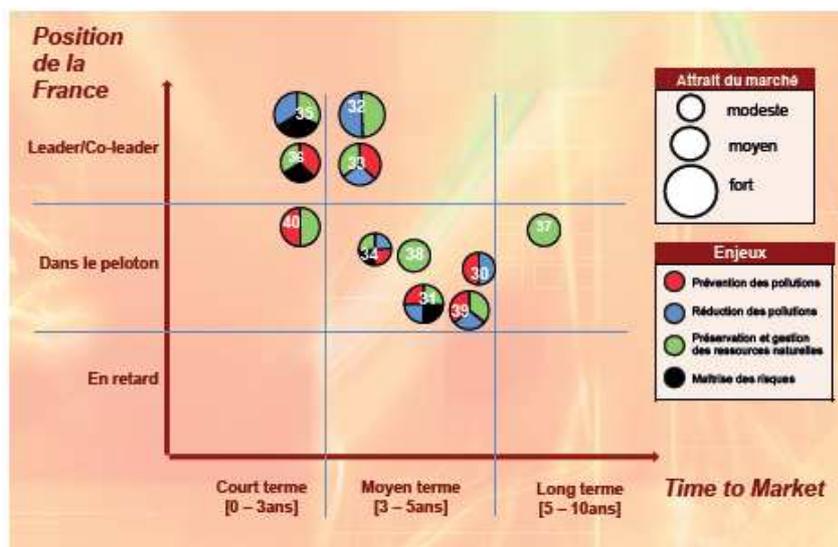
Les micro-capteurs, dont les ventes sont en forte croissance, cumulent autonomie, sensibilité élevée, et portabilité,



favorisant des applications in situ associées aux filières terrestres comme satellitaires.

Evolution du marché des capteurs environnementaux, par catégorie de marché, de 2009 à 2016 (BCC Research, 2011)

En France, dans le cadre des travaux menés par le Ministère de l'Industrie sur les Technologies Clés à horizon 2015, les capteurs et l'instrumentation sont considérées comme des technologies à potentiel.



- 30. Technologies pour la captation maîtrisée et le traitement des sédiments pollués
- 31. Capteurs pour l'acquisition de données
- 32. Technologies pour le dessalement de l'eau à faible charge énergétique
- 33. Technologies pour le traitement des polluants émergents de l'eau
- 34. Technologies pour le traitement de l'air
- 35. Technologies pour la dépollution *in situ* des sols et des sites pollués
- 36. Technologies pour la gestion des ressources en eau
- 37. Technologies pour le recyclage des matériaux rares et leur valorisation
- 38. Technologies de tri automatique des déchets
- 39. Valorisation matière des déchets organiques
- 40. Éco-conception

### **L'essor de la mesure en continu in situ sur le marché de l'analyse de l'eau**

Dans certains cas de figure, la connaissance, le contrôle et la réduction des flux de polluants ne peuvent se satisfaire des mesures ponctuelles classiques par prélèvements et analyses en laboratoires. Le besoin des industriels et des collectivités se porte alors de façon croissante vers des appareils de mesures in situ en continu, permettant d'avoir une vision plus fine des évolutions de mesures au cours du temps plutôt qu'une image à un instant donné de la qualité du système à étudier.

Des réflexions sont en cours pour savoir comment mettre en place ces nouveaux outils qui donnent des informations en temps réel de variation et d'évolution des caractéristiques du milieu. La France accuse un léger retard à ce sujet par rapport à ces voisins européens, notamment anglais et allemands. D'une façon plus générale, la surveillance des ressources en eau ne représente aujourd'hui qu'une très faible part des programmes de mesures des Agences de l'Eau (1% entre 2007 et 2010). Cependant, il n'en demeure pas moins que les besoins en surveillance vont s'accroître sous l'effet notamment d'une application renforcée des exigences imposées par la Directive Cadre sur l'Eau.

### **Le marché de la filière satellitaire**

L'offre industrielle est aujourd'hui mature, mais les applications et services satellitaires opérationnels peinent malgré tout à se déployer. C'est l'une des raisons d'être du plan français sur les applications satellitaires. En effet, dans le domaine de l'observation de la Terre par satellite, les retombées économiques directes et les bénéfices socio-économiques attendus sont de taille, principalement portés par les enjeux croissants de protection de l'environnement et de sécurité. Les recettes générées par le marché mondial des données spatiales d'observation connaissent une forte croissance (un milliard d'euros en valeur en 2009) et devraient quadrupler avant 2018 (MEDDE, 2012).

Cette croissance devrait être confortée par les programmes spatiaux gouvernementaux ou privés, notamment dans le domaine de l'imagerie optique et radar. A noter le lancement en 2009 par Astrium, premier fournisseur mondial de produits et de services d'imagerie globaux (issus des données satellitaires de SPOT), d'un nouveau projet de financement privé, baptisé AstroTerra. Ce projet vise à lancer les satellites SPOT 6 et SPOT 7 (SPOT 6 a été lancé en septembre 2012).

Par ailleurs, le couplage des technologies satellitaires et terrestres dans une logique de complémentarité (instrumentation in situ, transmission des données satellitaire, fusion des données satellitaires et terrestres) pourrait être une opportunité de développement pour ce secteur en France. Il existe cependant une concurrence forte des Etats-Unis et du Japon.

## **4 Les enjeux de développement de la filière**

### **1. Les déterminants du développement de la filière**

#### *1. Les principaux moteurs de croissance*

Les principaux moteurs du développement de la filière métrologie et instrumentation des milieux sont :

- ▶ Un cadre réglementaire déterminant et structurant qui porte le développement de la filière notamment dans les domaines de l'eau (Directive Cadre sur l'Eau notamment) et de l'air.
- ▶ Des enjeux sanitaires et environnementaux de premier plan qui entretiennent le développement de cadres réglementaires et d'initiatives d'acteurs (qualité de l'air intérieur par exemple).
- ▶ Des enjeux économiques stratégiques liés au foncier disponible qui motivent l'analyse et le suivi des sols ainsi que la réhabilitation à termes des sites et sols pollués.
- ▶ Des besoins en évaluation de plus en plus précis et fins pour mieux comprendre les phénomènes naturels (dégradations liées aux polluants sur les milieux...), les impacts des polluants sur la santé humaine et pour évaluer les risques inhérents aux applications industrielles (pollutions de l'air, des sols ou des nappes, émissions de gaz à effet de serre...).
- ▶ Des opportunités de réduction des coûts de fonctionnement pour les industriels via la réalisation de mesures sur leurs rejets dans les milieux. Ainsi, par exemple la mesure des rejets en eau, peut permettre d'adapter les méthodes de traitement avant rejet dans le milieu et ainsi réduire les coûts (mesures correctives en amont, quantités réduites de produits chimiques de traitement...) et les pénalités potentielles liées aux infractions à la réglementation.
- ▶ Des programmes spatiaux gouvernementaux ou privés, notamment dans le domaine de l'imagerie optique et radar (plus de 200 satellites d'observation pourraient être lancés dans le monde dans les dix prochaines années) qui

soutiennent le développement de la métrologie satellitaire.

- ▶ Des opportunités de développement d'activités pour les acteurs du secteur sur l'aval (prestation de maintenance ou de certification pour les équipementiers) et sur d'autres applications (les capteurs peuvent disposer de nombreuses fonctions).
- ▶ Une filière transverse dont le développement bénéficie potentiellement à l'ensemble des secteurs d'activités de l'économie verte.
- ▶ Des coûts de remise en état de l'environnement évités à termes et une maîtrise plus grande des risques liés à la dégradation de l'environnement durant une exploitation industrielle.

## 2. Les principaux freins et verrous

La filière métrologie et instrumentation des milieux est notamment freinée dans son développement par :

- ▶ Une filière principalement portée par le levier réglementaire, en l'absence d'intérêt économique clair dans le suivi et l'analyse des rejets et des dégradations sur l'environnement. L'environnement étant non marchand aujourd'hui, il n'y a pas d'incitations économiques à mesurer et suivre les émissions de polluants.
- ▶ Une perception de la métrologie par les parties prenantes qui s'effectue davantage sous l'angle curatif que préventif (mise en œuvre de programme d'actions à la suite de dépassements de valeur seuils par exemple), qui s'explique notamment par le fait que la protection de l'environnement est aujourd'hui un domaine non marchand.
- ▶ Un contexte réglementaire récent et à affiner en ce qui concerne la métrologie dans le domaine des sols.
- ▶ Un cadre réglementaire et de normalisation qui peut jouer un rôle de frein pour le développement du marché des nouvelles technologies de capteurs (les réglementations, qui sont souvent des réglementations de moyens et non des réglementations d'objectifs, préconisent les méthodologies d'analyse, ce qui constitue un frein au développement de technologies innovantes).
- ▶ Des données satellitaires le plus souvent obtenues à partir de financement d'origines publiques, soulevant notamment des questions juridiques quant à leur exploitation marchande.
- ▶ Une filière dont les acteurs, principalement des PME, ne sont encore que peu fédérés et qui manque de visibilité au niveau national et international.
- ▶ Des verrous technologiques et économiques qui restent à lever notamment pour développer à moindre coût des capteurs robustes et autonomes pour des mesures in situ, pour des mesures en continu ou pour mesurer des polluants dits « émergents », souvent mal connus et de natures variées (résidus pharmaceutiques, perturbateurs endocriniens, hydrocarbures aromatiques, PCB...).
- ▶ Des difficultés de compréhension des processus évolutifs des espèces et des impacts et dégradations réels des polluants rejetés dans les milieux sur les mécanismes de spéciation.
- ▶ Des freins économiques (coût des données satellitaires, coût des logiciels, manque de formation à ces techniques, capitalisation insuffisante des méthodes) qui limitent l'utilisation de l'imagerie satellitaire par la communauté scientifique et par les services publics de gestion de l'environnement, voire directement par des utilisateurs privés.

## 2. Evolutions du paysage concurrentiel et en jeux de développement

Le développement rapide des activités anthropiques (à la fois domestiques, agricoles et industrielles), l'évolution démographique, le changement de modes de consommation ou les phénomènes de changement climatique sont autant de facteurs qui accélèrent l'utilisation et souvent la dégradation de l'environnement et de ses ressources. La pollution de l'eau, de l'air, des sols et la perte de la biodiversité sont autant de dégradations associées à ces tendances, que la métrologie, science de la mesure, permet de suivre et d'évaluer dans le temps et dans l'espace.

Le développement de cette filière, transverse à de nombreux secteurs, est aujourd'hui principalement porté par la réglementation en matière de qualité des eaux, de l'air et du sol et une prise de conscience progressive des enjeux de la surveillance environnementale.

En particulier, dans les années à venir, les marchés de la qualité de l'air intérieur, de la mesure satellitaire ou de la qualité de l'eau (notamment porté par le développement de nouveaux capteurs aptes à mesurer et détecter les polluants « émergents » de la DCE) devraient se développer de façon croissante.

Bien que les fabricants d'équipements américains, japonais et allemands dominent le secteur, des acteurs français disposent aujourd'hui d'une reconnaissance européenne voire internationale (Environnement SA, Spot Infoterra, Trescal...). Cependant, pour faire face à une concurrence internationale croissante et des besoins en équipements de mesure toujours plus robustes, fiables et économiques, la filière devra gagner en visibilité et développer des nouvelles technologies de capteurs (mesures en continu, in situ, couplage terrestre-satellitaire).

## 5 Synthèse du positionnement national et des enjeux

Atouts (+)	Faiblesses (-)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un renforcement de la réglementation qui favorise le développement du marché de la métrologie et de l'instrumentation, notamment dans les secteurs de la qualité de l'air et de l'eau</li> <li>▪ Des acteurs de la recherche et développement reconnus en France (LNE, CEA, pôles de compétitivité....)</li> <li>▪ Des acteurs français reconnus à l'échelle européenne sur la fabrications d'outils de mesure (Seres, Environnement SA, Horiba...) et sur la métrologie satellitaire (Spot Infoterra)</li> <li>▪ Un développement de la métrologie satellitaire permettant d'apporter une vision continue et globale sur les évolutions des milieux</li> <li>▪ Une filière transverse qui bénéficie à de nombreux secteurs de l'économie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un contexte réglementaire encore récent et à affiner en ce qui concerne la métrologie dans le domaine des sols</li> <li>▪ Une filière transverse dans ses applications qui manque de visibilité (pas de fédération des acteurs de la filière comprenant un très grand nombre de PME)</li> <li>▪ Un développement de la métrologie satellitaire qui nécessite des investissements importants et implique un retour sur investissement long</li> <li>▪ Un marché satellitaire qui peine à se développer (méconnaissance de ces bénéfiques, cadre juridique flou...)</li> <li>▪ Des technologies qui doivent être reconnues par la réglementation pour valider les mesures réalisées (les réglementations préconisent les méthodologies d'analyse, ce qui constitue un frein au développement de technologies innovantes)</li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un cadre réglementaire structurant pour la métrologie appliquée au domaine de l'eau qui soutient le développement de nouvelles technologies de capteurs (mesure de polluants émergents, précurseurs chimiques notamment)</li> <li>▪ Des besoins en évaluation de plus en plus précis et fins pour mieux comprendre des phénomènes naturels (dégradations liées aux polluants sur les milieux...) et évaluer les risques inhérents aux applications industrielles (pollutions des sols ou des nappes, ...)</li> <li>▪ Des marchés prometteurs qui émergent et se développent dans un contexte de prise en compte croissant de l'environnement : mesures en continu in situ dans le domaine de l'eau, mesures de la qualité de l'air intérieur ...</li> <li>▪ Des opportunités de développement à moindre coût de capteurs robustes et autonomes pour des mesures in situ, pour des mesures en continu et pour mesurer des polluants dits « émergents »</li> <li>▪ Opportunités liées aux croisements des technologies entre différents secteurs (TIC, Chimie, Biologie...) pour le développement à moindre coût de technologies pour l'environnement</li> <li>▪ Des opportunités liées à la mise en réseau de capteurs et à l'exploitation des données associées</li> <li>▪ Des opportunités de développement d'activités pour les acteurs du secteur sur l'aval (prestation de maintenance ou de certification pour les équipementiers) et sur d'autres applications (les capteurs peuvent disposer de nombreuses fonctions)</li> <li>▪ Pour la filière terrestre, des marchés inexploités dans les nouveaux pays membres de l'UE notamment (mais également dans les pays émergents et les pays en développement)</li> <li>▪ Contexte favorable en France : Grenelle, conférence environnementale de septembre 2012 et réflexion globale sur la structuration de la filière métrologie depuis l'étude filières vertes de 2010</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une méconnaissance de certains industriels des risques encourus en cas d'infraction à la réglementation (et donc faible investissement dans les technologies de surveillance et de contrôle environnemental sans bénéfice économique)</li> <li>▪ Un cadre réglementaire sur l'analyse des sols qui pourrait être davantage établi</li> <li>▪ Méconnaissance du service et des coûts de mise à disposition des données issues de l'imagerie satellitaire</li> <li>▪ Une dépendance de certaines entreprises aux données satellitaires et à leur accessibilité</li> <li>▪ Structure des équipementiers américains, japonais et allemands (grands groupes avec capacités d'investissements importantes) à comparer à l'offre française (essentiellement constituée de PME)</li> <li>▪ Un risque d'un développement de technologies à bas coûts en provenance des pays d'Asie</li> <li>▪ Une participation active des industriels (notamment en Allemagne et au Royaume-Uni) aux travaux normatifs et réglementaires liés aux nouvelles technologies dans les pays en pointe actuellement</li> <li>▪ Adaptation dans certains pays des réglementations nationales en fonction des caractéristiques du tissu industriel national)</li> <li>▪ Un manque de connaissance des dégradations liées aux polluants sur l'environnement (notamment phénomène de spéciation) et les impacts sur la santé humaine</li> </ul>

**Bibliographie  
de référence**

- AEE, 2011, « Air quality in Europe – 2011 report »
- Association Instituts Carnot, 20 technologies innovantes au 3è Forum National des Eco-entreprises Paris-Bercy. Site consulté en Août 2012 : <http://www.instituts-carnot.eu/fr/node/1556#13>
- ATMO France, 2011, « Comparaison internationale des dispositifs de surveillance de la qualité de l'air »
- BCC Research, 2011, Environmental Sensors: Technologies and Global Markets : <http://www.bccresearch.com/report/environmental-sensing-monitoring-technologies-ias030b.html>
- BCC Research, 2012, US Indoor Air Quality Market : <http://www.bccresearch.com/report/indoor-air-quality-us-market-env003d.html>
- Centre d'analyse stratégique, Guillaume Sainteny, 2011, « Les aides publiques dommageables à la biodiversité »
- CGDD, 2010, « Les filières industrielles stratégiques de l'économie verte ».
- CGDD, 2011 « le point sur les applications satellitaires au service du développement durable »
- Commission Européenne, 2010, "Directive-Cadre sur l'eau"
- Commission Européenne, 2012, "Interim Evaluation of the European Metrology Research Programme (EMRP)"
- Commission of the European Communities, 2005, Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on ambient air quality and cleaner air for Europe.
- COSEI, 2010, « Etude sur les éco-industries en France »
- DRIEE Ile-de-France, 2011, « Campagne RSDE 2 ».
- Eau France, 2010, Les Synthèses, « Les efforts de surveillance de la qualité des cours d'eau ».
- France Nature Environnement, 2008, « La gestion de l'eau en France »
- INERIS, Substances dangereuses pertinentes pour la protection des milieux aquatiques en France.
- Laboratoire national de métrologie et d'essai (LNE) : <http://www.lne.fr/fr/metrologie/decouvrir-metrologie.asp>
- MEDDE / CGDD, 2009, « Etude sur les filières industrielles stratégiques de la croissance verte ».
- MEDDE 2010 « Bilan de l'assainissement 2008 »
- MEDDE, 2010, « Le plan particule, des mesures nationales et locales pour améliorer la qualité de l'air »
- MEDDE, 2011, « Bilan de la qualité de l'air en France en 2011 et des principales tendances observées au cours de la période 2000-2011 »
- MEDDE, 2011, « Bilan des coûts de la surveillance menée au titre de la DCE. Années 2007-2010. Exploitation du questionnaire DEB ».
- MEDDE, 2011, « Guide méthodologique pour la réalisation des bilans d'émissions de gaz à effet de serre des collectivités »
- MEDDE, 2012, « Mesures pour améliorer la qualité de l'air intérieur »
- Observatoire de la qualité de l'air intérieur : <http://www.oqai.fr/obsairint.aspx>
- WHO, 2010, « Who guidelines for indoor air quality, selected pollutants »

# 19 - RECYCLAGE ET VALORISATION DES DECHETS

## 1 Synthèse

### Présentation

#### Définition et périmètre

Cette fiche couvre l'ensemble des filières de recyclage et de la valorisation énergétique, matière et organique des déchets.

Les activités et les services concernés par cette fiche sont : la collecte et le regroupement des déchets, le tri, le transport des déchets, les procédés d'élimination, les procédés de valorisation, les activités associées à la dépollution des sites et sols pollués, les activités liées à la gestion durable des matières et à l'éco-conception.

### Chiffres clés

**Emplois en France** : 128 000 (ADEME, 2011)

**Chiffre d'affaires en France**: 17 milliards d'euros (ADEME, 2011)

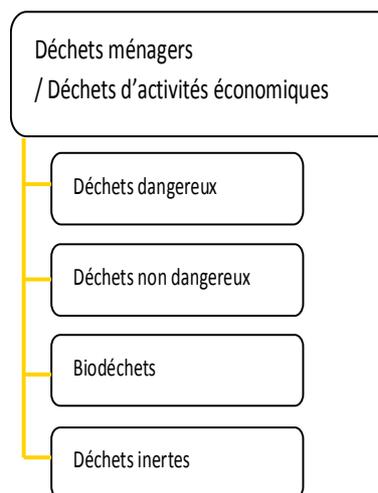
**Production de déchets en France** : 771 millions de tonnes (ADEME, 2011)

## 2 Présentation de la filière

En application de la directive cadre déchets 2008/98, le Droit français *définit un déchet* comme "toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire".

Plusieurs catégories de déchets sont ainsi définies :

- ▶ **Déchet dangereux** : tout déchet qui présente une ou plusieurs des propriétés de dangers prévues par la directive.
- ▶ **Déchet non dangereux** : tout déchet qui ne présente aucune des propriétés qui rendent un déchet dangereux.
- ▶ **Déchet inerte** : tout déchet qui ne subit aucune modification physique, chimique ou biologique importante, qui ne se décompose pas, ne brûle pas, ne produit aucune réaction physique ou chimique, n'est pas biodégradable et ne détériore pas les matières avec lesquelles il entre en contact d'une manière susceptible d'entraîner des atteintes à l'environnement ou à la santé humaine.
- ▶ **Déchet ménager** : tout déchet, dangereux ou non dangereux, dont le producteur est un ménage.
- ▶ **Déchet d'activités économiques** : tout déchet, dangereux ou non dangereux, dont le producteur initial n'est pas un ménage.
- ▶ **Biodéchet** : tout déchet non dangereux biodégradable de jardin ou de parc, tout déchet non dangereux alimentaire ou de cuisine issu notamment des ménages, des restaurants, des traiteurs ou des magasins de vente au détail, ainsi que tout déchet comparable provenant des établissements de production ou de transformation de denrées alimentaires.



Cette même directive **définit le recyclage** comme : « toute opération de valorisation par laquelle les déchets sont retraités en produits, matières ou substances aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins ». Cette définition inclut

ainsi le retraitement des matières organiques, mais n'inclut pas la valorisation énergétique, la conversion pour l'utilisation comme combustible ou pour des opérations de remblayage.

On définit par ailleurs comme *matière première de recyclage (MPR)*, toute matière extraite et préparée à partir de produits usagés et de rebuts (à l'exception des rebuts découlant d'un processus de production primaire). Cette dénomination remplace peu à peu le terme de matière première secondaire et sera privilégiée dans cette fiche.

De même, la **valorisation désigne** toute opération dont le résultat principal est l'utilisation des déchets à des fins utiles en remplaçant d'autres matières qui auraient été utilisées à une fin particulière, ou la préparation des déchets en vue d'une utilisation à cette fin, dans l'usine ou dans l'ensemble de l'économie.

Plusieurs types de valorisation des déchets existent :

- ▶ **La valorisation énergétique** : exploitation du gisement d'énergie contenu par les déchets via la production d'électricité, de chaleur ou de vapeur
- ▶ **La valorisation matière** : utilisation de tout ou partie d'un déchet en remplacement d'un élément ou d'un matériau
- ▶ **La valorisation organique** : utilisation pour amender les sols de compost, digestat ou autres déchets organiques transformés par voie biologique.

Les déchets radioactifs, conformément au champ d'application de la directive Déchets de 2008 sont exclus du périmètre de cette fiche.

Cette fiche aborde également certains aspects liés aux **techniques de traitement des sites et sols pollués** : traitements physiques, chimiques, biologiques et thermiques et dans ces perspectives les activités **liées à la gestion durable des matières et à l'éco-conception**.

## 3 Présentation du marché et de ses perspectives de développement

### 1. Etat des lieux et dynamique récente du marché à l'international

Le chiffre d'affaires des industries de gestion et de recyclage des déchets dans l'Union Européenne était évalué en 2009 à 95 milliards d'euros. Le secteur emploierait par ailleurs entre 1,2 et 1,5 million de personnes, contribuant à l'objectif de la stratégie Europe 2020, à savoir un taux d'emploi de 75 % (soit environ 1 % du PIB) (*Commission Européenne, 2011*).

De façon générale dans l'Union Européenne, la production de déchets semble augmenter ou se stabiliser. Cependant, en raison d'une importante diminution enregistrée dans quelques États membres, la production annuelle totale de déchets pour l'UE-27 a diminué de 10 % entre 2006 et 2008. Différents facteurs peuvent expliquer cette baisse parmi lesquels un contexte de crise économique, une modification des méthodes d'élaboration des rapports d'analyse comparative et les progrès réalisés en matière de prévention (*Commission Européenne, 2011*).

La production de déchets solides municipaux (7 % de la quantité totale de déchets) s'est ainsi stabilisée en 2008 à environ 524 kg par an et par personne dans l'UE-27. D'importantes différences existent cependant entre les États à l'international : 750 kg environ par personne aux États-Unis, 400 kg au Japon et entre 400 à 800 kg pour les États membres (*Commission Européenne, 2011*).

Les déchets dangereux (3 % de la quantité totale de déchets) continuent à diminuer dans l'UE-12, notamment en raison de l'introduction de technologies plus propres et de la fermeture des mines, même si l'UE-27 enregistre toujours une augmentation annuelle de 0,5 % (*Commission Européenne, 2011*).

La production de déchets de fabrication (12 % de la quantité totale des déchets) a diminué de plus de 5 % entre 2004 et 2006 et les déchets provenant de l'extraction minière et de l'exploitation des carrières (25 % de la quantité totale des déchets) de 14 % alors que les déchets provenant d'autres secteurs économiques (les services) ont augmenté de 6 % (*Commission Européenne, 2011*).

Si les taux de recyclage varient selon les types de déchets, leur niveau global dans l'UE s'est amélioré et est évalué en 2008 à 38 %, soit une augmentation de 5 % par rapport à 2005. 40 % des déchets municipaux sont quant à eux recyclés ou compostés, soit une augmentation de 11 % entre 2005 et 2008, avec d'importantes disparités selon les États membres (de quelques pour cent à 70 %) (*Commission Européenne, 2011*).

La valorisation énergétique des déchets a augmenté de 96 kg par personne en 2005 à 102 kg en 2008. L'incinération de déchets municipaux solides représenterait ainsi environ 1 % de la production totale d'énergie dans l'UE-27 (*Commission Européenne, 2011*).

Au niveau mondial, le Bureau International du Recyclage estime le chiffre d'affaires du secteur du recyclage, à près de 200 milliards de dollars en 2009 (*Bureau International du Recyclage*).

## **2. Le potentiel de marché**

### *1. Le potentiel de marché à l'International*

La consommation globale devrait continuer de croître dans les années à venir sous l'effet de l'augmentation de la population et le développement des économies émergentes engendrant une pression croissante sur les ressources. Le rôle du recyclage sera donc amené à gagner en importance afin de répondre à des besoins croissants en matières premières et pallier à une dépendance vis-à-vis de leur importation.

Selon les projections concernant les perspectives de production et de traitement des déchets en Europe et en l'absence de politiques complémentaires en matière de prévention des déchets, la production de déchets devrait augmenter de 7 % entre 2008 et 2020. Une mise en œuvre intégrale des dispositifs actuels devrait quant à elle permettre de faire passer le recyclage de 40 % en 2008 à 49 % en 2020 et de faire baisser la mise en décharge de 10 %.

Le secteur de la gestion et du recyclage des déchets pourrait ainsi générer plus de 400 000 nouveaux emplois à l'horizon 2020 en Europe, sous condition d'une meilleure diffusion et application de la législation européenne en matière de déchets sur le territoire communautaire (*Commission Européenne, 2011*).

Par ailleurs, la pression sur les matières premières devrait se poursuivre dans les années à venir et pourrait aboutir à des tensions dans les pays émergents entre offre et demande. La Chine, l'Inde ou certains pays d'Afrique pourraient ainsi nécessiter un approvisionnement en déchets ou en matière première de recyclage accru afin de satisfaire leur marché intérieur et de diversifier leur sources d'approvisionnement. Ceci pourrait offrir des opportunités d'exportation pour les entreprises françaises. Ces opportunités d'exportation soulèvent cependant des questions quant à l'offre de matières premières dans l'Union Européenne (sécurité de l'approvisionnement, indépendance, ...) et au risque d'exporter vers des pays tiers des problèmes environnementaux ou des déchets qui seraient traités dans des installations non conformes.

### *2. Le potentiel de marché en France*

Le secteur de la valorisation et du recyclage des déchets est un secteur relativement mature en France. Pour autant plusieurs segments de marché pourraient jouer le rôle de relais de croissance à l'avenir. Ainsi, le taux de recyclage des déchets municipaux qui reste faible, comparativement à d'autres pays européens, notamment l'Allemagne et les pays scandinaves et certaines filières de valorisation matière, organique et énergétique pourraient se développer dans les années à venir. Le développement d'une activité d'équipementiers présente également des opportunités en France, dont le marché est aujourd'hui largement dominé par des acteurs étrangers (allemands, autrichiens, italiens...). Ces activités offrent d'ailleurs des perspectives dans un contexte d'évolution de la perception du déchet qui s'opère depuis quelques années. Considérés auparavant comme une contrainte dont il fallait minimiser l'impact, une part croissante des déchets représente désormais une ressource économique et stratégique du fait de la raréfaction de certaines matières premières (risque de pénurie mondiale d'ici 2030 pour le plomb, zinc, nickel, cuivre) et de l'énergie.

Les principales évolutions de la filière à terme seront liées au développement d'activités ciblées par flux de déchet (valorisation, développement d'outils de tri et de collecte, captation de nouveaux gisements tels que métaux rares ou déchets du BTP...), au besoin croissant en matière première ou en énergie ou à la mise en œuvre de nouvelles réglementations. Certaines filières de recyclage et valorisation disposent en effet d'un important potentiel de développement compte tenu des volumes mobilisables et/ou de leur valeur ajoutée. Il s'agit notamment du :

- ▶ Verre : déchets de verre automobile, verre contenu dans les panneaux solaires et produits contenant du silicium...
- ▶ Métaux ferreux - Métaux non ferreux : notamment sur les fractions contenant des terres rares...
- ▶ Papiers - Cartons : meilleure captation du gisement du tertiaire (papiers de bureaux), optimisation du tri...
- ▶ Biodéchets : qualité des composts, développement de filières innovantes (biocarburants, précurseurs de

- bioplastiques) ...
- ▶ Combustible solide de récupération (CSR)
- ▶ Véhicules Hors d'Usage : traitement des produits complexes ...
- ▶ Plastiques : techniques de reconnaissance et de tri des plastiques (plastiques noirs et « complexes »), nouveaux débouchés pour l'utilisation de ces MPR....
- ▶ Pneumatiques et caoutchoucs : développement de filières alternatives aux sols sportifs ou terrains de jeux pour enfants....

En termes de réglementation, les objectifs nationaux fixés par le Grenelle de l'environnement visent à améliorer le taux de recyclage matière et organique à 35 % en 2015 et 45 % en 2020 et porter le taux de recyclage des déchets d'emballages ménagers et déchets banals des entreprises à 75 % en 2012. Le plan d'actions français 2009-2012 s'inscrit pleinement dans ce cadre et doit permettre à la France d'être un des pays européens les plus avancés dans le domaine de la gestion des déchets.

A plus long terme la transition vers une économie circulaire pourrait être initiée et se développer notamment sous l'effet de politiques publiques incitatives et l'effet de l'atteinte de limites en matière de taux de recyclage et de valorisation. Dans le cours et moyen terme, la Responsabilité Élargie du Producteur constitue probablement l'un des moyens les plus efficaces pour développer la valorisation des déchets. En effet, les éco-organismes et l'ADEME, via les « registres des producteurs », constituent progressivement les bases de données nécessaires à la connaissance des gisements de demain. Sur le moyen et long terme, ces informations permettront de prévoir de plus en plus précisément les quantités et la nature des déchets produits notamment par les ménages et les activités économiques, et d'anticiper les filières de recyclage à mettre en œuvre.

Par ailleurs, dans les années à venir, le recyclage sera amené à connaître des mutations en passant notamment d'un recyclage faiblement technique mais bénéficiant d'un apport en matière important (gravats, déchets de chantiers...), à un recyclage nécessitant des équipements hautement techniques et un personnel plus qualifié. Le ratio « emplois par tonne de déchet » devrait ainsi continuer de baisser dans les années à venir pour les filières actuelles de gestion des déchets, pour devenir inférieur ou égal à 1 emploi pour 1 000 tonnes. On peut cependant espérer que l'augmentation des volumes traités permettra de compenser cet effet sur l'emploi. Les nouvelles filières à forte intensité technologique et humaine, qui nécessitent aujourd'hui plus de 3 emplois pour 1 000 tonnes, devraient continuer à croître. Cette augmentation des volumes collectés et valorisés devrait donc avoir un impact positif direct sur la croissance de l'emploi. (ADEME, 2011)

## 4 Les enjeux de développement de la filière

### 1. Les déterminants du développement de la filière

#### 1. *Les principaux moteurs de croissance*

L'évolution du marché du recyclage et de la valorisation des déchets est principalement portée par les évolutions du contexte réglementaire, mais plusieurs autres facteurs contribuent également à son développement :

- ▶ Une demande mondialisée : la variation de l'offre et de la demande nationale, européenne et mondiale en matière première est un facteur clé de développement du marché. Ainsi, les besoins grandissants en matières premières des pays émergents ou en développement (Chine, Afrique par exemple) ou la raréfaction de certaines matières premières sont autant de facteurs susceptibles d'influencer le marché ;
- ▶ La variation des cours des matières premières : sur un marché mondialisé des matières premières, la variation des cours exerce une forte influence sur le niveau d'activité du secteur. Une hausse des prix des matières premières peut, à titre d'exemple, conduire à une hausse de la demande en matière première de recyclage. Par ailleurs, l'évolution des cours peut ouvrir la voie à l'exploitation de certains gisements de déchets non rentables dans les conditions économiques du moment ;
- ▶ Le contexte économique : une reprise de la consommation intérieure entrainerait indirectement une hausse du volume des déchets produits, notamment par les ménages, et donc une augmentation des volumes collectés et

traités. De la même manière, une relance de l'activité industrielle offrirait des débouchés supplémentaires aux MPR issus des filières de valorisation ;

- ▶ L'atteinte des objectifs nationaux et européens en matière de recyclage : en complément d'une industrialisation du secteur, la détermination d'objectifs de valorisation à l'échelon français et européen contribue à la structuration de la filière et à l'augmentation des taux de recyclage ;
- ▶ La fiscalité : La législation fiscale peut mener à une évolution structurelle et de long terme des pratiques. Ainsi en France, la TGAP introduit des incitations au recyclage (hausse de la TGAP sur l'enfouissement par exemple).

## 2. Les principaux freins et verrous

Dans le cadre des travaux sur la feuille de route stratégique de la filière de collecte, tri, recyclage et valorisation des déchets, l'ADEME identifie 6 grandes familles de verrous pouvant limiter ou empêcher le développement de la filière :

- ▶ Les verrous technologiques liés à la capacité des équipements, procédés et techniques à effectuer de façon plus efficace, adaptée (notamment aux nouveaux produits et nouvelles matières) et économiques les opérations de démantèlement, déchiquetage, broyage, tri, préparation à la transformation et à la capacité à renforcer l'intégration des matières premières de recyclage dans les produits ou à l'accroissement de leur valorisation énergétique ;
- ▶ Les verrous liés à la caractérisation des gisements de déchets et des matières notamment en terme de connaissance de leur composition (actuelle et à court terme) ;
- ▶ Les verrous liés à la logistique et à la traçabilité : s'assurer de la capacité à collecter des gisements même diffus et d'assurer la traçabilité des matières et substances ;
- ▶ Les verrous économiques, politiques, réglementaires et liés à l'organisation des acteurs : connaître de façon précise et approfondie les modèles économiques à l'œuvre et déterminer les effets des politiques publiques sur l'ensemble de la chaîne de valeur (soutien à l'émergence d'une offre française d'équipementiers par exemple) ;
- ▶ Les verrous sociologiques : le déficit d'image positive de la filière est un frein à son développement. Il soulève notamment des difficultés à recruter du personnel, une acceptabilité plus complexe des matières premières de recyclage par les parties prenantes et des interrogations quant aux bénéfices réels ou perçus des activités de recyclage sur l'environnement ;
- ▶ Les verrous liés aux impacts environnementaux et sanitaires notamment du fait d'un manque de connaissance de ces impacts, de leurs mesures et suivis.

La réussite des politiques de promotion du recyclage repose par ailleurs sur une capacité à établir rapidement des états des lieux et à des évaluations des politiques mises en œuvre. Or il apparaît que les temps de remontée des données et la qualité des statistiques sur les déchets n'est pas encore optimale, tant en France qu'ailleurs en Europe (CE, 2011). A titre d'exemple, il apparaît une absence de corrélation entre la liste européenne des déchets et la nomenclature douanière.

En outre, la multiplication des filières de recyclage se traduit aujourd'hui par une situation hétérogène en termes d'objectifs de recyclage assignés à chaque filière. Certaines ont des objectifs de taux de collecte en vue d'un recyclage - c'est le cas pour le recyclage du plastique-, d'autres d'intégration de matières premières de recyclage dans les produits introduits sur le marché : certains objectifs de la filière VHU sont construits de cette manière. A l'échelle européenne, il en résulte une certaine confusion dans la prise en main des indicateurs de suivi et la comparaison des filières entre pays.

Au-delà de ces verrous se pose à plus long terme la question de la pérennité du modèle économique de la filière dans un contexte de baisse tendancielle des volumes de déchets et une incitation croissante à la prévention et à l'éco-conception.

L'accroissement global du coût des matières premières pourrait également entraîner des phénomènes de rétention chez les ménages et les industriels et une demande plus prégnante de réallocation de revenus par les collectivités, pouvant à terme déstabiliser le modèle des filières REP.

Le bilan économique global de l'importation/exportation soulève également des interrogations quant à ses retombées réelles pour le marché français en termes d'effet de levier de la puissance publique, retour sur investissement, création de valeur et bilan socio-économique local.

Ces interrogations sont confortées par la demande croissante du marché international des matières premières et

notamment des pays émergents ou en développement (Chine, Inde et Afrique par exemple) qui pourrait à terme bouleverser l'ordre économique établi. Parmi les scénarios envisageables, citons la possibilité d'une migration des matières premières de recyclage vers ces pays créant de potentiels déficits sur le marché national et la migration des déchets vers les pays à bas coût pour le recyclage et la valorisation sous-tendant une perte de compétitivité de la filière française.

## **2. Evolutions du paysage concurrentiel et enjeux de développement**

Dans un marché concurrentiel international, la France dispose d'acteurs historiques leaders sur la gestion et le recyclage des déchets (Suez Environnement et Veolia Environnement) mais doit conforter son positionnement sur l'ensemble de la chaîne de valeur, afin de pouvoir exporter outre des capacités de services et d'ingénierie, des technologies et équipements compétitifs et faire face à une concurrence forte, notamment allemande, sur son marché national.

La recherche et l'innovation joueront un rôle clé dans les années à venir en contribuant au développement de technologies capables d'améliorer le captage de nouveaux gisements, le recyclage et la valorisation des déchets et l'intégration des matières premières de recyclage dans les produits. Le développement de ces nouvelles technologies, au-delà de soutenir une position française sur le marché permettra également de développer ces marchés de demain.

A ces enjeux s'ajoute également l'amélioration des connaissances sur les modèles économiques à l'œuvre au sein d'une filière mobilisant nombre d'acteurs, les impacts réels d'un marché concurrentiel et volatile des matières premières et les retombées françaises directes et indirectes des politiques publiques afin de permettre un soutien efficace et pertinent au développement d'une filière française compétitive du recyclage et de la valorisation des déchets. Les dynamiques actuelles et perspectives ne doivent en effet pas faire oublier des aspects organisationnels et un besoin persistant en structuration de la filière.

Enfin, la lutte contre le commerce illicite de déchets, en limitant les risques environnementaux, les distorsions de concurrence et la fuite de matières premières ainsi que la valorisation des activités du secteur, en palliant à son déficit d'image positif, contribueront au développement de la filière.

## 5 Synthèse du positionnement national et des enjeux

Atouts (+)	Faiblesses (-)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Existence de deux leaders français du recyclage et de la valorisation sur le marché international</li> <li>▪ Un socle historique d'activités dans le domaine de la gestion des déchets et un tissu industriel de TPE-PME dense en France</li> <li>▪ Une filière qui jouit d'une stabilité accrue avec les filières REP qui contribue à la structuration du secteur, le développement de nouvelles activités et débouchés et à un plus grand équilibre économique (enveloppe de financement, stabilité face aux cours des matières premières...)</li> <li>▪ Des activités qui mobilisent de la main d'œuvre locale faiblement délocalisable avec des enjeux d'emplois et d'insertion majeurs</li> <li>▪ Une implication croissante de nouveaux acteurs sur ces sujets (Chimie avec l'Association Alliance Chimie Recyclage ; Mécanique avec le CETIM notamment)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une connaissance de la filière et de ses modèles économiques qui reste encore à approfondir pour disposer des leviers d'actions les plus adaptés et efficaces.</li> <li>▪ Un tissu dense d'acteurs mais des acteurs français qui peuvent être relativement absents sur certains maillons de la chaîne de valeur (ex : équipementiers).</li> <li>▪ Une commande industrielle ou publique en matières premières de recyclage qui reste encore limitée (ex : construction, automobile...)</li> <li>▪ Un déficit d'image positive de la filière qui nuit à son développement (difficulté à recruter, vision négative des consommateurs/utilisateurs des matières premières de recyclage ....)</li> <li>▪ Une tendance à la concentration des acteurs qui peut limiter les jeux concurrentiels</li> <li>▪ Un taux de mise en décharge qui reste encore trop élevé</li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Une raréfaction des matières premières qui offre des opportunités en termes de recyclage et de valorisation des déchets</li> <li>▪ Des opportunités d'augmentation des volumes de matières premières de recyclage tant à l'importation qu'à l'exportation offrant des retombées économiques pour la filière française</li> <li>▪ Un potentiel de recyclage de certains déchets (ex. déchets du BTP) encore sous exploité en France</li> <li>▪ Des capacités de R&amp;D en France qui se structurent avec notamment la labellisation en 2010 d'un pôle dédié au recyclage et à la valorisation des déchets (Team2)</li> <li>▪ Une opportunité de développer la filière via un soutien à la promotion de la demande en matière première de recyclage (sensibilisation sur ces matières dans la commande publique, développement de nouveaux produits les intégrant pour les industriels...)</li> <li>▪ Une opportunité de revalorisation et de professionnalisation des métiers du secteur via notamment l'intégration croissante de technologies dans les processus</li> <li>▪ Un cadre réglementaire qui soutien le recours à l'éco-conception en particulier pour les filières REP via une éco-contribution modulée suivant les performances des produits.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Des verrous technologiques qui restent à lever pour assurer la compétitivité de la filière sur le long terme (amélioration du tri, de la valorisation, de l'intégration des matières premières de recyclage, développement de l'outil de production aval les intégrant...)</li> <li>▪ Une filière qui alimente un marché mondial de matières premières et soumis à la volatilité de son cours et à ses logiques (concurrence internationale, tension offre/demande...) pouvant s'établir au détriment des acteurs industriels français</li> <li>▪ Une tension sur les marchés de matières premières qui pourrait entraîner un phénomène de rétention des déchets par les ménagers/industriels et une demande de réallocation plus forte des financements par les collectivités engendrant une déstabilisation progressive des filières REP</li> <li>▪ Une tension sur le marché des matières premières qui pourrait à terme générer deux scénarios : une migration des volumes de matières premières de recyclage vers la Chine, l'Inde, l'Afrique et les Pays en Développement (créant de potentiels déficits sur le marché national) ou une migration des déchets vers les pays à bas cout pour leur recyclage et valorisation (risque potentiel pour la filière française)</li> <li>▪ Un bilan global de l'importation/exportation qui pourrait mettre en exergue un bilan économique mitigé pour la filière française (soutien d'acteurs étrangers, fuite de matière première ...)</li> <li>▪ Une intensification des trafics illégaux de déchets dans un contexte d'augmentation du prix des matières premières pouvant engendrer des impacts environnementaux et économiques</li> </ul>

**Bibliographie de référence**

- ADEME, 2012, « Marchés et emplois des activités liées aux déchets »
- ADEME, 2012, « Déchets - Chiffres clés 2012 »,
- ADEME, 2011, « Collecte, tri, recyclage et valorisation des déchets: feuille de route stratégique »
- ADEME, 2011, « La gestion intégrée des sols, des eaux souterraines et des sédiments pollués : Feuille de route stratégique »
- ADEME/EY, 2011, « Table ronde sur les perspectives de développement de la valorisation des déchets plastiques »
- Bank of China, 2011, « China Utilities : A cleaner 12th 5-year Plan »
- Commission Européenne, 2011, « Implementing EU Waste Legislation for Green Growth »
- Commission Européenne, 2012, Screening of waste management performance of EU Member States, BIPRO, juillet 2012
- Commission Européenne, 2011, « Rapport de la Commission au Parlement Européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions concernant la stratégie thématique pour la prévention et le recyclage des déchets »
- Commission Européenne, 2008, « Directive 2008/98/CE relative aux déchets », Journal Officiel
- COSEI, 2011, « Développer la filière française de la valorisation industrielle des déchets »
- CGDD, 2012, « Eco-activités et emploi environnemental en 2010 »
- CGDD, 2012, « La dépense de réhabilitation des sites et sols pollués en France »
- Davil Hall, 2010, « Waste management companies in Europe 2009 »
- Engineering and Technology Magazine, 2012,
- Ernst Young, 2012, « Evaluation of expenditure and jobs for addressing soil contamination in Member States »
- Federal Ministry for the Environment, 2010
- FEDEREC, 2012, « L'Economie du recyclage-Bilan de la production de matières premières recyclées 2011 »
- FEDEREC, 2011, « Rapport annuel 2011 »
- FEDEREC, 2009, « France-Chine : le rapprochement des professionnels du recyclage »
- MEDDTL, 2011, « Politique des déchets 2009-2012, premier bilan à mi-2011 »
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement et Ministère de l'Industrie, de l'Énergie et de l'Économie numérique, 2012, « Ambition Ecotech, une feuille de route partagée pour le développement et la compétitivité des filières industrielles vertes »
- Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, 2011, « Technologies clés 2015 »
- Ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi, 2008, « Développer les éco-industries en France »
- Ministry of Environmental Protection in China, 2010, «Waste Management Policies and Practices in China »
- OECD, 2012, «China in Focus: Lessons and Challenges »
- Plastic waste management Institute, 2012,
- Tekes, 2011, «The 12th Five-Year Plan: China's Economic Transition »

**Commissariat général au développement durable**

**Délégation au développement durable**

**244, Bld Saint-Germain**

**75007 Paris**

**Tél : 01.40.81.21.22**

Retrouver cette publication sur le site :

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/developpement-durable/>



Dépôt légal : Mars 2013  
ISSN : 2102-474X