

## **ELEMENTS DE PROTOCOLES POUR LES TECHNOLOGIES DE L'ENERGIE, DANS LE CADRE D'UNE VERIFICATION ETV**

Convention ADEME n°11-81-C0026  
Rapport final

Mars 2012

Etude réalisée pour le compte de l'ADEME – Pierre KERDONCUFF – Service Entreprises et Eco-technologies

Responsable du projet : INERIS - Dominique CHARPENTIER

Participants à l'étude : INERIS - Christian MICHOT, Alain PRATS, Guy MARLAIR, Benoît SCHNURIGER





Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par la caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

L'ADEME en bref :

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) est un établissement public sous la triple tutelle du ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, du ministère de l'Industrie, de l'Energie et de l'Economie numérique et du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Elle participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable.

Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

<http://www.ademe.fr>

# SOMMAIRE

1.	Introduction .....	7
1.1.	Contexte .....	7
1.2.	Objet de l'étude.....	7
2.	Glossaire.....	9
3.	Description des filières sur les technologies de l'énergie.....	11
3.1.	Biomasse (valorisation énergétique) et biocarburants .....	11
3.2.	Biomasse ligneuse.....	13
3.3.	Biocarburants.....	14
3.4.	Méthanisation/ Biogaz .....	15
3.5.	Eolien terrestre et off-shore .....	16
3.6.	Géothermie .....	17
3.7.	Energie solaire.....	18
3.8.	Stockage d'énergie / Batteries pour véhicules électriques et applications stationnaires ....	19
3.9.	Filières énergétiques liées à l'hydrogène .....	22
3.10.	Energie hydrolienne .....	24
3.11.	Hydrates de gaz.....	25
4.	Liens avec les meilleures techniques disponibles .....	27
5.	Initiatives internationales dans le domaine des énergies renouvelables .....	30
5.1.	CANADA : Programme éco ENERGIE .....	30
5.2.	Initiatives en Europe .....	30
6.	Critères d'évaluation dans le cadre d'une vérification ETV .....	33
6.1.	Critères d'éligibilité – Etape 1 .....	33
6.2.	Critères de recevabilité – Etape 2 .....	34
6.2.1.	Questions clés pour qualifier une technologie dans le domaine de l'énergie .....	36
6.2.2.	Identification de critères spécifiques par type d'énergie et de technologie .....	38
6.3.	Principaux référentiels réglementaires et volontaires connexes à l'ETV .....	38
6.3.1.	Description des principaux référentiels.....	39
7.	Etude de cas pour les biocarburants .....	39
7.1.	Aspects généraux .....	39
7.2.	Critères spécifiques de durabilité des filières de biocarburants .....	44
7.3.	Critères liant innovation et écoefficience méritant d'être examinés dans le domaine des biocarburants.....	45
7.4.	Application des critères de recevabilité aux procédés intervenant dans la production de biocarburants.....	47
7.5.	Perspectives offertes par l'outil BIOSAFUEL® et ses limites actuelles .....	49
8.	Conclusions .....	53

## Résumé

Le GVP (General Protocol Verification), publié le 15 décembre 2011, est destiné à promouvoir les éco-technologies. Ce protocole définit un schéma volontaire de vérification, l'organisation qui sera mis en œuvre et des directives pour vérifier des éco-technologies selon l'ETV (Environmental Technology Verification). Parmi les 7 domaines technologiques identifiés, les technologies de l'énergie sont classées prioritaires et devrait faire l'objet d'un appel à projet européen en 2012.

Ce rapport a pour objet de fournir des éléments techniques nécessaires à la vérification des éco-innovations dans le domaine des technologies de l'énergie.

La démarche de vérification proposée comprend 2 phases :

- Définir les critères d'éligibilité,
- Définir les critères techniques de recevabilité, sur la base de « questions clés » auxquelles le demandeur doit répondre.

Une étude de cas est menée sur les technologies des biocarburants afin de tester la faisabilité de la démarche.

Plusieurs entretiens avec des entreprises dans les domaines de l'éolien, des biocarburants, la valorisation énergétique des déchets, ont permis d'examiner si les innovations de ces entreprises étaient recevables dans le cadre du protocole ETV.

Le rapport présente par ailleurs les différentes technologies concernées en focalisant sur le caractère éco-innovant et sur les programmes de recherches européens dans ces domaines.

## **Abstract :**

The GVP (General Verification Protocol), published on 12.15.2012, is intended to promote eco-technologies. This protocol defines a voluntary scheme, the organization that will be implemented and guidelines to ensure eco-technology according to ETV (Environmental Technology Verification). Among the seven technology areas identified, the energy technologies are classified as a priority and a call for an European programme will be published in 2012.

This report aims to specify technical elements necessary for the verification of eco-innovations in the field of energy technologies.

The process of verification includes two phases:

- Define criteria for eligibility,
- Define the technical criteria of admissibility, on the basis of "key issues" for which the applicant must give answers.

A case study is conducted on biofuel technologies to test the feasibility of the approach.

Several interviews with companies in wind power - biofuels - reuse of energy from waste allowed to examine if these innovations were admissible under the ETV protocol.

The report also presents the various technologies involved in focusing on eco-innovative character and the European research programs in these areas.

# 1. Introduction

## 1.1. *Contexte*

Le Comité Stratégique de Filières Eco-Industries (COSEI) a mandaté début 2009 un groupe de travail « vérification des éco-technologies » pour proposer des processus et des mesures afin d'abaisser les barrières auxquelles sont confrontés les acteurs économiques pour développer des procédés éco-efficients.

La Commission Européenne met progressivement en place un dispositif de vérification des performances annoncées pour une éco-technologie innovante (Environmental Technology Verification) afin de promouvoir de manière crédible ces technologies sur le marché européen ou autre, et réduire le risque pour l'acheteur (privé ou public).

Ces technologies peuvent jouer un rôle significatif en apportant des solutions aux importants challenges environnementaux auxquels l'Europe doit faire face : réduction des ressources naturelles, de la biodiversité, augmentation de la pénurie en eau, de la pollution de l'air et le changement climatique.

Le programme européen ETV est piloté par la DG Environnement dans le cadre du plan ETAP (Environmental Technology Action Plan).

Le "Steering Committee" mis en place en 2010 par la Commission Européenne a identifié, parmi les 7 champs technologiques concernés, 3 champs prioritaires dont celui des technologies de l'énergie. Il a proposé par ailleurs, dans le cadre d'un pré-programme, un protocole général de vérification (General Verification Protocol, GVP), dont l'annexe 6 (Evaluation of performance claim during ETV procedure) donne la trame.

## 1.2. *Objet de l'étude*

L'étude a pour objet d'établir des éléments de protocoles dans le domaine des technologies de l'énergie, de manière à apporter des éléments plus concrets que le GVP pour la déclinaison de la procédure ETV à des familles technologiques.

Le champ des technologies de l'énergie est très vaste, c'est pourquoi 3 familles ont été définies :

- valorisation énergétique des déchets et de la biomasse
- carburants de synthèse issus de la biomasse
- énergies alternatives : solaire (thermodynamique et photovoltaïque), éolien (terrestre et maritime), énergie hydrolienne, géothermie, stockage d'énergie électrochimique (batteries mobiles et stationnaires), piles à combustible et technologies de l'hydrogène.

Cette dernière "famille" étant en pratique la réunion de sous-familles à identifier plus précisément, telles que :

- énergie solaire,
- énergie éolienne,
- géothermie,
- énergie hydrolienne,
- stockage d'énergie électrochimique,
- filières H<sub>2</sub> de l'énergie.

L'étude a été structurée en plusieurs phases :

- Définitions et contours/performances des technologies.
- Définition des critères applicables, par famille et le cas échéant par sous-famille.
- Calage vis-à-vis d'autres référentiels pertinents.
- Etude de cas, application aux biocarburants.

## 2. Glossaire

**Définitions, selon la directive 2009/28/CE (voir aussi loi n°2005-780 pour la biomasse)**

**Energie produite à partir de sources renouvelables** : une énergie produite à partir de sources non fossiles renouvelables, à savoir : énergie éolienne, solaire, aérothermique, géothermique, hydrothermique, marine et hydroélectrique, biomasse, gaz de décharge, gaz des stations d'épuration d'eaux usées et biogaz;

**Energie aérothermique** : une énergie emmagasinée sous forme de chaleur dans l'air ambiant;

**Energie géothermique** : une énergie emmagasinée sous forme de chaleur sous la surface de la terre solide;

**Energie hydrothermique** : une énergie emmagasinée sous forme de chaleur dans les eaux de surface;

**Biomasse** : la fraction biodégradable des produits, des déchets et des résidus d'origine biologique provenant de l'agriculture (y compris les substances végétales et animales), de la sylviculture et des industries connexes, y compris la pêche et l'aquaculture, ainsi que la fraction biodégradable des **déchets industriels et municipaux**;

**Consommation finale brute d'énergie** : les produits énergétiques fournis à des fins énergétiques à l'industrie, aux transports, aux ménages, aux services, y compris aux services publics, à l'agriculture, à la sylviculture et à la pêche, y compris l'électricité et la chaleur consommées par la branche énergie pour la production d'électricité et de chaleur et les pertes sur les réseaux pour la production et le transport d'électricité et de chaleur;

**Bioliqvide** : un combustible liquide destiné à des usages énergétiques autres que pour le transport, y compris la production d'électricité, le chauffage et le refroidissement, et produit à partir de la biomasse;

**Biocarburant** : un combustible liquide ou gazeux utilisé pour le transport et produit à partir de la biomasse;

## **Termes et acronymes divers**

ETV : Environmental Technology Verification

GVP : Global Verification Protocol

OACI : Organisation Internationale de l'Aviation Civile

FDR : Feuille de route

DOE : US Department of Energy

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques

pôle IAR : Pôle Industries Agro-ressources (Picardie et Champagne-Ardenne)

BTL : Biomass To Liquids (pour la production de biocarburants)

IEA : International Energy Agency

CGEDD : Conseil général de l'environnement et du développement durable

EREC : European Renewable Energy Council

EPIA : European Photovoltaic Industry Association

MTD : Meilleure Technique Disponible

BREF : Best REFerences (ce sont les supports qui décrivent les MTD)

GES : Gaz à effet de serre

VE : Véhicule électrique

EnR : Energie renouvelable

GNV : Gaz naturel pour véhicules

PAC : Pile à combustible

NTE : Nouvelles technologies de l'énergie

### **3. Description des filières sur les technologies de l'énergie**

#### ***3.1. Biomasse (valorisation énergétique) et biocarburants***

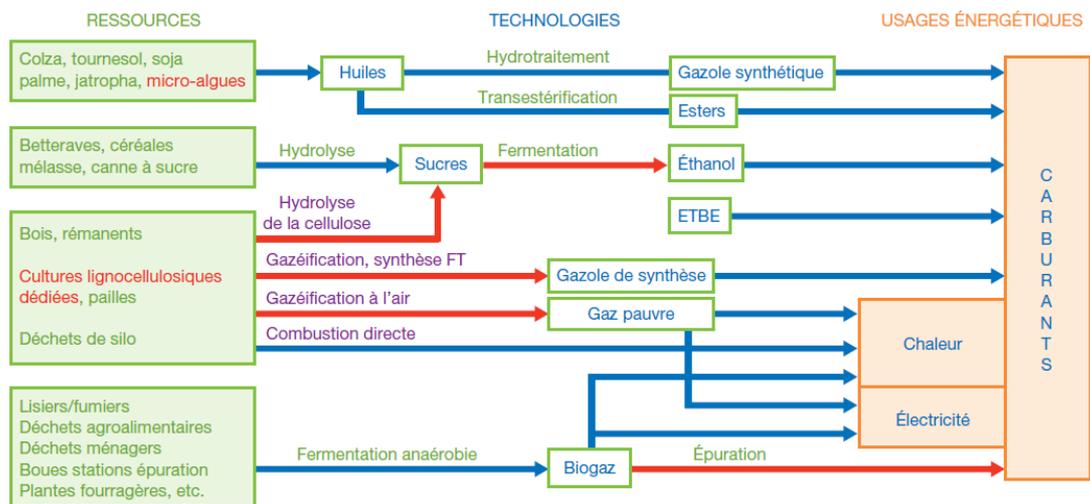
##### **Sources :**

- IFP-EN (notes techniques+ ouvrage 2011 de Ballerini sur les biocarburants –Ed Technip)
- Etude « Filières vertes » : Les filières industrielles stratégiques de la croissance verte- CGDD, 2009
- IEA Technology Roadmap Biofuels for transport, 2011
- "Future Transport Fuels", rapport d'un panel d'experts européens, janvier 2011
- U.S. DOE 2010. National Algal Biofuels Technology Roadmap. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Biomass Program.
- Algues, filières du futur Livre turquoise, Adebitech, Juillet 2011
- Livrables du projet Star-Colibri (strategic target for 2020 – collaboration initiative on biorefineries), novembre 2011), <http://www.star-colibri.eu/publications/star-colibri-publications/>

Les biocarburants aujourd'hui commercialisés, dits de 1<sup>re</sup> génération, sont issus de ressources agricoles conventionnelles (betterave/céréales/canne à sucre pour l'éthanol, colza/tournesol/soja/palme pour le biodiesel). Promus au départ au Brésil (dès les années 1975) et aux USA (éthanol) et en Europe (Biodiesel), ils devraient voir leurs limites de développement atteintes dans les années à venir. L'utilisation directe d'huiles végétales un temps expérimentée, notamment en Autriche, semble en revanche vouée à l'abandon au regard des évolutions technologiques des nouvelles motorisations diesel pour lesquels les handicaps recensés (faible fluidité des carburants, encrassement et usure prématuré du moteur...) deviennent rédhibitoires. De nouvelles filières sont donc en cours de recherche et développement pour répondre à la demande croissante en substituts aux carburants fossiles.

On distingue parmi elles :

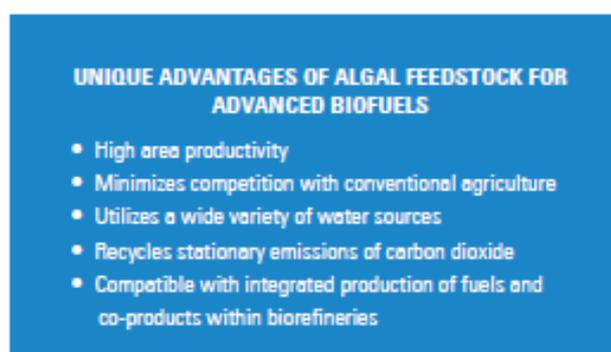
- les biocarburants de 2<sup>e</sup> génération, issus de la biomasse lignocellulosique (bois, pailles, résidus agricoles et forestiers, cultures lignocellulosiques dédiées), utilisant des technologies en rupture,
- les biocarburants dont les procédés de production sont déjà matures (ester méthylique d'huiles végétales, hydrogénation d'huiles végétales), mais utilisant de nouvelles ressources huileuses sans compétition directe avec l'alimentaire, comme l'huile de jatropha, de cameline (espèces végétales peu exploitées à ce jour), mais aussi les huiles issues de microalgues d'eau douce ou marines, ou de plantes halophytes, ressource dite de 3<sup>e</sup> génération.



Différentes voies de valorisation (source IFPEN)

La destination d'usage finale (transports terrestres versus transport aérien) est également un facteur d'orientation stratégique, pour les biocarburants au sens large du terme, vus comme carburants alternatifs aux carburants d'origine fossile. Dans le cadre d'une diversification des carburants à usage terrestre, un certain développement de l'isobutanol existe, de même que des études se poursuivent pour des mélanges « E-diesel » destiné à valoriser une partie de l'éthanol pour alimenter la flotte de moteurs diesel. Le développement de carburants alternatifs au kérosène pour le transport aérien civil et militaire fait actuellement l'objet de nombreux travaux associés à des programmes de soutien financiers de part et d'autre de l'océan atlantique (programme ALFABIRD, SWAFEA, initiative CAAFI). L'objectif de l'utilisation de carburants alternatifs dans ce secteur (carburants synthétiques ex biomasse de type BTL, carburants issus d'huiles hydrotraitées) est une réduction des GES de 50% à l'horizon 2050 dans le transport aérien (par rapport aux niveau de 2005, selon l'OACI).

Dans ce domaine en particulier, un certain potentiel de valorisation énergétique (souvent controversé toutefois) est annoncé pour certaines familles de microalgues : de nombreux avantages sont mis en avant tels que ceux affichés dans la FDR établie par le DOE américain en 2010 (cf. figure suivante)



Avantages revendiqués pour la valorisation de microalgues en biocarburants

Mais de nombreuses barrières technologiques sont à surmonter pour industrialiser cette voie de production et certains acteurs (dont ceux du pôle IAR en particulier) ne prédisent pas de véritable avenir pour cette voie.

Enfin, il est important de signaler que le prétraitement de la biomasse et les aspects logistiques sont des facteurs impactant considérablement les filières de valorisation énergétiques comme combustibles ou comme carburants.

### ***3.2. Biomasse ligneuse***

On regroupe sous le terme biomasse ligneuse, le bois et les matières végétales comme la paille, qui produisent de l'énergie lors de la combustion. Cette énergie est destinée à produire de la chaleur pour les particuliers, les collectivités et les industries. L'acceptabilité du bois énergie est plutôt bonne, néanmoins la gestion doit être durable et compatible avec la préservation de la biodiversité et les risques sanitaires maîtrisés.

En brûlant des bûches de bois dans une cheminée, des granulés ou des plaquettes forestières dans une chaudière, on produit de la chaleur qui peut être consommée directement, ou alors injectée dans un réseau de chaleur qui alimente plusieurs consommateurs. Les pailles et autres sous-produits de cultures sont également une ressource pour la production de chaleur. La biomasse peut également générer de l'électricité via une turbine en rotation, mais compte tenu du faible rendement de ces installations, c'est la production de chaleur à partir de biomasse qui est recherchée et privilégiée. Le bois énergie est issu pour partie des produits non valorisés de l'arbre (branches, houppiers...) et de bois qui n'ont pas beaucoup de valeur marchande. Cette origine de recyclage de produits non valorisés explique aussi le faible coût de cette énergie. Le bois n'est pas une énergie fossile, les stocks de bois se renouvellent progressivement années après années. Par ailleurs, il a un rôle de puits de carbone (photosynthèse et captation du CO<sub>2</sub> par la matière ligneuse, stockage du carbone dans le sol) et donc agit contre l'effet de serre.

Toutefois il faut être vigilant sur :

- le risque de surexploitation des massifs, avec une perte de biodiversité, des problèmes possibles de ravinement, de paysages dénaturés...,
- le risque sur la qualité de l'air, lié aux émissions de particules fines de combustion,
- le devenir des cendres ainsi générées
- les conflits d'usage possible au regard de la ressource.

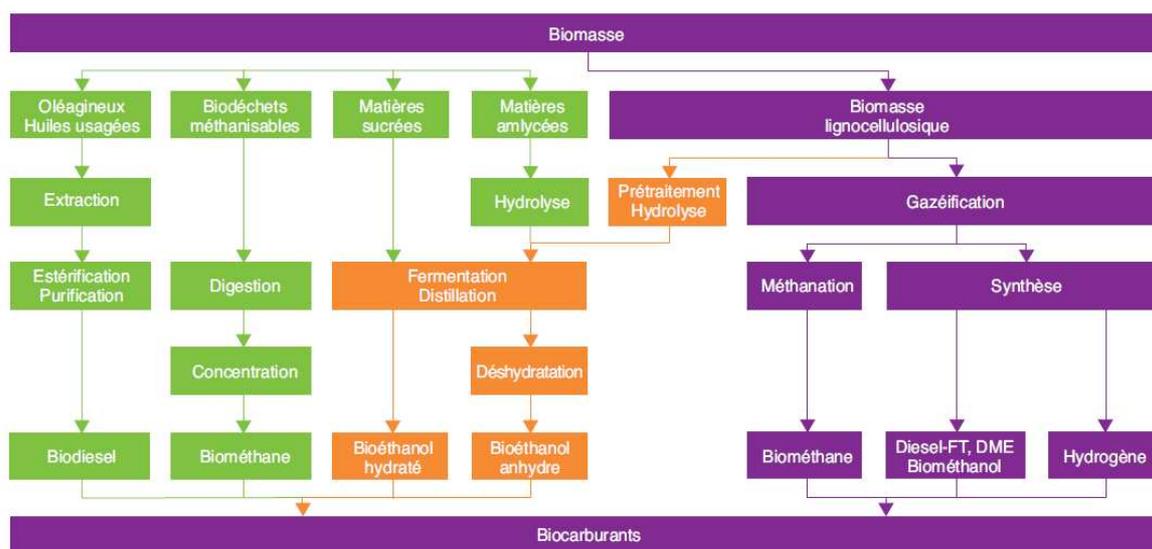
Par ailleurs, lorsque l'approvisionnement est bien construit, il représente moins de 5% du gain de CO<sub>2</sub> lié à la substitution d'énergie fossiles (100 km de camion / 500 km de train / 1500 à 2000 km maritime).

Les technologies utilisant la cogénération de taille moyenne (de 400 kW à 4 MW) sont aujourd'hui disponibles dans le commerce sous la forme de systèmes ORC ("Organic Rankine Cycle") ou de systèmes de turbines à vapeur. Les premières unités disponibles dans le commerce pour la micro-cogénération (1-10 kW) viennent d'être lancées sur le marché. Une percée pour la gazéification de la biomasse (entre 100 à 500 kW) pourrait se produire d'ici à quelques années.

### 3.3. Biocarburants

Les biocarburants de deuxième génération n'utiliseront pas de denrées alimentaires comme les céréales ou les betteraves pour leur fabrication, contrairement aux biocarburants de la première génération. Ils seront fabriqués à partir des végétaux et des résidus de ces végétaux, afin de fournir une solution plus écologique, plus équitable et plus durable.

Les biocarburants de deuxième génération utilisent des procédés comme la pyrolyse (destruction d'une matière organique par la chaleur) et la gazéification de la biomasse (qui permet la transformation des matières organiques en gaz combustible).



Source Plate-forme biocarburants Suisse, [www.plateforme-biocarburants.ch](http://www.plateforme-biocarburants.ch)

L'article 17 de la Directive 2009/28/CE du Parlement et du Conseil européens, énonce les critères de durabilité appliqués aux biocarburants et bioliquides, avec notamment l'établissement de seuils minimum de réduction des émissions de GES vis-à-vis des filières fossiles, ainsi qu'une liste de types de sols sur lesquels la biomasse ne peut être produite (terres à grande valeur en termes de diversité biologique, à stock de carbone important, tourbière, etc.). Ces critères doivent encore être précisés, notamment concernant les moyens de tracer l'origine des ressources locales et celles des produits importés.

L'OCDE s'attend à une progression de 20 % à 50 % des GES au cours de la prochaine décennie. Le bilan n'est pas bon non plus en termes environnementaux car la tentation sera grande "de remplacer les écosystèmes comme les forêts, les zones humides et les pâturages par des cultures destinées aux biocarburants". A ceux qui font valoir que les réductions de gaz à effet de serre peuvent être de 40 % par l'emploi de biocarburants à la place de l'essence classique, il est répondu que l'éthanol et le biodiesel peuvent se révéler plus dommageables, si l'on prend en compte l'acidification des sols qui en résultera, l'usage des engrais et des pesticides et les atteintes à la biodiversité. Le rapport de l'OCDE conclut que "la capacité des biocarburants à couvrir une part importante des besoins énergétiques des transports sans nuire aux prix alimentaires ou à l'environnement est très limitée". D'autres organisations sont plus optimistes. Ainsi, la part de marché des biocarburants (scénario « bleu », avec forte contribution des

procédés avancés) pourraient croître de 2% de la consommation actuelle dans les transports (tous modes confondus) à quelque 27% à l'horizon 2050 selon l'IEA.

Enfin, l'intégration de la production de biocarburants au sein de bioraffineries modernes, à performances optimisées en termes de rendements énergétique et matière et valorisant les résidus de biomasse ou basées sur le concept de valorisation de la plante entière (graines, partie lignocellulosique) est également une tendance générale favorisant un métabolisme industriel intégrant les principes de la chimie verte et les objectifs de durabilité des filières (objectif des partenaires du projet PIVERT au sein du pôle IAR).

### **3.4. Méthanisation/ Biogaz**

La méthanisation est un procédé qui consiste à transformer des déchets biodégradables en biogaz (principalement constitué de méthane) dans des enceintes fermées ou « digesteurs ». A l'intérieur de ces enceintes, les réactions de fermentation sont optimisées et contrôlées. La production de chaleur localisée, l'utilisation comme carburant dans des moteurs à combustion interne (flottes captives) ou l'injection directe après épuration dans les réseaux de gaz naturel sont les différentes valorisations possibles.

#### **Avantages et inconvénients de ces différentes technologies**

- La faible densité énergétique de la biomasse et sa dispersion qui pénalisent les coûts de collecte, de logistique et de transformation
- Les émissions nocives du chauffage au bois constituent un problème particulièrement fort, mais les émissions des appareils de nouvelle génération de systèmes de chauffage dans le résidentiel sont nettement réduites
- La réglementation basse consommation des bâtiments est favorable au recours à la biomasse énergie
- L'utilisation du bois et de ses dérivés pour la production de chaleur possède un taux de rendement (85 à 90%) extrêmement plus élevé que la production d'électricité seule (15 à 30%).
- Il faut privilégier le rendement énergétique de la cogénération en développant sur les sites de recyclage, les stations d'épuration et les déchetteries en ayant recours à la méthanisation. De même la méthanisation "à la ferme" doit être développée.

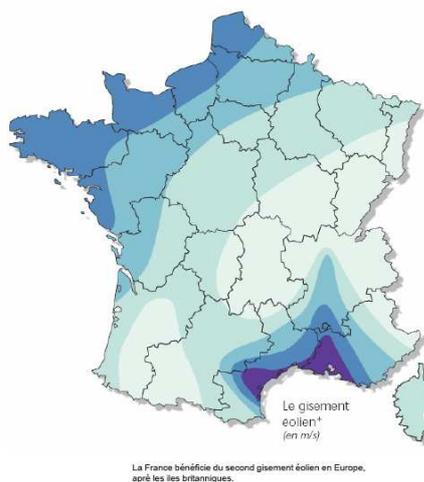
De manière générale, la qualité du biométhane et le coût de rachat de cette énergie réinjectée dans les circuits de distribution sont des facteurs déterminants pour son développement.

### 3.5. *Eolien terrestre et off-shore*

#### Sources :

- *Schéma Régional Energie Climat Picardie 2012*

L'éolien terrestre profite d'un environnement géographique favorable. La France a le 2<sup>ème</sup> gisement naturel en Europe, notamment du fait de ses façades maritimes importantes pour l'off-shore, avec également des projets significatifs dans les départements d'Outre-mer. Toutefois il est important de tenir compte de la variabilité du gisement sur le territoire.



*Gisement éolien en France*

A l'échéance 2020, notre pays se donne pour objectif de disposer d'une capacité de production de 19 000 MW pour l'éolien terrestre.

Les évolutions technologiques dans le secteur éolien sont assez marquées :

- des installations de machines à 6 MW de puissance émergent,
- d'autres éoliennes de 10 MW sont à l'étude.

La puissance d'une éolienne a été multipliée par 10 entre 1997 et 2007. Une seule éolienne de 2 MW fournit la consommation électrique annuelle de 2 000 personnes, le chauffage compris.

Le CGEDD a émis les recommandations suivantes dans un rapport de mai 2011 afin de favoriser la filière :

- Les contraintes radioélectriques et aéronautiques - donner systématiquement aux collectivités locales et aux porteurs de projet toutes les informations sur les contraintes radars susceptibles d'être appliquées,
- Les raccordements aux réseaux électriques - mettre en place (avec ERDF) un système d'observation et de gestion des possibilités de raccordements électriques qui permette aux promoteurs éoliens d'apprécier les perspectives ou les difficultés de raccordement,
- améliorer et diffuser les connaissances scientifiques et socioculturelles sur la réalité des gênes et des risques occasionnés par les éoliennes, en s'appuyant sur des études réellement indépendantes,

- Lancer un « palmarès » des parcs éoliens exemplaires au plan du développement durable avec une place particulière pour les collectivités locales promoteurs de parcs éoliens.  
Le palmarès pourrait s'inscrire dans la démarche de labellisation des éco-innovations.

Par ailleurs, l'ADEME a lancé 2 études sur la définition d'un outil de simulations (SIPRE) par l'ONERA pour la modélisation des perturbations générées par les éoliennes pour un radar météo et une étude sur la définition de matériaux des pales moins réfléchissants (ONERA-ASTRIUM).

### **3.6. Géothermie**

Source :

- *Feuille de route des énergies renouvelables – EREC*

Dans certaines régions d'Europe, les centrales électriques géothermiques contribuent déjà à fournir une énergie renouvelable non polluante en utilisant des technologies exploitant la vapeur et les réservoirs d'eau chaude. Cela se fait principalement en Italie, dans les Açores et dans d'autres îles d'origine volcanique en Europe et notamment en Islande. Dans le Sud-Est de l'Europe, la Grèce, la Turquie et la région du Caucase, présentent d'énormes réservoirs encore inexploités qui peuvent contribuer à fournir de l'électricité renouvelable.

Dans le secteur de l'électricité géothermique, les principaux développements peuvent être attendus en ce qui concerne:

- Le développement de technologies de forage innovantes,
- L'évaluation des ressources,
- L'utilisation de ressources à plus basse température, exploitation de zones supercritiques, etc.
- Le rendement global amélioré dans la production combinée d'électricité et de chaleur à partir de géothermie.

Le développement futur du secteur du chauffage et du refroidissement géothermique passe par l'atteinte des résultats suivants :

- Amélioration de l'évaluation des ressources,
- Exploration et installation des systèmes,
- Augmentation du rendement des systèmes de sondes sèches,
- Amélioration des composants et des matériaux (compresseurs, réfrigérants, tuyaux, etc.).
- Construction de nouveaux réseaux de chauffage urbain et optimisation des réseaux et installations existants
- Démonstration de nouvelles applications telles que le dégivrage et le déneigement sur les routes, les pistes d'aéroport, etc., le dessalement d'eau de mer et le refroidissement géothermique par absorption.

### **3.7. Energie solaire**

Source :

- *Feuille de route des énergies renouvelables – EREC*

#### **Solaire thermique**

Ce qui a commencé dans les années 70 sous la forme de petites entreprises isolées est devenu aujourd'hui une industrie internationale. La grande majorité des systèmes vendus en Europe sont fabriqués dans l'UE ou dans les pays méditerranéens voisins. Les importations d'Asie sont limitées principalement aux composants tels que les tubes de verre sous vide. Pour les constructeurs européens, les exportations hors de l'UE deviennent un marché en croissance. Le principal argument de vente réside dans leurs qualité et fiabilité élevées.

La demande énergétique des bâtiments représente environ 40 % de la demande énergétique totale en Europe, dont la majeure partie provient de la demande de chaleur à basse température pour l'eau chaude domestique et le chauffage des locaux. Actuellement, les chauffe-eau solaires domestiques sont des technologies à maturité et les systèmes combinés qui, de plus, couvrent partiellement la demande en chauffage des locaux sont devenus fréquents dans les pays d'Europe Centrale et d'Europe du Nord

#### **Solaire photovoltaïque**

La production de cellules photovoltaïques s'améliore sans cesse grâce aux avancées technologiques et à l'évolution des procédés industriels. Les coûts de production doivent être réduits considérablement pour pénétrer sur les principaux marchés de l'électricité. Par conséquent, le principal effort de recherche et de développement technologique et industriel est dirigé sur la réduction du coût de production. EPIA a défini deux objectifs pour les technologies en couche mince jusqu'en 2020:

- Modules en couche mince destinés à des rendements situés entre 10% et 17%
- Développement du photovoltaïque intégré au bâtiment

Les futurs développements des matériaux comprennent une nouvelle optimisation des concepts des cellules classiques à base de silicium mais également le développement et la commercialisation de nouveaux concepts tels que les cellules solaires polymères et d'autres types de cellules solaires organiques (cellules solaires sensibles à la teinture).

Les cellules solaires en couche mince basées sur de l'arséniure de gallium montrent les rendements de conversion les plus élevés mesurés à ce jour. Bien qu'elles présentent un coût plus élevé que les cellules à base de Si. Les rendements des cellules solaires de 40,7 % sous lumière concentrée ont été démontrés en laboratoire et les systèmes de concentration ont montré des rendements de plus de 25 %. Les systèmes de concentration utilisant des cellules solaires à rendement optimal deviennent une opportunité intéressante pour les installations dans les pays méridionaux qui présentent des taux élevés de rayonnement direct.

L'amélioration de la durée de vie des modules solaires est une autre étape pour continuer à réduire les prix de l'électricité solaire. EPIA a pour but d'étendre leur durée de vie de 25 ans à 35 ans, par exemple par un matériau d'encapsulation à durée de vie plus longue ou de nouvelles architectures des modules.

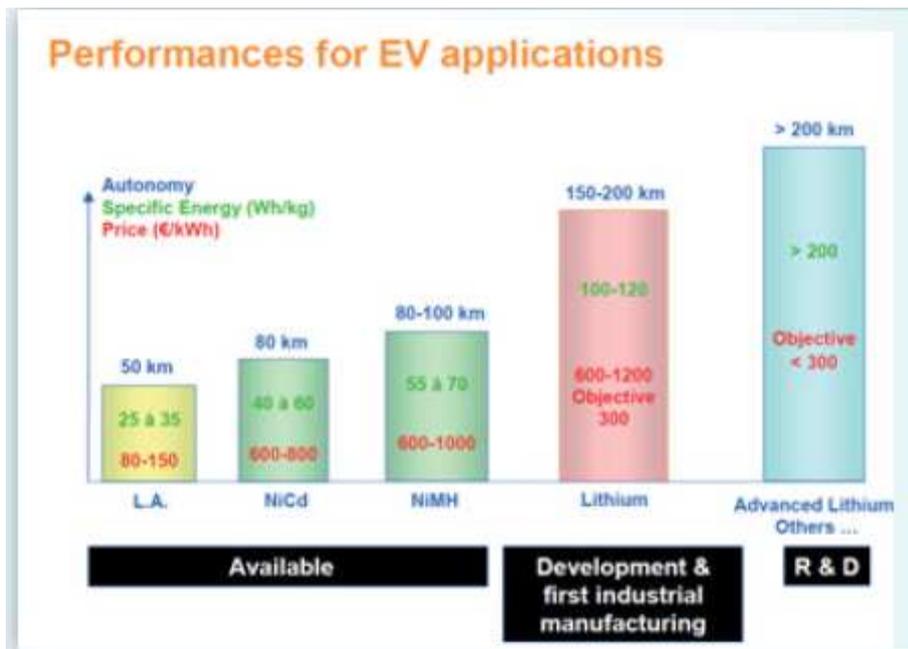
La constance dans la qualité des panneaux solaires, de même que leur mode d'implantation et la maîtrise des risques associés ou encore les aspects liés à la fin de vie peuvent constituer des freins au développement de la part du solaire photovoltaïque.

### ***3.8. Stockage d'énergie / Batteries pour véhicules électriques et applications stationnaires***

Sources :

- *Linden's handbook of Batteries, Mc Grow Hill (4th edition), 2011,*
- *R. A. Higgins, "Energy Storage", Spinger, 2010 (ch. 21)*
- *Rapport ateliers Challenge Bibendum Berlin 2011*
- *Feuille de route stratégique ADEME « les systèmes de stockage de l'énergie », 2011*

Pour mémoire, l'électricité comme les biocarburants ont constitué les seules sources d'énergie motrice au début de l'ère automobile, avant l'avènement de l'ère du pétrole bon marché. Un certain renouveau de l'électromobilité est apparu après le premier choc pétrolier de 1974, avec un impact jusqu'ici très limité en termes de part de marché, en raison principalement de diverses contraintes techniques liées aux batteries de stockage de l'énergie électrique embarquée (autonomie très limitée, poids des batteries au plomb, coûts élevés, performances médiocres, effet mémoire des batteries et problématique toxicité du Ni-Cd...). La technologie du Nickel métal hydrure (NiMH) a permis le décollage des véhicules hybrides depuis quelques années (Un véritable succès commercial pour la Toyota Prius par exemple). Le densité énergétique encore trop limitée de cette technologie la confine à ce marché de niche qu'elle pourrait ne pas conserver très longtemps au regard des nouvelles technologies basées sur les matériaux lithiés. Le renouveau du marché actuel (ou plutôt en devenir) est en effet lié à l'émergence d'accumulateurs électrochimiques embarqués à base de lithium-ion (et dans des proportions très limitées à ce jour à base de lithium métal). Ces accumulateurs sont devenus matures sur les marchés de grande consommation liés à l'électronique portable (téléphonie, ordinateurs portables, tablettes, matériel électroportatif...) et leurs performances intrinsèques, en termes de puissance et densité d'énergie spécifiques, ouvrent la porte à ce nouveau marché (voir figure suivante) qui devient une réalité aujourd'hui.



*Caractéristiques des principales technologies de batteries pour le marché de l'électromobilité*

Des marchés de niche subsistent pour les technologies Acide plomb (petit utilitaire, voiturette sans permis...), Ni-Cd (ferroviaire...); les technologies au NiMH (Nickel métal Hydrure) restent encore populaires sur le marché de l'hybridation à ce jour. Mais toutes les sources d'information convergent pour prédire aux technologies lithium-ion (et ses nombreuses variantes en termes de matériels d'électrodes, d'électrolyte...) un quasi monopole sur les 10 ans à venir pour le véhicule tout électrique ou à forte hybridation, avant tout nouveau saut technologique potentiel (lithium air ?, lithium métal ?)

Dans le domaine du stationnaire, le stockage d'énergie électrique est incontournable pour la gestion des énergies renouvelables intermittentes (éolien...) et pour le développement des réseaux intelligents (smart grids) notamment. Dans le domaine, trois technologies plus ou moins matures peuvent répondre aux besoins du marché, la technologie NAS (sodium soufre), développée par la société japonaise NGK, les batteries de type ZEBRA (bien qu'actuellement, toutes les applications concernent l'électromobilité), et potentiellement, à terme, les batteries au lithium (a priori pas de matériel disponible à ce jour répondant au marché).

Des besoins en innovations ont été identifiés par le groupe de travail mis en place par l'ADEME pour rédiger sa feuille de route stratégique couvrant le sujet. Ils concernent tant les applications stationnaires que les systèmes embarqués et sont résumées sur la figure suivante :

Stockage de l'électricité		
Systèmes électrochimiques		
	Stationnaire	Embarqué
<b>Priorité 1</b>	Augmentation de la durée de vie Amélioration de la sécurité intrinsèque Recherche de systèmes adaptés au stockage de masse (red-ox flow, métal-air...)	Amélioration des densités en énergie et en puissance Réduction des coûts Caractérisation et modélisation des phénomènes de vieillissement en puissance et en cyclage profond <sup>15</sup>
<b>Priorité 2</b>	Coûts, dont recherche de solutions à base de matériaux largement disponibles	Amélioration de la sécurité intrinsèque

*Priorité d'actions pour améliorer les systèmes de stockage de l'énergie électrique.*

On remarquera qu'une priorité d'action commune est l'amélioration de la sécurité de tels systèmes. Cet aspect n'est sur la place publique pour les systèmes embarqués depuis quelque temps déjà, suite à quelques incidents, inquiétudes de certains acteurs (SP) et est apparue comme pouvant conditionner le succès du développement de l'électromobilité dans de nombreux pays. Un accident récent ayant impliqué le principal (sinon unique) acteur des applications stationnaires de puissance (pouvant atteindre 2 MW unitaires), survenu en septembre 2011 est venu rappeler l'importance de la maîtrise de la sécurité des systèmes de stockage d'énergie électrique quels que soient la technologie impliquée et le type d'application. Malgré une expérience de près de 10 ans et 174 installations de type sodium/soufre en activité sur les 5 continents, la société japonaise NGK est confrontée à une gestion de crise (technique, financière) sans précédent, pour pallier ce qui est déjà interprété comme un défaut flagrant d'« éco-efficiency » de la technologie

Les batteries modernes pour VE sont essentiellement au lithium, mais de nombreux véhicules sont toujours développés avec des batteries au NiCd ou au NiMH. La densité énergétique du lithium est nettement supérieure mais ces batteries sont beaucoup plus coûteuses. EDF développe actuellement un accumulateur lithium-air offrant une densité énergétique de 500 Wh/kg, qui devrait augmenter la distance par cycle et faire baisser leur coût, mais le poids du CO<sub>2</sub> réduit la densité énergétique en cours de charge.

Un aspect notable est que l'électrode positive représente approximativement 20 % du coût global d'une batterie. La recherche et le développement s'attachent à réduire substantiellement ces coûts de production et par là même celui des batteries.

La plupart des batteries ont en moyenne une capacité de 16 à 30 kWh. Leur durée de vie est de 2 000 à 4 000 cycles et de nombreux fabricants les garantissent pour 8 à 10 ans ou 180 à 240 000 km (150 000 miles).

Les niveaux de production actuels sont autour de 100 MWh et devraient passer à 300-1200 MWh d'ici 2012. La capacité de production mondiale devrait atteindre 1 million de batteries par an d'ici 2015. L'économie d'échelle devrait assurer une expansion solide et continue du secteur ainsi que la poursuite du développement.

L'infrastructure de recharge se met en place rapidement en fonction du nombre croissant de VE en circulation. De nombreux consommateurs se serviront de chargeurs de Niveau 1 (branchés sur une prise ordinaire) ou de Niveau 2 (installés chez soi ou sur le réseau public et permettant un chargement plus rapide) pour recharger leur VE. Sur un chargeur de Niveau 1, une batterie à plat sera rechargée en 12 à 24 heures et sur un chargeur de Niveau 2 en deux fois moins de temps, soit 6 à 10 heures.

### **3.9. Filières énergétiques liées à l'hydrogène**

#### **Sources :**

- Feuille de route stratégique ADEME « l'hydrogène énergie et les piles à combustible », 2011 ;
- U.B. Demici et P. Miele : article sur les filières de production d'hydrogène dans *Actualités chimiques*, mai 2010 (5-12) ;
- Feuille de route européenne développée dans le cadre du projet européen HyWays (6 PC) », 2008
- R. A. Huggins, « *Energy Storage* », Springer 2010

Dans le domaine des technologies de l'énergie, on parle de l'hydrogène en temps que vecteur énergétique ou hydrogène énergie, dans la mesure où l'hydrogène ne constitue pas une source d'énergie primaire. Ainsi, l'hydrogène peut être produit à partir de ressources fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel), de biomasse (plantes dédiées à la production d'énergie ou résidus divers de biomasse) ou d'eau, ce qui permet de découpler la demande et les voies de production selon les opportunités.

Les voies de production utilisées ou en devenir sont les voies thermochimiques (vaporéformage, oxydation partielle, thermolyse et gazéification, décomposition thermochimique de l'eau...), électrochimiques (électrolyse, électrolyse à haute température associée à un réacteur nucléaire, la photolyse) et la voie biologique (procédé photobiologique, digestion anaérobie, recours à des microorganismes photosynthétiques). Un des avantages, notamment en cas de valorisation par combustion dans des moteurs à combustion interne ou dans des piles à combustibles, est que l'hydrogène constitue un vecteur énergétique sans carbone, donc sans émissions de CO<sub>2</sub> à ce stade du cycle de vie.

La filière de valorisation énergétique de l'hydrogène, au-delà de la production, passe par des opérations de stockage (avec des problématiques de sécurité associées à un stockage sous forte pression ou sous forme d'hydrures métalliques), et de conversion en électricité, en chaleur ou en force motrice selon l'usage final souhaité.

Sous réserve de relever les challenges technologiques et économiques encore nombreux pour le déploiement de son utilisation dans les transports, l'hydrogène pourrait permettre de réduire la consommation de pétrole dans les transports routiers de 40 % d'ici à 2050. C'est ce que soutient le projet HyWays (6 PC), qui propose une feuille de route en vue de surmonter les obstacles et de renforcer la compétitivité européenne dans ce secteur essentiel, dont une illustration est donnée à la figure suivante :

	2010	2015	2020	2030	2050
<b>Phases</b>		Pre-commercial technology refinement & market preparation	<b>HFP Snapshot 2020</b> materialisation of first impacts • New hydrogen supply capacities partially based on low carbon sources • Improvement in local air quality • More than 5% of new car sales H <sub>2</sub> & FC	<b>HyWays Snapshot 2030</b> <b>Hydrogen &amp; FC are competitive</b> • Creation of new jobs and safeguarding existing jobs (net employment effect of 200,000 – 300,000 labour years) • Shift towards carbon-free hydrogen supply • More than 20% of new car sales H <sub>2</sub> & FC	H <sub>2</sub> & FC dominant technologies high impact • 80% of light duty vehicles & city buses fuelled with CO <sub>2</sub> free hydrogen • reaching more than 80% CO <sub>2</sub> reduction in passenger car transport • In stationary end-use applications, hydrogen is used in remote locations and island grids
<b>Targets</b>	LHPs facilitate initial fleet of a few 1,000 vehicles by 2015 • PPP "Lighthouse Projects" • Increase R&D budgets to 80 M€/year • Financial support for large scale demonstration projects		<b>Vehicles:</b> 2.5 million of fleet <b>Cost</b> H <sub>2</sub> : 4 €/kg (50 €/barrel) FC: 100 €/kW Tank: 10 €/kWh	<b>Vehicles:</b> 25 million of fleet <b>Cost</b> H <sub>2</sub> : 3 €/kg (50 €/barrel) FC: 50 €/kW Tank: 5 €/kWh	
<b>Required Policy Support Actions</b>	<b>Develop H<sub>2</sub> specific support framework</b> • Create / support early markets • Implement performance monitoring framework • Long term security for investing stakeholders • Education and training programmes • Harmonisation of regulations codes and standards	<b>H<sub>2</sub> specific support framework</b> • In place before 2015 at MS level • Deployment supports, e.g. tax incentives of 180 M€/year • Public procurement • Planning and execution of strategic development of hydrogen infrastructure		<b>Gradual switch from hydrogen specific support to generic support of sustainability (2020 →)</b>	<b>Incentives provided through general support schemes for sustainability</b>
	2010	2015	2020	2030	2050

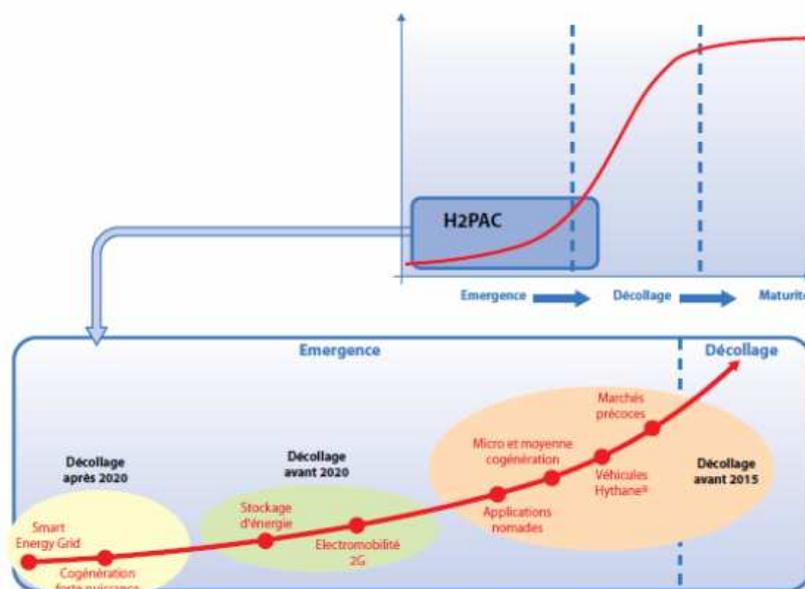
*Résumé de la vision européenne du développement de l'hydrogène dans les transports (projet HyWays, 2008)*

Au-delà des applications indirectes importantes de l'hydrogène dans le domaine industriel (traitement de produits pétroliers ou issus de la biomasse par hydrogénation...), les applications en devenir de l'hydrogène dans le secteur de l'énergie comprennent principalement des applications fixes :

- cogénération dans l'industrie et le secteur bâtementaire (avec des rendements globaux de l'ordre de 85%)
- des fonctions de soutiens aux réseaux : stockage et valorisation d'EnR

et des applications mobiles, soit par combustion directe en mélange avec du GNV (utilisation d'hythane®), soit via le recours à des véhicules à traction électrique (hybridation batterie / PAC).

Le développement plus global dans le temps de ces diverses applications selon la vision développée dans la feuille de route nationale est illustrée à la figure suivante :



### *Emergence et développement des filières H2/PAC*

Il existe également des marchés de niches ou précoces (secours électrique, alimentation de sites isolés, alimentation électriques d'objets nomades).

La réduction drastique des coûts de production, le développement des infrastructures (distribution, stockage) et la gestion de la sécurité sont les principaux challenges à relever pour que les filières de valorisation énergétique de l'hydrogène prennent une place significative dans le panel énergétique européen de demain.

Les pays apparaissant comme les plus actifs pour le développement de l'hydrogène énergie sont en Europe l'Allemagne, et en dehors de l'Europe les USA et le Japon. Le Canada dispose également d'une feuille de route pour son développement.

### **3.10. Energie hydrolienne**

Sources :

- [http://lyc89-larousse.ac-dijon.fr/IMG/pdf/diapo\\_hydro.pdf](http://lyc89-larousse.ac-dijon.fr/IMG/pdf/diapo_hydro.pdf)
- <http://www.energiehydrolienne.com/>
- <http://energie-online.fr/marine/guide/index.htm>

L'énergie marémotrice est sans doute la plus ancienne application d'utilisation d'énergie des courants marins et consiste à utiliser le flux et le reflux des courants de marée dans les estuaires des rivières. Les usines marémotrices incluent un mur de barrage avec des turbines à l'intérieur, celles-ci étant actionnées par l'eau passant d'un côté à l'autre du barrage en fonction des hauteurs d'eau. Le bassin de retenue est rempli à marée haute, l'eau passant par les turbines qui produisent alors de l'électricité. A marée basse, la retenue se vide : l'eau repasse alors par les turbines, mais dans l'autre sens. Cette forme de production comporte le désavantage de devoir bloquer l'estuaire d'une rivière et son potentiel

de développement est donc particulièrement limité pour la France, où le seul exemple en activité est l'usine marémotrice de la Rance.

Installée au large des côtes écossaises, la plus puissante turbine marémotrice au monde, dénommée "AK1000" développe une puissance de 1 MW, à des déplacements d'eau de 2,65 m/s. L'électricité produite peut alimenter plus de 1 000 logements.

L'hydrolien est une sorte de contrepartie sous-marine de l'éolien, basé sur des hélices sous-marines placées dans le lit des courants de marée. Comme pour une éolienne, une hélice entraîne un alternateur, pour une puissance unitaire similaire à l'éolien, de quelques centaines de kW à quelques MW par unité. Il s'agit d'une énergie propre, prévisible et inépuisable.

Les hydroliennes fonctionnant avec les courants de marée, on les retrouve près des côtes. Ceci limite les coûts d'installation et de maintenance, mais peut gêner d'autres activités côtières (pêche, plaisance, trafic maritime...). C'est autour de la Grande-Bretagne que l'on rencontre les courants sous-marins les plus forts. La France constitue le second potentiel européen pour l'hydrolien. Les hydroliennes nécessitent de courants latéraux d'au moins deux mètres / seconde, ce qui est le cas de la plupart des côtes bretonnes et normandes.

L'hydrolien bénéficie d'une forte prévisibilité des courants de marée, au contraire des éoliennes, et leur facteur de charge atteint 50 %, contre 15 à 20 % pour l'éolien. Surtout, la marée étant une onde, il suffit d'implanter des hydroliennes espacées d'un quart de période (environ trois heures de marée) pour obtenir une production garantie en permanence.

L'énergie hydrolienne récupérable au large des côtes n'est pas la seule envisagée. L'énergie cinétique des courants en rivière ou en mer pourrait être utilisée pour produire de l'électricité par de petites turbines verticales empilées sur un même axe pour former une tour allant jusqu'à la surface de l'eau, et tournant autour de leur axe vertical, de manière perpendiculaire à l'écoulement de l'eau.

Selon diverses estimations, le potentiel électrique exploitable de l'hydrolien s'élèverait en France à au moins 12,5 GW, ce qui permettrait une production équivalente à celle de trois centrales électriques récentes. Aujourd'hui, EDF et d'autres acteurs du secteur étudient des sites hydroliens potentiels, leur impact environnemental, et les solutions technologiques les plus performantes. C'est essentiellement sur les côtes françaises et anglo-saxonnes que se concentre ce potentiel.

### ***3.11. Hydrates de gaz***

Sources :

- Ouvrage R.A. Huggins, « *Energy Storage* », Springer (2010) (préface)
- Article de l'Expansion, "le trésor des mers", 2009
- Article de Industrie et Technologies, 1 février 2012

Les océans pourraient aussi résoudre une partie des problèmes énergétiques de la planète. Le service géologique américain (USGS) a ainsi estimé que les fonds marins contiendraient la bagatelle de 20 milliards de km<sup>3</sup> de méthane sous forme d'hydrate, selon un article publié dans *l'Expansion* en 2009. Ce volume représente deux fois les réserves mondiales connues de pétrole, de gaz et de charbon réunies. La composition typique d'un hydrate de gaz est d'une mole de méthane pour 5,75 moles d'eau. La fusion d'un litre de « glace de méthane » encore appelé clathrate de méthane produit 168 litres de gaz méthane aux conditions standards de T et P. Cette source résulte de la dégradation biologique de matière organique dans des environnements aqueux à faible teneur en oxygène dissous. Les estimations récentes sont plutôt revues à la baisse, mais resteraient supérieures aux réserves estimées en gaz naturel. Il s'agit toutefois d'une réserve d'énergie fossile avec un potentiel non négligeable d'émission directe (CH<sub>4</sub>) ou indirecte (CO<sub>2</sub>) de GES.

Depuis début janvier 2012, ConocoPhillips, ainsi que les ministères de l'Énergie américain et japonais, testent en Alaska un procédé maintenant la stabilité des hydrates grâce à l'injection de dioxyde de carbone. Le CO<sub>2</sub>, par équilibre chimique, remplace le méthane dans sa cage de glace. Un hydrate de dioxyde de carbone se forme, et un dégagement gazeux a lieu, tandis que le dioxyde de carbone est stocké. Selon Roland Vially, géologue à l'IFPEN, « l'extraction des hydrates de méthane ne recourt pas à la fracturation hydraulique, point d'achoppement principal sur les gaz de schiste. Soumise aux techniques classiques de forage et d'isolation des puits, elle ne devrait présenter ni plus ni moins de risques que les installations gazières conventionnelles ». Mais la désolidarisation éventuelle des couches sédimentaires pourrait provoquer des relargages accidentels de méthane, un gaz dont l'effet de serre est vingt-cinq fois plus puissant que celui du CO<sub>2</sub>.

### Projection des capacités installées en électricité renouvelable

Type d'énergie	2002 Eurostat	2006 Eurostat	Taux de croissance annuelle 2002-2006	Projection 2010	Taux de croissance annuelle 2006-2010	Projection 2020	Taux de croissance annuelle 2010-2020
Eolien	23.1 GW	47.7 GW	19.9	80 GW	13.8	180 GW	8.5
Hydro	105.5 GW	106.1 GW	0.2	111 GW	1.1	120 GW	0.8
Photovoltaïque	0.35 GW <sub>c</sub>	3.2 GW <sub>c</sub>	73.9	18 GW <sub>c</sub>	54.0	150 GW <sub>c</sub>	23.6
Biomasse	10.1 GWe	22.3 GWe	21.9	30 GWe	7.7	50 GWe	5.2
Géothermie	0.68 GW	0.7 GW	0.7	1 GW	9.3	4 GW	14.9
Elec. solaire thermique	-	-	-	1 GW	-	15 GW	31.1
Energie océanique	-	-	-	0.5 GW	-	2.5 GW	17.5

Source « Feuille de route des énergies renouvelables par EREC »

#### **4. Liens avec les meilleures techniques disponibles**

Le concept de Meilleure Technique Disponible (MTD) a été introduit dans la réglementation européenne par la directive relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution (IPPC)(directive 96/61/CE du Conseil du 24 septembre 1996, codifiée par la directive 2008/1/CE du 15 janvier 2008 et révisée par la directive relative aux émissions industrielles (IED) 2010/75/CE du 24 novembre 2010).

Une MTD est définie comme étant "le stade de développement le plus efficace et avancé des activités et de leurs modes d'exploitation, démontrant l'aptitude pratique de techniques particulières à constituer, en principe, la base des valeurs limites d'émission visant à éviter et, lorsque cela s'avère impossible, à réduire de manière générale les émissions et l'impact sur l'environnement dans son ensemble"<sup>(1)</sup>.

Chacun des termes est précisé dans la suite des définitions :

- par «techniques», on entend aussi bien les techniques employées que la manière dont l'installation est conçue, construite, entretenue, exploitée et mise à l'arrêt;
- par «disponibles», on entend les techniques mises au point sur une échelle permettant de les appliquer dans le contexte du secteur industriel concerné, dans des conditions économiquement et techniquement viables, en prenant en considération les coûts et les avantages, que ces techniques soient utilisées ou produites ou non sur le territoire de l'État membre intéressé, pour autant que l'exploitant concerné puisse y avoir accès dans des conditions raisonnables;
- par «meilleures», on entend les techniques les plus efficaces pour atteindre un niveau général élevé de protection de l'environnement dans son ensemble<sup>(1)</sup> ;

De plus, une liste de critères devant être particulièrement prise en compte est annexée à la directive<sup>(2)</sup> :

1. utilisation de techniques produisant peu de déchets;
2. utilisation de substances moins dangereuses;
3. développement des techniques de récupération et de recyclage des substances émises et utilisées dans le procédé et des déchets, le cas échéant;
4. procédés, équipements ou modes d'exploitation comparables qui ont été expérimentés avec succès à une échelle industrielle;
5. progrès techniques et évolution des connaissances scientifiques;
6. nature, effets et volume des émissions concernées;
7. dates de mise en service des installations nouvelles ou existantes;
8. délai nécessaire à la mise en place de la meilleure technique disponible;
9. consommation et nature des matières premières (y compris l'eau) utilisées dans le procédé et efficacité énergétique;

---

<sup>1</sup> définition 10/ art. 2 de la directive 2010/75/CE

<sup>2</sup> annexe 3 de la directive 2010/75/CE

10. nécessité de prévenir ou de réduire à un minimum l'impact global des émissions sur l'environnement et des risques qui en résultent pour ce dernier;
11. nécessité de prévenir les accidents et d'en réduire les conséquences sur l'environnement;
12. informations publiées par des organisations internationales publiques.

Afin de faciliter l'émergence d'un consensus au niveau européen sur la définition des MTD pour chacun des secteurs industriels cités dans la directive IPPC [puis IED], la Commission européenne a organisé un processus d'échange d'informations qui aboutit à un document de référence regroupant pour chacun de ces secteurs :

- les techniques mises en œuvre ;
- les niveaux d'émission et de consommation observés ;
- les techniques envisagées pour le statut de MTD ;
- les MTD et les niveaux d'émission associés à leur mise en œuvre ;
- les techniques émergentes.

La définition du statut de MTD pour une technique mise en œuvre dans un secteur industriel est donc basée sur l'évaluation des performances de cette technique dans des conditions de fonctionnement habituelles de ce secteur. De plus, il est généralement recherché plusieurs exemples de mise en œuvre industrielle de la technique considérée pour envisager d'attribuer le statut MTD à une technique "candidate". Le processus de décision aboutissant au choix des MTD est donc essentiellement basé sur le recueil des performances des différentes techniques mises en œuvre dans le secteur industriel considéré au travers de questionnaires que les exploitants industriels doivent compléter. Les conditions dans lesquelles les données relatives aux performances sont acquises doivent aussi être renseignées (données horaires, journalière ; méthode de mesure ; autocontrôle, contrôle inopiné ...). La qualité des données utilisées pour l'évaluation des performances est supposée acquise lors de leur collecte par le bureau en charge de la rédaction.

Il apparaît donc que, pour une technique, l'évaluation des performances est basée sur l'analyse de plusieurs utilisations à l'échelle industrielle de cette technique.

L'objectif de ce processus n'est pas l'évaluation des performances d'une technique mais plutôt la définition d'un niveau de performance atteignable par la mise en œuvre de techniques éprouvées dans un secteur industriel. Ce niveau de performance peut, par la suite, servir de valeur cible en termes de niveau d'émission, de niveau de consommation ou de rendement pour les installations du secteur considéré et, en cela, servir de base à la définition des valeurs limites d'émissions qui seront prescrites dans les permis d'exploiter.

Ces MTD font l'objet des documents appelés BREF<sup>(3)</sup>.

Le dernier chapitre de chacun des BREF porte sur les techniques émergentes, c'est-à-dire les techniques pour lesquelles un retour d'expérience suffisant est disponible pour juger de la

---

<sup>3</sup> élaborés conformément à la décision 2012/119/UE du 10/02/12 (parue au JOUE du 02/03/12) pour l'application de la directive 2010/75/UE

disponibilité mais pour lesquelles les informations disponibles permettent de supposer qu'elles ont la capacité d'atteindre les performances des MTD du secteur considéré.

A défaut de pouvoir en extraire une méthodologie d'évaluation des performances de technologies, les BREF peuvent néanmoins permettre de disposer d'un état des lieux d'un secteur industriel et des performances qui sont couramment observées ou des meilleures performances atteignables par la mise en œuvre des MTD.

Néanmoins, un processus de vérification d'écotechnologies peut s'appuyer sur les données regroupées dans les BREF dans la mesure où la première partie du document (contexte, techniques mises en œuvre et niveaux observés) constitue un état des lieux du secteur industriel et, en particulier, les enjeux environnementaux de ce secteur y sont décrits. Ces enjeux peuvent servir de base au choix des paramètres pertinents à prendre en compte dans la vérification des performances d'une écotechnologie du secteur industriel considéré.

Une difficulté peut être de déterminer quels BREF sont pertinents pour couvrir les utilisations d'une écotechnologie. Dans le cas présent, les documents de référence qui paraissent les plus pertinents sont :

- efficacité énergétique qui pourrait couvrir l'ensemble du champ des technologies étudiées dans la mesure où celles-ci sont utilisées dans un cadre industriel ;
- incinération des déchets pour la valorisation énergétique des déchets (voir BREF traitement des déchets pour la préparation des déchets en vue de leur valorisation énergétique) ;
- grandes installations de combustion pour la valorisation énergétique de la biomasse.

## **5. Initiatives internationales dans le domaine des énergies renouvelables**

### ***5.1. CANADA : Programme éco ENERGIE***

Ce programme a commencé en 2007 pour se terminer fin mars 2011. Il a soutenu 1 120 projets pour déployer des technologies thermiques solaires dans les bâtiments. De plus, 14 accords de contribution ont été conclus avec des partenaires (services publics, développeurs et groupes d'acheteurs pour la réalisation de projets pilotes visant à tester des mécanismes d'installation à grande échelle de systèmes de chauffage solaire de l'eau dans le secteur résidentiel). Dans le cadre de ces projets pilotes, 1 100 systèmes de chauffage solaire de l'eau ont été installés dans des maisons canadiennes. Le programme a soutenu :

- l'industrie pour qu'elle soit en mesure de fournir des systèmes de qualité au marché canadien au moyen de l'élaboration et de la mise à jour de normes industrielles et processus d'homologation pour les technologies solaires et géothermiques,
- l'homologation d'ensembles de systèmes de chauffage solaire de l'eau résidentiels,
- la promotion de l'inclusion des nouvelles technologies dans les codes de la construction et dans la réglementation des provinces et des municipalités,
- les sondages annuels portant sur l'industrie du solaire thermique et la collecte de données sur l'industrie du géothermique,

#### **Vérification et certification des capteurs solaires**

Lorsque le programme éco ENERGIE pour le chauffage renouvelable a offert une incitation à la mise en service dans le secteur commercial, une liste des capteurs solaires approuvés par le programme a été publiée sur le site Web du programme. D'autres organisations offrent maintenant des listes semblables qui indiquent les capteurs qui ont fait l'objet d'une vérification en vertu de la norme F378 de l'ASC (Agence Spatiale Canadienne) ou son équivalent.

### ***5.2. Initiatives en Europe***

Les initiatives européennes qui apparaissent sous l'impulsion de différents pays de l'Union sont rapidement reprises dans les instances communautaires. Ainsi la plate-forme ENEP (European Network of Environmental Professionals) est le réseau européen des professionnels de l'environnement (anciennement connus sous le nom EFAEP (European Federation of Associations of Environmental Professionals)). Il est destiné à fournir une base de connaissances et un outil d'échange d'informations entre les professionnels de l'environnement, les institutions publiques et les organisations privées. Dans la plupart des pays, elle s'appuie sur des

associations locales ou nationales. Elle a été fondée en 2002 par trois organisations en provenance de France (AFITE), Pays-Bas (PCV) et Allemagne (VDI KUT). ENEP est en pleine expansion.

Le programme « Intelligent Energy Europe » (IEE) ou Energie Intelligente Europe a pour but de faciliter les développements des énergies propres et durables. Il prend en charge la diffusion et l'échange à l'échelle européenne des connaissances et des savoir-faire avec trois objectifs principaux :

- Promouvoir l'efficacité énergétique en encourageant l'utilisation rationnelle des sources d'énergie;
- Accroître l'utilisation des sources d'énergie nouvelles et renouvelables ainsi qu'encourager la diversification énergétique;
- Stimuler l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables dans le domaine des transports.

### **Quelques exemples soutenus par le programme IEE**

Le projet Offshore Grid est une étude technico-économique au sein du programme Energie Intelligente Europe. Il s'appuie sur les données scientifiques issues des installations offshore dans le nord de l'Europe et a pour objectif d'étudier les défis techniques, économiques, politiques et réglementaires. Ce projet a conduit à formuler des recommandations qui ont été adoptées par la Commission européenne. Le champ d'application géographique, concerne les régions autour de la Baltique, la mer du Nord, la Manche et la mer d'Irlande. Dans une deuxième phase, les résultats seront appliqués à la région méditerranéenne.

Le projet EUBIONET III a pour objectif d'accroître la transparence des prix en soutenant l'élaboration de normes pour les biocarburants solides. Les partenaires du projet ont défini les caractéristiques des biocombustibles solides, les propriétés physiques et chimiques requises, en particulier l'humidité de la biomasse afin d'être correctement transportés, stockés et utilisés. Ce projet analyse l'impact sur le commerce international pour la biomasse (par exemple l'indice de prix des granulés de bois industriels pour la région de la Baltique, publié chaque mois).

Le projet RE-Shaping (Renewable energy policy country profiles) a pour objectif d'aider des États membres à se préparer à la mise en œuvre de la directive 2009/28/CE et à guider une politique européenne pour les énergies renouvelables à moyen et à long terme. L'efficacité et l'efficience des régimes actuels et futurs de soutien sont analysées avec une attention particulière sur un marché unique européen pour les produits d'électricité renouvelable. Les meilleures pratiques actuelles sont identifiées, de même que les coûts et le soutien correspondant nécessaire pour initier une croissance stable. Le futur déploiement des énergies renouvelables dans chaque État membre sera calculé sur la base du modèle de Green-X pour aider les États membres à mettre en œuvre des plans d'action nationaux et à soutenir une vision à long terme de la politique européenne (directive 2009/28/CE).

## **La certification européenne QualiCert**

Le projet QualiCert regroupe les associations d'installateurs et leurs membres, les associations d'industriels dans le domaine des énergies renouvelables, les autorités publiques. Il devrait aboutir en 2012 à une certification européenne des installateurs. QualiCert vise à contribuer à l'élaboration de «critères clés de réussite» pour les installateurs de poêles à biomasse intégrés aux bâtiments et les chaudières, les systèmes géothermiques peu profonds, les pompes à chaleur, les systèmes photovoltaïque et solaire, les systèmes thermiques de sorte à avoir une reconnaissance mutuelle. Cette approche répond à l'article 14 de la directive 2009/28/CE demandant aux États membres de fournir avant le 31 décembre 2012 les schémas de certification pour les installateurs d'énergies renouvelables. Les principaux pays acteurs de cette certification sont l'Autriche, la France, la Grèce, l'Italie et la Pologne.

## **6. Critères d'évaluation dans le cadre d'une vérification ETV**

Afin d'évaluer une technologie dans le schéma d'une vérification ETV conformément aux orientations du GVP, différents aspects sont à prendre en compte dans la démarche de l'évaluation d'un matériel/système/procédé/installation qui sera appelé par la suite « technologie ».

Le premier aspect concerne l'éligibilité de la technologie conformément au GVP, en particulier son caractère innovant et sa maturité.

Le deuxième aspect concerne la recevabilité de la technologie en termes de performances d'usage, d'Impacts sur l'homme et l'environnement en fonctionnement normal et accidentel, et en termes d'acceptabilité sociale et sociétale de la technologie qui constitue un point plus difficile à évaluer.

L'analyse selon ces 2 champs permet de définir dans un premier temps si la technologie est « éligible » puis « recevable » pour une vérification ETV.

### ***6.1. Critères d'éligibilité – Etape 1***

La procédure de vérification selon le schéma ETV définit des critères d'éligibilité qui sont :

1. Est-ce une technologie identifiée dans le protocole ?
2. Est-ce que la technologie respecte la réglementation nationale, européenne, internationale ?
3. Est-ce qu'il existe un marché pour cette technologie ?
4. Est-ce que la technologie a atteint un stade de maturité suffisant ?
5. Est-ce que cette technologie peut être qualifiée d'innovante ?

#### **Est-ce que la technologie est identifiée dans le protocole ?**

Les technologies susceptibles d'entrer dans le protocole doivent appartenir à l'une des familles suivantes :

- Filière valorisation énergétique des déchets et de la biomasse (chaleur et énergie)
- Filière carburants de synthèse issus de la biomasse
- Autres filières d'énergies alternatives
  - ✓ Filière éolienne
  - ✓ Filière solaire
  - ✓ Filière géothermique
  - ✓ Filière hydrolienne
  - ✓ Filière hydrogène
- Filière stockage de l'énergie
- Autres technologies innovantes entrant dans une des filières ci-avant

Sont exclues de l'ETV :

- Les filières de production d'énergie et/ou de chaleur issues de ressources fossiles.

### **Est-ce que la technologie respecte la réglementation nationale, européenne, internationale ?**

La technologie ne pourra faire l'objet d'une ETV que si la réglementation applicable à cette technologie a bien été identifiée et respectée. Pour cela le demandeur devra démontrer la prise en compte des exigences réglementaires au niveau européen, national et international relatives :

- A la protection de l'environnement
- A la protection de la sécurité
- A la protection de la santé

### **Est-ce qu'il existe un marché pour cette technologie ?**

Il conviendra de s'assurer avant de conduire l'ETV qu'il existe bien une demande réelle ou potentielle pour cette technologie exprimée par des utilisateurs ou des prescripteurs.

### **Est-ce que la technologie a atteint un stade de maturité suffisant ?**

Les technologies répondant aux critères ci-dessous sont éligibles à l'ETV :

- Elle est déjà sur le marché
- Elle est prête pour une mise sur le marché en l'état.

### **Est-ce que la technologie peut être qualifiée d'innovante ?**

Le manuel d'Oslo de l'Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE) propose les définitions suivantes: « *On entend par innovation technologique de produit la mise au point/commercialisation d'un produit plus performant dans le but de fournir au consommateur des services objectivement nouveaux ou améliorés. Par innovation technologique de procédé, on entend la mise au point/adoption de méthodes de production nouvelles ou notablement améliorées.* »

La technologie peut également être qualifiée d'innovante si celle-ci, bien qu'existante en l'état, est d'application nouvelle dans la filière concernée.

## ***6.2. Critères de recevabilité – Etape 2***

Après avoir reconnu la technologie éligible dans le cadre d'une vérification ETV (étape 1), sachant que le schéma de vérification est basé sur la déclaration de performances éco-innovantes, performances vérifiées par le demandeur ou par un organisme indépendant, il est nécessaire de préciser les critères de performances qui s'appliquent aux technologies de l'énergie.

Les présentations succinctes des technologies de l'énergie (chapitre 4) et des Meilleures Technologies Disponibles (chapitre 5) ainsi que les différentes analyses des filières vertes constituent la base pour définir des critères généraux de performances. De nombreux critères sont spécifiés par les experts des différents domaines des technologies de l'énergie, la difficulté dans l'élaboration de critères généraux est de 2 ordres :

- Comment sélectionner (a priori) les critères les plus pertinents dans une démarche d'élaboration de référentiel d'évaluation, sachant qu'à ce jour ils sont parfois validés sur

certaines technologies et n'ont jamais été validés sur l'ensemble des technologies de l'énergie ?

- Comment retenir les critères les plus significatifs parmi les très nombreux critères proposés ?

Des critères qui semblent les plus significatifs ont été définis et doivent être testés sur différentes technologies afin de vérifier leur pertinence et la manière de les utiliser.

### **Performances d'usage**

- Le rendement énergétique
- La conformité aux normes
- La qualité de l'information du client, du consommateur, de l'utilisateur
- La durabilité

### **Impacts sur l'homme et l'environnement - situation normale (cycle de vie)**

- Les matières et produits consommés
- L'énergie consommée
- L'eau consommée
- Les émissions, effluents et déchets
- Les nuisances, bruits, odeurs
- Les transports

### **Sécurité pour l'homme et l'environnement - situation accidentelle (cycle de vie)**

- Risques chimiques
- Risques biologiques
- Risques incendie, explosion
- Risques physiques
- Autres risques pour la santé

### **Complexité, coût, impact social et sociétal**

- Qualification, formation, expérience et compétences nécessaires pour la mise en œuvre de la technologie (cycle de vie)
- Coût de mise à disposition, de fonctionnement (y compris maintenance) et de démantèlement de la technologie
- Impact sur l'emploi local
- Impact sur l'économie locale
- Acceptabilité par les parties prenantes
- Contraintes opérationnelles (climat, topographie, environnement et risques naturels)

### 6.2.1. Questions clés pour qualifier une technologie dans le domaine de l'énergie

Après avoir identifié les critères généraux de recevabilité d'une technologie dans le cadre d'une vérification ETV, le demandeur doit être en mesure de répondre aux questions énoncées ci-dessous afin de qualifier l'éco-innovation d'une technologie de l'énergie.

#### Performances d'usage

- C1. Quelle est la balance énergétique ? Energie produite (sur la durée de vie de la technologie)/ Energie consommée (fabrication, maintenance,...) ?
- C2. Quelle est l'amélioration de l'efficacité énergétique de la technologie ?
- C3. Quel est le prix de revient de l'énergie (par kWh produit) ?
- C4. Quelles sont les normes sur les critères de performances environnementales qui s'appliquent à la technologie ?
- C5. Les performances annoncées sont-elles conformes aux exigences de la directive 2009/28/CE (sur la base des annexes de la directive qui définissent les méthodes de calcul)?
- C6. Y a-t-il adéquation entre la technologie et l'implantation de l'installation (facteurs environnementaux/géographiques favorables) ?
- C7. Quelle est la durée de vie des équipements associés à la technologie - prendre en compte la fin de vie et le démantèlement ?

#### Impacts sur l'homme et l'environnement - situation normale

- D1. Est-ce que le demandeur a identifié les normes et spécifications relatifs aux critères de performances environnementales qui s'appliquent à la technologie (MTD, BREF) ?
- D2. Quel est le pourcentage de matières premières consommées/utilisées par la technologie provenant de matières effectivement recyclées ou valorisées ?
- D3. Quelle est la consommation d'eau de la technologie par origine et par nature (potable et non potable ; recyclée ou pas, forage ou pas, etc.) et par unité énergétique utilisable ?
- D4. Quelles sont les émissions dans l'air dont la technologie est à l'origine (nature et volume) lors de la mise en œuvre de la technologie par unité d'énergie utilisable ?
- D5. Quels sont les rejets dans l'eau (nature et volume) lors de la mise en œuvre du système par unité d'énergie utilisable ?
- D6. Quelle est la quantité de déchets solides valorisables et non valorisables produits lors de la mise en œuvre de la technologie par unité d'énergie utilisable ?

- D7. Quelles sont les nuisances générées par le système lors de sa mise en œuvre - odeurs, bruits, vibrations, autres ?
- D8. Est-ce le demandeur a réalisé un bilan carbone relatif au transport des matières premières et/ou des matériaux nécessaires à la mise en œuvre pour la technologie par unité d'énergie utilisable ?
- D9. Est-ce que le demandeur ou la technologie est certifié ou évalué par rapport à des référentiels internationaux relatifs au management de l'environnement ?

### **Sécurité pour l'homme et l'environnement – situation accidentelle**

- E1. Est-ce que le demandeur a identifié les dangers, et évalué le niveau de maîtrise des risques pour l'environnement associés à la technologie (risques chimiques, biologiques, physiques, incendie/explosion, etc.) (cycle de vie du système) ?
- E2. Est-ce que le demandeur a identifié les dangers, et évalué le niveau de maîtrise des risques au poste de travail associés à la technologie. (risques chimiques, biologiques, physiques, incendie/explosion, etc.) (cycle de vie du système) ?
- E3. Est-ce que le demandeur est certifié ou évalué par rapport à des référentiels internationaux de management de la sécurité, par exemple OHSAS 18001, ILO-OSH, BS 8800, réglementation IPPC, etc.

### **Complexité, coût, impact social et sociétal**

- F1 Est-ce que la mise en œuvre de la technologie nécessite une main d'œuvre importante et qualifiée ?
- F2. Quelles sont les éventuelles contraintes opérationnelles (ou autres) par exemple : géographiques, climatiques , insertion dans le paysage, acceptabilité par les parties prenantes liées au fonctionnement du système ?
- F3. Quel est le coût de possession de la technologie (y compris la maintenance et le démantèlement) ?
- F4. Quelle est l'origine géographique des matériels, équipements et matières premières nécessaires au fonctionnement de la technologie (impact social et économique local) ?

L'applicabilité de ces critères et leur pertinence ont été testées sur 4 types d'énergie (éolien, solaire, biocarburants et biomasse) afin de vérifier leur caractère « général ». Cette première analyse de la pertinence de critères de performance nécessitera d'être testée sur des cas concrets.

Dans le cadre d'une évaluation, il faudra déterminer si les critères doivent être utilisés en comparant les niveaux de performances pour un domaine d'énergie ou en comparant les niveaux entre domaines. Seule l'expérimentation sur des cas concrets permettra de répondre à cette question.

Critère	Energie éolien	Energie solaire	Biocarburant	Biomasse
C1. Balance énergétique	Applicable à partir d'une ACV	Applicable à partir d'une ACV	Applicable pour un procédé industriel	Applicable pour un procédé industriel
C2. Efficacité énergétique	Rendement	Rendement	Optimisation des procédés, recours aux procédés intensifiés	Optimisation des procédés
C3. Prix de revient	Applicable	Applicable	Applicable	Applicable
C4. Normes applicables	en fonction du domaine technique	en fonction du domaine technique	en fonction du domaine technique	en fonction du domaine technique
C5. Conformité à la directive Energie. Renouvelable	Applicable	Applicable	Applicable selon les cas	Applicable
C6. Adéquation avec l'implantation géographique	Pertinent, optimisation matériel/zone géographique	Pertinent, optimisation matériel/zone géographique	Pertinent, ressource/production d'énergie	Pertinent, ressource/production d'énergie
C7. Durée de vie	Pertinent	Pertinent	Pertinent	Pertinent

### 6.2.2. Identification de critères spécifiques par type d'énergie et de technologie

L'identification de critères spécifiques par type d'énergie n'est pas exhaustive. Il s'agit de définir certains critères d'innovation qui pourraient être retenus dans le cadre d'une vérification ETV. L'objectif étant de montrer sur des domaines précis (biocarburant, éolien, solaire) ce qui pourrait relever d'une innovation recevable dans le cadre d'une ETV.

### 6.3. Principaux référentiels réglementaires et volontaires connexes à l'ETV

Dans le cadre de la vérification ETV, les exigences réglementaires sont à examiner et des exigences issues de référentiels de certification ou de qualification volontaire peuvent aussi être utilisés pour s'assurer du caractère éco-innovant de la technologie. Il sera important de prendre en compte les éventuels certificats de qualification, d'évaluation, ou de validation dont pourrait bénéficier la technologie ou encore les accréditations et certifications des systèmes de management des demandeurs qui sollicitent cette vérification. Ces dispositifs ne pourront être pris en compte que s'ils concernent un ou plusieurs des critères retenus pour la validation de la famille technologique concernée (Cf. critères de recevabilité paragraphe 7.2).

	Energie éolien	Energie solaire	Biocarburant Biomasse	Autres (stockage, PAC, géothermie,...)
<b>Référentiels réglementaires</b>				
Référentiels nationaux	<b>ICPE</b> (en fonction de la hauteur) Code de l' <b>urbanisme</b>	<b>RT 2012</b> Code de l' <b>Urbanisme</b>	<b>ICPE</b> (unité de production)	
Référentiels européens	<b>MTD</b> Directive <b>2009/28/CE</b>  Marquage <b>CE</b>	<b>MTD</b> Directive <b>2009/28/CE</b>  Marquage <b>CE</b>	<b>MTD</b> Directive <b>2009/28/CE</b>  Marquage <b>CE</b>	<b>MTD</b> Directive <b>2009/28/CE</b>  Marquage <b>CE</b>
<b>Référentiels volontaires</b>				
Référentiel européen de management environnemental des entreprises	<b>EMAS</b>	<b>EMAS</b>	<b>EMAS</b>	<b>EMAS</b>
Référentiel international de management environnemental des entreprises	<b>ISO 14001</b>	<b>ISO 14001</b>	<b>ISO 14001</b>	<b>ISO 14001</b>
Référentiel international d'analyse de cycle de vie	<b>ISO 14040</b>	<b>ISO 14040</b>	<b>ISO 14040</b>	<b>ISO 14040</b>
Référentiel international développement durable et responsabilité sociétale	<b>ISO 26000</b>	<b>ISO 26000</b>	<b>ISO 26000</b>	<b>ISO 26000</b>
Indicateur international développement durable (Global Initiative Reporting)	<b>GRI</b>	<b>GRI</b>	<b>GRI</b>	<b>GRI</b>
Référentiel de certification volontaire ou éco-label	<b>certification de type CEI 61400 (Bureau Véritas)</b>	- <b>CERTISOLIS (France)</b> - <b>QUALI PV</b> - <b>Marque NF Environnement</b>		<b>Ecolabel européen (PAC par exemple)</b>

### 6.3.1. Description des principaux référentiels

Les principaux référentiels font l'objet d'une description sommaire en annexe 3.

## 7. Etude de cas pour les biocarburants

### 7.1. *Aspects généraux*

La mise en place d'une vérification ETV adaptée au cas des biocarburants doit intégrer plusieurs dimensions :

a) Dimension technique



Classement des filières de production des biocarburants (Source CEA (2010))

La catégorisation des biocarburants en filières de première, deuxième et troisième génération ne correspond pas à ce jour à des définitions figées. La figure ci-dessus propose la vision qui semble la plus adaptée à l'état des développements en cours (y compris recherche amont).

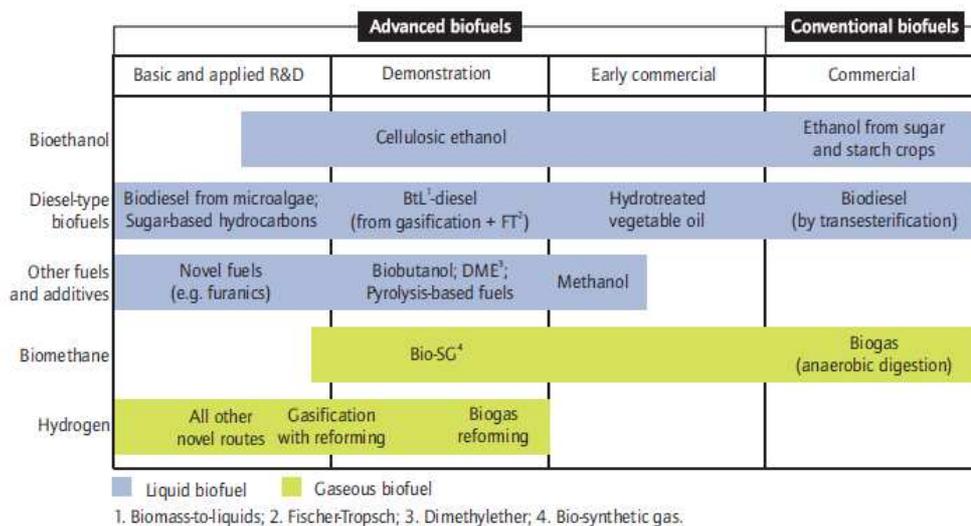
Comme rappelé au chapitre 4.1 ou encore rappelé sur la figure ci-dessus, le développement des biocarburants est en pleine mutation technologique, mais seule la production des biocarburants de première génération (bioéthanol, biodiesel) constitue à ce jour en Europe une réalité industrielle et est devenue une économie de marché. Même aux USA, où d'importants moyens ont été développés en appui à la politique mise en place par la RFS (Renewable Fuels Standard 2011), la part d'éthanol cellulosique prévue pour 2012 reste marginale.

Cellulosic biofuel	0.002 to 0.010%
Biomass-based diesel	0.91%
Advanced biofuel	1.21%
Renewable fuel	9.21%

Taux de pénétration des carburants biosourcés aux USA, objectifs 2012  
(source (EPA, juin 2011))

La poursuite du développement des biocarburants dans l'Union européenne passe par la mise en œuvre de technologies en rupture pour le développement des carburants dits de deuxième génération à partir essentiellement de ressources lignocellulosiques pour lesquelles un certain nombre d'installations de démonstration sont en phase de construction ou de démarrage à l'échelle mondiale, y compris en France et en Europe. Les procédés avancés mis en œuvre dans ces filières sont des procédés biochimiques, faisant appel de plus en plus aux technologies blanches, au génie enzymatique ou/et à des procédés thermochimiques, comportant encore des étapes non mûres, voire des innovations importantes au niveau de certaines briques technologiques. Il n'est pas non plus interdit de penser que les unités de production en cours puissent bénéficier d'améliorations technologiques concernant certaines étapes du cycle de vie des

biocarburants qui y sont produits, améliorant de ce fait le bilan global de ces filières, et pour lesquelles un « label » découlant d'une vérification ETV adaptée pourrait constituer un apport utile.



Source: Modified from Bauen *et al.*, 2009.

*Etat de maturité des procédés de production de biocarburants*  
 (source : IEA, *technology Roadmap Biofuels for transport*, 2011)

Ainsi le prétraitement de la biomasse est une étape clé aussi bien dans les voies de valorisation biochimiques que thermochimiques ainsi que les opérations d'opérations à chaud de l'épuration du syngas en sortie de gazéifieur avant la synthèse FT (Fisher Tropsch). Enfin, le déploiement dans le temps de ces nouvelles technologies dépendra de nombreux facteurs dont la résolution de certains verrous technologiques. Par ailleurs, l'époque des usines dédiées à la seule production de biocarburants semble pratiquement révolue, au profit de la production, à partir d'un portfolio diversifié de ressources biosourcées ou de résidus, d'un ensemble de produits marchands, dont des biocarburants ou de la bioénergie, mais pas seulement, dans un nouvel outil industriel dénommé bioraffinerie (voir définition et conceptualisation par l'IEA tâche 42 où l'ADEME représente la France). Cet outil aux multiples déclinaisons (à l'échelle du procédé, de l'usine, d'un complexe agro-industriel ou d'un territoire) semble destiné à s'insérer dans un véritable métabolisme industriel, avec des répercussions significatives dans les activités économiques et techniques en amont comme en aval, répondant ainsi à une stratégie « d'écologie industrielle » au sens où l'entend Suren Erkman<sup>4</sup> volontairement en rupture avec l'industrie conventionnelle. La vision européenne de ce futur outil n'est pas véritablement unique selon les secteurs industriels concernés (cf. résultats des travaux menés sous l'égide du pôle de compétitivité IAR dans le cadre du projet Star-Colibri), mais certaines attentes exprimées dans les deux rapports de ce projet constituant les principaux produits de sortie sont utiles à la réflexion.

<sup>4</sup> Suren Erkman, « Vers une écologie Industrielle », Edition Charles léopold mayer, Paris, 2004, ISBN: 2-84377-088-2

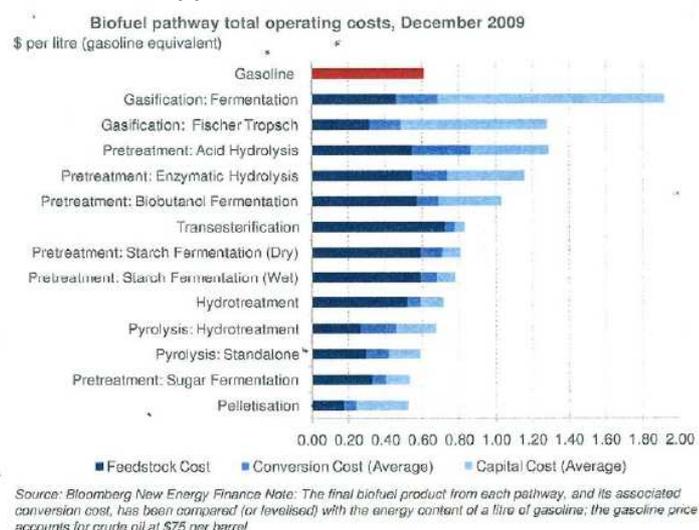
Le choix d'indicateurs de vérification d'éco-efficience pour les biocarburants doit donc être effectué pour que ces indicateurs soient utiles à un stade précoce de développement de tels procédés et pour qu'un protocole ETV dans le domaine des biocarburants soit utile et efficace.

### b) Dimension économique et humaine

La production des biocarburants exige des investissements importants, qui ne peuvent être rentabilisés que sur le long terme, et qui sont bien souvent conditionnés à l'octroi de subventions ou de facilités d'accès aux sources de financement.

Il convient de prendre en compte que la valorisation de la biomasse vers les biocarburants peut venir en compétition avec d'autres usages et à ce titre les écueils connus inhérents au développement de certaines filières dites de première génération doivent être élimés sans pour autant mettre en péril l'activité économique qui s'est mis en place en Europe et notamment en France et en Allemagne, sur la base des directives européennes de 2003 qui avaient instauré une politique explicite de promotion des biocarburants qui a conduit à un véritable boom européen des capacités de production entre 2003 et 2007/2008.

Mais la diversification des « usages », en termes d'utilisation finale, vient rajouter un degré de complexité à prendre en compte également qui se traduit par une sorte de compétition : le paramètre économique pourrait alors fortement influencer les acteurs tentés de se mettre sur les marchés de niche visant par exemple la production de carburants alternatifs au kérosène ou aux carburants utilisés dans d'autres modes de transport (ferroviaire, fluvial et maritime). Il conviendra donc que les protocoles ETV développés dans ce domaine contribuent à la mise en place de filières répondant aux exigences déjà en place, en favorisant les innovations participant à l'amélioration des bilans globaux en termes de développement durable.



Coûts estimés des différentes filières biocarburants/biocombustibles basée sur un coût du baril de pétrole à 75 US\$ (source : Blomberg, 2010)

Enfin, le marché des biocarburants est un marché largement mondialisé qui doit obéir aux règles du commerce international et intégrer les spécificités de la production et de la consommation de biocarburants dans les principales sphères d'influences du globe (UE, Amérique du Nord, pays du BRIC). Les protocoles ETV pour les biocarburants en Europe ne devront donc pas créer des distorsions aux règles qui régissent l'organisation mondiale du commerce tout en procurant un « service » ou un bénéfice à l'industrie européenne.

*c) Dimension politique et réglementaire*

La directive européenne 2009/28/CE a fixé des objectifs ambitieux en matière de développement des énergies renouvelables et en particulier, un objectif unique à tous les Etats membres de pénétration des biocarburants « durables » de 10% à l'horizon 2020. La directive européenne sur la qualité des carburants (2009/30/CE) la complète de manière essentielle en permettant le déploiement sécurisé de nouveaux carburants en partie biosourcés tout en fixant également de nouvelles exigences en termes de performances environnementales. Il convient de rappeler que ces textes sont sortis dans un climat général de méfiance sur les biocarburants (baptisés par certains agrocarburants) largement relayé par les médias et de nombreux organismes (ONG, mais aussi d'autres instances plus officielles (IEA, ONU...). La mise en place de nouvelles exigences, en termes de durabilité (réduction des gaz à effet de serre, protection de la biodiversité, non compétition avec l'usage alimentaire...) conduit à adopter des critères d'éco-efficience des filières de biocarburants toutes générations confondues et instaure la nécessité de mettre en place des systèmes de vérification des performances. C'est avant tout le critère lié à l'abattement des gaz à effets de serre qui reste le critère quantitatif qui conditionne l'éligibilité au comptage des productions de biocarburants vis-à-vis des objectifs fixés à l'horizon 2020 dans la directive européenne 2009/28/CE. Au départ, des valeurs de performance de référence des filières inventoriées ont été fixées, et leurs comparaisons avec des seuils minima conditionnant leur comptabilité dans les quotas fixés par rapport à l'objectif de 2020. Bien évidemment ces seuils conditionnent également l'éligibilité à d'éventuels soutiens financiers pour les filières en devenir. Le seuil est actuellement fixé à un gain de 35%, il passera à 50% en 2017 et à 60% en 2018 pour les nouvelles unités de production. Pour comparaison, en Suisse, le seuil minimum en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre est actuellement fixé à 40% ("Federal Act of Mineral Oil").

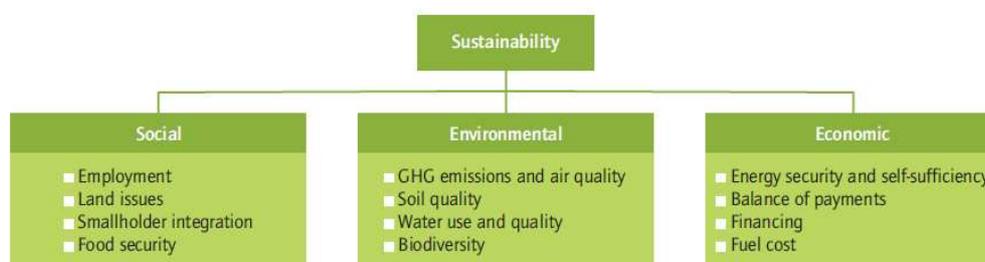
Le promoteur d'une unité de production de biocarburants qui souhaite faire valoir sa propre évaluation des performances – en lieu et place des valeurs standard proposées à l'annexe I de la directive sur les énergies renouvelables - doit attester de la validité des calculs proposés.

Renewable Energy Directive 2009/28/EC <sup>15</sup>	Fuel Quality Directive 2009/30/EC
<ul style="list-style-type: none"> <li>• By 2020, mandatory targets of 20 % share of RES in final energy consumption, 20 % increase in energy efficiency and 10 % of RES in transport in each Member State.</li> <li>• Harmonised approach with Fuel Quality Directive</li> <li>• No biofuels from carbon rich or bio-diverse land. EC has to report on compliance with environmental and social sustainability criteria of major biofuel exporting countries.</li> <li>• Minimum GHG reduction for biofuels of 35% and 50% from 2017 onwards, and 60 % for new installations from 2017 onwards. For plants already operating in January 2008 GHG requirement will start in April 2013.</li> <li>• Bonus of 29g CO<sub>2</sub>/MJ for biofuels from degraded/contaminated land.</li> <li>• Biofuels from waste, residues, non food cellulosic material, and lignocellulosic material will count twice for RES transport target.</li> <li>• Member State Implementation into national legislation by December 2010.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Further tightening of environmental quality standards for a number of fuel parameters.</li> <li>• Enabling more widespread use of ethanol in petrol (E10) with transitory regulations (protection grade E5) for older cars and derogations for petrol vapour pressure, subject to EC approval.</li> <li>• Increase of allowed biodiesel content in diesel to 7% (B7) by vol., with an option for more than 7% with consumer info.</li> <li>• Introducing a mechanism for reporting and reduction of the life cycle GHG emissions from fuel.</li> <li>• Reduction in life cycle GHG emissions from energy supplied. Binding target of 6% between 2011-2020 as first step, while leaving open the possibility to increase future level to 10 %.</li> <li>• In a 2012 review, the Commission will need to assess a further increase of the level of 2% from other technological advances, such as the supply of electricity for use in transport. A further 2% is envisaged by the use of CDM credits for flaring reductions not linked to EU oil consumption.</li> </ul>

Comparaison des deux directives européennes qui encadrent à présent le développement des biocarburants au sein de l'UE

## 7.2. Critères spécifiques de durabilité des filières de biocarburants

Les critères de développement durable que l'on peut prendre en compte sont variables selon les sources d'information disponibles et selon les groupes de travail, nombreux, qui se sont penchés sur cette question. Ainsi, la roadmap pour le déploiement des biocarburants décarbonés dans les transports proposée en 2011 par l'IEA propose de s'intéresser aux critères suivants.



Critères de durabilité à prendre en compte selon l'IEA (2011)

Les critères minima sont ceux définis dans les directives européennes de références. Les règles de calculs sont surtout développées pour le calcul des gaz à effet de serre.

Pour ce faire, l'UE prône le développement de systèmes de certification volontaire, basés sur des audits réalisés par des tiers experts, qui à terme doivent faire l'objet de reconnaissances officielles de la part de l'UE. Ceci est en bonne voie de réalisation, puisqu'à ce jour au moins 7 systèmes ont fait l'objet d'une reconnaissance officielle par la Commission européenne.

Le tableau suivant décline les noms de ces systèmes à présent officiellement reconnus et d'application possible dans tous les Etats membres.

	Nom du référentiel	Périmètre d'application
1	ISCC (International Sustainability and Carbon Certification)	reconnaissance de la conformité avec les critères de durabilité des directives 2009/28/CE et 2009/30/CE
2	Bonsucro EU	reconnaissance de la conformité avec les critères de durabilité des directives 2009/28/CE et 2009/30/CE
3	RTRS EU RED (Round Table on Responsible Soy EU RED)	reconnaissance de la conformité avec les critères de durabilité des directives 2009/28/CE et 2009/30/CE
4	RSB EU RED (Roundtable of Sustainable Biofuels EU RED)	reconnaissance de la conformité avec les critères de durabilité des directives 2009/28/CE et 2009/30/CE
5	2BSvs (Biomass Biofuels voluntary scheme)	reconnaissance de la conformité avec les critères de durabilité des directives 2009/28/CE et 2009/30/CE
6	RBSA (Abengoa RED Bioenergy Sustainability Assurance)	reconnaissance de la conformité avec les critères de durabilité des directives 2009/28/CE et 2009/30/CE
7	Greenery (Greenery Brazilian Bioethanol verification programme)	reconnaissance de la conformité avec les critères de durabilité des directives 2009/28/CE et 2009/30/CE

*Référentiels actuellement reconnus par la CE concernant l'application des directives de 2009 visant les énergies renouvelables et la qualité des carburants*

Il est probable que d'autres référentiels viennent compléter à terme cet inventaire : par exemple Ensus (voluntary scheme under RED for Ensus bioethanol production) - voir site ([http://ec.europa.eu/energy/renewables/biofuels/sustainability\\_schemes\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/renewables/biofuels/sustainability_schemes_en.htm)).

### ***7.3. Critères liant innovation et écoefficience méritant d'être examinés dans le domaine des biocarburants***

Le développement des biocarburants est en pleine mutation technologique et le succès des filières de seconde et troisième générations passera par la mise sur le marché de nombreuses technologies innovantes, issues de la recherche amont très active un peu partout dans le monde. La vision la plus récente de ce que pourrait devenir le secteur des biocarburants à l'horizon 2030 a été élaborée par les partenaires du projet Star Colibri (cf. livrable correspondants<sup>5</sup>)

Le tableau suivant liste par grandes familles de filières ou de technologie le type d'innovation attendue et les performances environnementales.

<sup>5</sup> Joint European Biorefinery Vision for 2030 Star Colibri - Strategic Targets for 2020 – Collaboration initiative on Biorefineries, 2011 (<http://www.star-colibri.eu/publications/>).

Filière technologique	Innovations possibles	Performances améliorées
<i>Ethanol cellulosique</i>	Enzymes et micro-organismes améliorés	Meilleure tolérance à la contamination Moins de déchets/rejets Meilleure productivité Maîtrise du risque biologique accidentel (aspect sociétal)
	Prétraitements adaptés à la valorisation des sucres en C5 (fermentation ou coproduits)	Flexibilité MP, valorisation de la plante entière ; Sécurité alimentaire ; Meilleurs rendements matières (MP : matière première)
	Nouveaux usages/valorisation de la lignine	Efficacité énergétique Flexibilité des matières premières
<i>Huiles hydrotraitées</i>	Recours à H2 biosourcé	Réduction des GES
<i>BTL diesel</i>	Procédés catalytiques à longévité et robustesse renforcées Microréacteurs pour synthèse FT	Meilleure recyclabilité des catalyseurs, moins de déchet, meilleure efficacité énergétique ; Réduction des coûts d'investissement ; baisse des seuils de rentabilité (taille critique)
	Systèmes d'épuration à chaud du syngas plus performant (rendement, sécurité intrinsèque)	Faisabilité ; Réduction des coûts Moins volumineux, moins de déchets (médiats filtrants, gâteaux de filtrations ?)
<i>Autres filières produisant diesel ou kérosène de synthèse</i>	Procédés de conversion intensifiés, appliquant principes ISD <sup>6</sup>	Procédés plus propres et plus sûrs, autres critères de la chimie verte
<i>Huiles de pyrolyses</i>	Procédés catalytiques en rupture	Meilleure stabilité à l'oxydation du « biocrude »
<i>Procédés combinés</i>	Combinaison d'opération de synthèse chimique et de récupération d'énergie	Meilleure efficacité énergétique
<i>Procédés intégrables en bioraffinerie</i>	A valorisation in situ du CO2 Flexibilité au taux de charge et aux matières premières	Réduction des GES, efficacité énergétique Meilleure rentabilité ; Pérennité des emplois...
<i>Toutes filières ou étapes de procédés</i>	Procédés intrinsèquement plus sûrs	Adéquation aux principes de la chimie verte ; Anticipation de nouvelles contraintes réglementaires ou normatives
<i>Techniques de prétraitement de la biomasse</i>	Introduction de l'utilisation de liquides ioniques	Meilleure fragmentation de la biomasse lignocellulosique donnant une valorisation optimisée des différentes fractions de la biomasse Valorisation de la lignine comme MP
<i>Réacteurs membranaires</i>	Combinaison de réactions, échanges de chaleur et séparation de phases (procédés intensifiés)	Efficacité énergétique ; meilleure sécurité, élimination d'opération de stockage intermédiaires

*Critères possibles dans un système ETV pour les briques technologiques (adapté de IEA 2011)*

#### ***7.4. Application des critères de recevabilité aux procédés intervenant dans la production de biocarburants***

<b>Critères (cf. §6.2)</b>	<b>Biocarburant</b>	<b>Commentaire</b>
Balance énergétique	Pas applicable à une filière Applicable a priori à une étape de procédé	Applicabilité sous réserve d'être en mesure de bien identifier les données d'entrée du procédé, ce qui peut nécessiter des essais préalables sur prototype et d'avoir une base de données de référence pour déterminer la solution de référence
Efficacité énergétique	Via optimisation des procédés, recours aux procédés intensifiés, procédés combinant étape de process chimique et récupération de chaleur basse énergie	Peut être complexe (cf. analyses ACV)
Emissions nocives	Réglémenté	
Prix de revient	Applicable	Données sensibles
Normes applicables	En fonction du domaine technique	Nécessité d'un état des lieux préalable (normes et projets de normes) : prEN16214-1 à 3 : critères de durabilité de la biomasse destinée aux valorisations énergétiques
Conformité à la directive Energie Renouvelable 2009/28	Applicable selon les cas	S'assurer de la cohérence de ce référentiel et des exigences de la Commission européenne : Autres directives comme celle concernant la qualité des carburants 2009/30/CE et schémas de certification validés associés
Adéquation avec l'implantation géographique	Pertinent, ressource/production d'énergie	Analyse technico-économique nécessaire, pour tenir compte notamment des transports ; Prise en compte du contexte réglementaire et politique local
Durée de vie du produit	Applicable sur des étapes de procédés, pas sur des services associés	Prendre en compte l'influence de facteurs comme la corrosion sur la durée de vie de tels procédés

Identification des normes sur les critères de performances (MTD, BREF)	Applicables dans les grosses installations, de type ICPE	
Pourcentage de matières consommées par la technologie provenant de matières effectivement recyclées ou valorisées	Pas applicable en l'état. Préférence donnée à une approche plus globale	Concept de la valorisation de la plante entière et application des principes de chimie verte
Consommation d'eau par origine et par unité énergétique utilisable	Applicable selon le cas, en particulier pour les ICPE	Tenir compte de la qualité de l'eau
Emissions dans l'air (nature et volume) lors de la mise en œuvre de la technologie	Applicable selon le cas, en particulier pour les ICPE	
Rejets dans l'eau (nature et volume) lors de la mise en œuvre de la technologie/produit/système par unité d'énergie utilisable	Applicable selon le cas, en particulier pour les ICPE	
Quantité de déchets solides valorisables et non valorisables produit lors de la mise en œuvre de la technologie	Applicabilité liée au procédé. Développement important de la valorisation	Concept de la valorisation de la plante entière et application des principes de chimie verte. cf. évolution du contexte réglementaire des déchets
Nuisances générées par la technologie dans sa mise en œuvre odeurs, bruits, vibrations	Applicable	Important facteur d'acceptabilité sociétale
Bilan carbone associé au transport des matières premières et des matériaux nécessaires à la mise en œuvre de la technologie	Applicable	
Certification ISO 14001 ou EMAS ,ISO 26000	Applicable	
Identification des dangers, évaluation et niveau de maîtrise des risques pour l'environnement associés à la technologie	Applicable	Contextes locaux ou régionaux très variables concernant les exigences et donc efficacité de la barrière réglementaire très variable. Facteur de compétitivité

Identification des dangers, évaluation et maîtrise des risques au poste de travail La certification OHSAS 18001, ILO-OSH, BS 8800	Applicable	S'assurer que les acteurs industriels et en particulier les opérateurs au poste de travail disposent de la formation adéquate
Niveau de qualification exigée pour la mise en œuvre de la technologie	Applicable	Fonction de la formation et de l'habilitation par le chef d'établissement (au sens code du travail)
Contraintes opérationnelles (ou autres géographiques, climatiques par exemple) liées au fonctionnement de la technologie	Applicable	
Coût de possession de la technologie (y compris maintenance et démantèlement)	Difficilement applicable	Définir les limites de la technologie, est ce seulement l'unité de production ?
Origine géographique des matériels, équipements et matières premières nécessaires au fonctionnement de la technologie	Applicable	

*Etude de cas : application des critères aux technologies biocarburants*

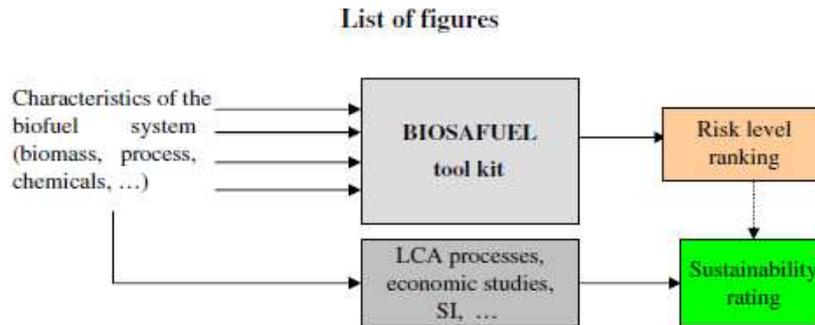
### ***7.5. Perspectives offertes par l'outil BIOSAFUEL® et ses limites actuelles***

L'outil BIOSAFUEL® a été conçu par l'INERIS comme outil de prédiagnostic de l'importance des questions de sécurité. Ce paramètre, au regard des critères du développement durable, se positionne au carrefour des critères conventionnels du développement durable, d'où une évaluation souvent sous-pondérée parce que rarement explicitement pris en compte comme sous-critère propre, et encore moins souvent associé à des indicateurs chiffrés, surtout au stade du développement.

Son application (dans sa version actuelle) intègre les problématiques de sécurité avec une approche « cycle de vie » (sauf cultures) depuis l'approvisionnement des agroressources jusqu'à l'utilisation des biocarburants. Il ne nécessite pas d'importantes connaissances sur les paramètres d'environnement des unités de production prises en considération, mais un certain nombre de données d'entrée, que doit rentrer l'utilisateur, permettant la mise en œuvre d'outils simplifiés d'évaluation de certains risques (risques liés aux dangers intrinsèques des produits, réactifs impliqués, risques au stockage par autoéchauffement, risques au transport, etc). La

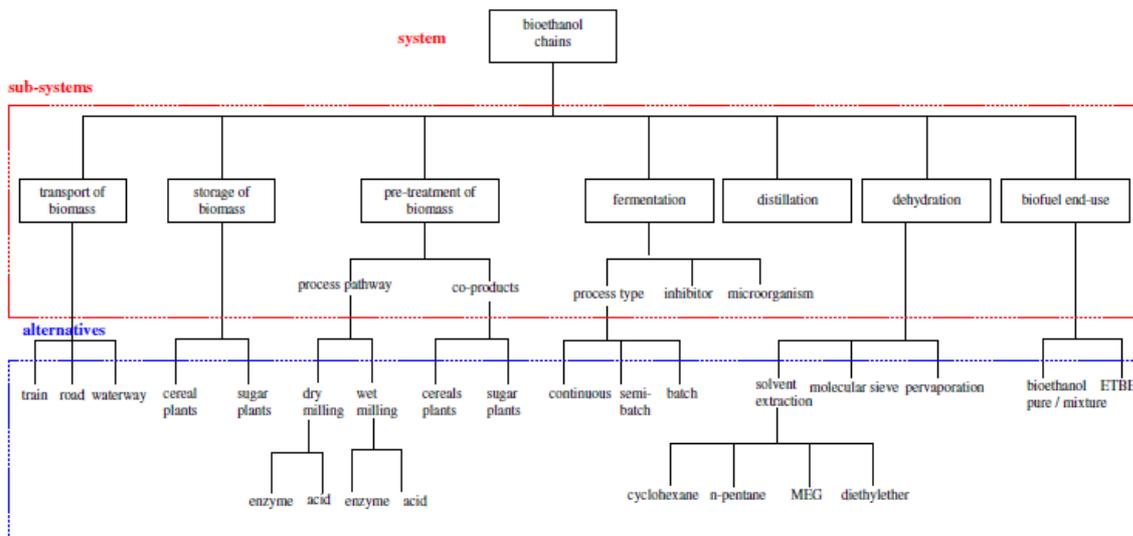
description de l'outil a été publiée récemment dans un article (C. Rivière & G. Marlair, Journal of Loss Prevention in the Process Industries<sup>4</sup>).

La figure suivante reprend le concept et le positionnement de l'outil BIOSAFUEL® par rapport aux évaluations conventionnelles de la durabilité de produits, filières ou technologies basées sur des ACV.



Positionnement de l'outil de diagnostic Biosafuel® (C. Rivière et al<sup>7</sup>)

La figure suivante illustre la description des filières bioéthanol et de ses variantes, hiérarchisées par niveaux nécessaires à l'application de la méthode AHP (Saati).



*Filières éthanol 1G prises en compte dans BIOSAFUEL®*

<sup>7</sup> C. Rivière, G. Marlair, "BIOSAFUEL®, "a pre-diagnosis tool of risks pertaining to biofuels chains", Journal of Loss Prevention in the Process Industries (2009), 228-236

Points forts	Points faibles et limites actuelles
Outil dédié à l'analyse des performances de sécurité des filières biocarburants 1G	Seules les filières 1G sont actuellement « codées » dans le logiciel , la prise en compte de nouvelles filières, ou de briques technologiques liées aux nouvelles filières nécessite des développements
Analyse possible des briques technologiques intermédiaires, comparaison des alternatives possibles en termes de performances	Certaines méthodes d'évaluation de risques intégrées dans le logiciel nécessitent des adaptations, au regard des évolutions réglementaires (ex. : la méthode INRS de prise en compte des dangers "produits" doit être révisée pour intégrer le CLP)
Outil d'analyse multicritères sous-jacent (méthode AHP de Saati) dont l'applicabilité à l'analyse des filières « biocarburants 1G a déjà été démontrée par ailleurs	La prise en compte des autres critères (relevant des domaines environnementaux, sociétaux, économiques) du développement durable hors aspects « sécurité » n'est pas effectuée aujourd'hui dans la version opérationnelle de l'outil BIOSAFUEL® (étudiés par ailleurs dans le projet BIOMAP, via la méthode ANABIO)
Méthode de Saati déjà appliquée pour des analyses de durabilité en général, et pour l'analyse des critères conventionnels de durabilité des filières de production de biodiesel, études publiées dans la littérature scientifique (Narayan, 2007). D'autres critères que ceux liés aux performances environnementales peuvent être intégrés dans ce type d'outil s'ils participent aux critères d'éligibilité final pour le demandeur d'une évaluation ETV	Cette méthode est parfois critiquée dans la manière dont les paramètres sont agrégés entre eux (le poids des paramètres peut être imposé ou au contraire laissé à l'appréciation de l'utilisateur)
La méthode est applicable au stade de préprojet (où toutes les données d'environnement de la filière examinée ne sont pas accessibles) et permet des études de sensibilité aux paramètres critiques	

### Exemple d'application de BIOSAFUEL®

Dans le cadre du programme ANR/PNRB BIOMAP, diverses filières de production de biodiesel 1G ont été comparées. L'outil permet de travailler à l'échelle des variantes de technologies correspondant à une même étape de procédé et permet également d'identifier la meilleure option en matière de gestion des risques. Une étude de cas visant la comparaison des filières de production de biodiesel (EMHV) a été réalisée pour les 3 variantes suivantes :

- Filière EMHV ex colza produit en Europe

- Filière EMHV ex soja (deux sous-variantes ) - à partir de graines de soja importées du Brésil et à partir d'huile de soja importée du Brésil ou des USA
- Filière EMHV ex huile de palme importée de Malaisie.

L'application met bien en évidence les différences de typologie de risques (risques au transport par exemple plus accentués pour les produits d'importation...). La figure ci-dessous détaille le bilan de la filière EMHV ex colza sur le cycle de vie des produits.

Location	Step	Product	Risks pertaining to transport of products (raw materials, FAME and by-products)				Risks pertaining to storage of products (raw materials, FAME and by-products)		
			Human consequences	Environnemental consequences	Probability	Risk level	Risk linked to toxicity of product	Fire/ explosion risk	Risk for environment in case of spill
Europe		Rapeseed	No gravity	sans gravité	Probable	Acceptable	medium	low	low
	Step 1 : oil extraction from seed	hexane	Impact internal to the site	Impact internal to the site	Improbable	Acceptable	medium	medium	medium
		phosphoric acid	Minor impact	Impact internal to the site	Extremely improbable	Acceptable	medium	low	medium
		Meal (by-product)	Minor impact	Impact internal to the site	Probable	Acceptable	medium	low	low
	Step 2 : Trans-estérification	methanol	Serious reversible impact	Impact external to the site, reversible, minor	Probable	Acceptable	significant	medium	Significant
		potassium hydroxide	Serious reversible impact	Impact external to the site, reversible, minor	Improbable	Acceptable	significant	low	medium
	Step 3 : purification	phosphoric acid	Minor impact	Impact internal to the site	Improbable	Acceptable	Medium	low	medium
	Final product	FAME	No gravity	sans gravité	Probable	Acceptable			

Table 3 : Results obtained by BIOSAFUEL® – Pathway 1

*Bilan de l'analyse des filières ex colza de production de biodiesel sur le plan de la sécurité, à l'aide de BIOSAFUEL®*

BIOSAFUEL® est un outil opérationnel sur un critère spécifique du développement durable. Il permet la comparaison de filières ainsi que des études de sensibilité aux paramètres critiques (par exemple concernant le risque au transport, les distances parcourues, la fréquence des transports, le mode de transport). Il a le potentiel de permettre une agrégation de critères de natures différentes.

## 8. Conclusions

Ce rapport fournit des éléments techniques pour la vérification des éco-innovations dans le domaine des technologies de l'énergie en relation avec le GVP (General Protocol Verification). Ce protocole définit un schéma volontaire de vérification et des directives pour vérifier des éco-technologies conformément à l'ETV (Environmental Technology Verification).

Le champ des technologies de l'énergie est très vaste, c'est pourquoi 3 familles ont été définies :

- valorisation énergétique des déchets et de la biomasse
- carburants de synthèse issus de la biomasse
- énergies alternatives : solaire (thermodynamique et photovoltaïque), éolien (terrestre et maritime), énergie hydrolienne, géothermie, stockage d'énergie électrochimique (batteries mobiles et stationnaires), piles à combustible et technologies de l'hydrogène

Par technologie de l'énergie, on entend un matériel, un système ou une installation, ce qui a conduit à définir de nombreux critères dans la démarche de la vérification.

La démarche pour la vérification d'une technologie comprend 2 phases :

- l'éligibilité de la technologie conformément au GVP, en particulier son caractère innovant et sa maturité.
- la recevabilité de la technologie en termes de performances d'usage, d'impacts sur l'homme et l'environnement en fonctionnement normal et accidentel, et en termes d'acceptabilité sociale et sociétale.

Après avoir reconnu la technologie éligible dans le cadre d'une vérification ETV, sachant que le schéma de vérification est basé sur la déclaration de performances éco-innovantes, performances vérifiées par le demandeur ou par un organisme indépendant, les critères de performances qui s'appliquent aux technologies de l'énergie ont été définis.

Les présentations succinctes des technologies de l'énergie (chapitre 4) et des Meilleures Technologies Disponibles (chapitre 5) ainsi que les différentes analyses des filières vertes ont constitué la base pour définir ces critères généraux de performances (chapitre 6).

De nombreux critères sont spécifiés par les experts des différents domaines concernés, la difficulté dans l'élaboration de critères généraux a été de 2 ordres :

- Comment sélectionner (a priori) les critères les plus pertinents dans une démarche d'élaboration de référentiel d'évaluation, sachant qu'à ce jour ils sont parfois validés sur certaines technologies et n'ont jamais été validés sur l'ensemble des technologies de l'énergie ?
- Comment retenir les critères les plus significatifs parmi les très nombreux critères proposés ?

Des critères qui semblent les plus significatifs ont ainsi été définis et ont été appliqués sur les technologies des biocarburants. Dans la plus part des cas, ces « critères génériques » ont pu être renseignés, ce qui démontre le caractère générique appliqué aux technologies de l'énergie.

Une étude de cas pour les biocarburants a permis d'identifier des difficultés d'application du GVP par rapport à l'ensemble des réglementations et des schémas actuels permettant de reconnaître le caractère « développement durable » de cette technologie (chapitre 7). Le schéma ETV doit s'inscrire dans l'ensemble de ces initiatives en s'appuyant sur les modèles et référentiels de qualification existants qui attestent du caractère éco-innovant vis-à-vis de l'environnement.

Le rapport présente BIOSAFUEL®, un outil opérationnel, développé par l'INERIS, permettant de quantifier des critères spécifiques du développement durable. Il permet ainsi de comparer de filières ainsi que la sensibilité aux paramètres critiques (par exemple les risques au transport, les distances parcourues, la fréquence des transports, le mode de transport).