

Association « Prospective 2100 »
Atelier « Energies 2100 »

La place de la biomasse dans les bouquets énergétiques à l'horizon 2050

L'association « Prospective 2100 » a mis en place un atelier de prospective dénommé « Energies 2100 » pour explorer le futur des énergies au cours du 21^{ème} siècle. Cet Atelier est animé par le Professeur JL Bobin. Au cours des réflexions, il est apparu utile d'un groupe de travail pour préciser la place de la biomasse dans les bouquets énergétiques du futur. Dénommé « Biomasses et énergies » et animé par Henry-Hervé Bichat, ce groupe de travail s'est intéressé en particulier à la disponibilité des biomasses pouvant être mobilisées dans les bouquets énergétiques à l'horizon 2050. Cette question fait en effet aujourd'hui l'objet de débats contradictoires¹.

Les problématiques de la biomasse

La biomasse est couramment définie comme la masse des organismes vivants mesurée dans une population ou sur un territoire. C'est un ensemble de molécules hydrocarbonées complexes, issues directement ou non de la photosynthèse, stockables et susceptibles, en particulier, de transformations énergétiques par oxydation. Mais avant tout la biomasse est source d'aliments, de matériaux, de bioproduit et de biofertilisants, considérés comme renouvelables dès lors que les bioressources qui les composent le sont. La biomasse est utilisée comme source d'énergie par l'Homme depuis que il a maîtrisé le feu, il y a près de 450.000 ans.

Elle fait aujourd'hui l'objet de débats complexes et passionnés du fait de

- Ses **caractéristiques propres** liées au processus de la photosynthèse qui en constitue la source : faible productivité par ha, de surcroît très variable selon les régions et la saisonnalité des productions, grande diversité des molécules produites, densité pondérale faible en général et le plus souvent contraintes de stockage.
- sa **diversité** : diversité des ressources utilisables : produits sous produits agricoles et déchets, forestiers, aquatiques, agro industriels et domestiques ; diversité surtout de ses usages : alimentation bien entendu, mais aussi, outre l'énergie, la chimie, les matériaux et surtout la durabilité des écosystèmes (biofertilisants), diversité de ses utilisations énergétiques : chaleur (domestique, collective et industrielle), énergie électrique (avec ou sans cogénération), biocarburants solides, liquides et gazeux), diversité enfin de ses acteurs : agriculteurs, forestiers, collecteurs, industriels, chercheurs, financiers, collectivités locales, administrations et société civile.
- Des **conflits d'usage** qui se multiplient (manger ou rouler, matériau ou énergie,...) dans un monde fini qui doit satisfaire les besoins en en forte croissance de la population mondiale : non seulement celle-ci atteindra 9 milliards de personnes à

¹ Récemment, le Groupement Intergouvernemental sur l'Etude du Climat (GIEC) vient de publier un rapport intitulé *Special Report on Renewable Energy Sources and Change Climat Mitigation (mai 2011)* qui a pour objectif d'explorer jusqu'où les énergies renouvelables peuvent se substituer aux ressources fossiles actuellement exploitées. Dans ce rapport la biomasse occupe une place centrale puisque les experts consultés estiment qu'elle pourrait fournir entre 1, 2 et 12 Gtep/an avec une fourchette d'objectif comprise entre 3 et 4,5 Gtep/an.

l'horizon 2050, mais surtout les consommations individuelles tendront à se rapprocher du modèle européen (avec en moyenne 70% d'urbains).

Ces débats portent notamment sur

- **la faisabilité et les impacts d'une participation significative de la biomasse à l'avènement d'une économie sobre en carbone** susceptible de relever les défis de l'après pétrole, tout en contribuant à la lutte contre le changement climatique. Aujourd'hui les analyses de cycles de vie (ACV) convergent pour reconnaître que le bilan « énergie-carbone-Gaz à Effet de Serre » des valorisations énergétiques de la biomasse (comme ceux des valorisations *matériaux* et *chimiques*) est hautement positif (ADEME) si ces productions sont conduites dans les règles de l'art. Il reste cependant un sujet de controverse, celui de la mise en culture directe et indirecte d'espaces naturels ou forestiers provoquée par le développement des productions énergétiques (exemple des plantations à huile sous les tropiques). Dans ce cas, le déstockage transitoire de CO₂ provoqué par la déforestation peut laisser penser que les éco-bilans passeraient dans le rouge. Mais pour avoir une vision complète de ces phénomènes extrêmement complexes, ces bilans devraient être globalisés. Or à ce jour il n'y a pas encore de méthodologie incontestable pour y parvenir. Soulignons d'ailleurs que le développement de l'urbanisation ou le recours à des techniques agricoles moins intensives posent les mêmes questions. Cependant les enjeux de l'anthropisation des espaces naturels et forestiers pourraient être encore plus cruciaux en terme de biodiversité. Le cas des espaces forestiers est à cet égard emblématique : une intensification raisonnée de leur exploitation pourrait limiter les défrichements, ce qui serait extrêmement positif du point de vue de la biodiversité. En conclusion, la gestion de la biomasse aux différentes échelles (local, régions, Etat, grandes régions, Monde) sera au cours de ce siècle un des principaux enjeux géostratégiques entre les pays et les continents ;
- **La sécurité des approvisionnements** qui va devenir une des questions stratégiques de demain. A l'heure actuelle, les industriels de l'énergie manifestent une grande réserve vis-à-vis des agriculteurs et des forestiers : ils rencontrent des difficultés à nouer avec eux des relations durables du fait qu'ils appartiennent à des mondes culturels très différents. Pourtant les risques de rupture d'approvisionnement sont objectivement moins importants que ceux qui pèsent sur les flux pétroliers. Il y a bien entendu à prendre en compte les risques liés aux cataclysmes naturels (inondations, sécheresse). Mais les industries agro alimentaires savent depuis longtemps composer avec eux. Les industries de l'énergie devraient donc progressivement être capables de nouer des relations durables avec les fournisseurs de biomasse ;
- **L'impact de la globalisation du Monde** : la production de biomasse est fondamentalement une science des localités, tant le poids des facteurs locaux est important. Mais ces situations locales seront de plus en plus impactées par l'évolution générale de la Planète : du fait de la puissance des Technologies de l'Information et de la Communication, il n'y a plus de terroirs isolés. Et les technologies scientifiques, financières et commerciales sont le fruit d'une concurrence acharnée qui mobilise les équipes du monde entier. L'exercice de prospective s'est délibérément placé dans cette perspective ;
- **Les perspectives de l'innovation en bio énergie** : leur développement va mobiliser de nombreuses ressources scientifiques et technologiques, et les progrès obtenus seront autant le fruit de combinaisons nouvelles de savoirs existants et de leurs optimisations que de nouvelles découvertes fondamentales. Or les recherches en biotechnologies végétales et animales sont fortement freinées en Europe par les

réserves manifestées par l'opinion publique : celle-ci ne comprend pas l'intérêt de prendre de nouveaux risques alors qu'il lui semble que l'alimentation des populations européennes ne pose pas de problèmes. C'est pourquoi les avancées dans ce domaine proviendront dans l'avenir de pays ayant à relever des défis alimentaires difficiles, c'est-à-dire les pays du Sud : par exemple, les premières transformations de plantes en C3 en plantes en C4, qui devraient permettre d'augmenter d'au moins 20% les rendements, tout en améliorant de manière significative l'absorption du gaz carbonique, devrait concerner le riz avant d'être étendue à d'autres céréales². D'autre part, la question reste ouverte sur les perspectives à long terme des recherches fondamentales en biologie : n'aura-t-on pas fait le tour de la question en 2050 ? Et l'inventivité des hommes ne consistera pas t-elle alors à valoriser au mieux les connaissances de base disponibles ? Mais celles-ci sont déjà si considérables qu'il y aura à cette époque encore beaucoup « de pain sur la planche » ! Dernière observation : du fait de la complexité du vivant, le temps est un facteur essentiel dans le développement des innovations. Ce qui explique que *la loi de Moore*³ ne s'observe pas, hélas, au sein des biotechnologies. C'est une raison supplémentaire pour se livrer à un exercice de prospective.

Une question fondamentale

Nonobstant les objectifs planétaires du « facteur 2 » (division par deux d'ici 2050 des émissions mondiales de GES et par 4 celles des pays développés), les scénarios de base de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) prévoient à l'horizon de 2050 un doublement de la consommation énergétique annuelle mondiale qui passerait de 11 Gtep/an (dont 1,1Gtep d'origine biomasse, soit 10%) à 20 à 22 Gtep⁴/an. La question est de savoir quelle sera le volume de la biomasse qui pourra être réservé à la production d'énergie (et pour quels usages énergétiques) à cette échéance, compte tenu des autres besoins indispensables de l'Humanité que seules ces productions biologiques peuvent satisfaire, toutes ces valorisations devant être considérées dans la perspective du développement durable (et donc effectivement renouvelables).

Les principales inquiétudes concernent l'alimentation : en 2050, la Planète supportera 9 milliards d'habitants. Leur consommation alimentaire sera en moyenne plus proche des modèles européens, ce qui augmentera très sensiblement le volume des prélèvements sur les écosystèmes, surtout si l'augmentation des protéines animales dans les rations alimentaires n'est pas maîtrisée. La Planète disposera-t-elle des ressources suffisantes en sols et en eau pour y faire face ?

Par conséquent, la question de la place de la biomasse dans les bouquets énergétiques du futur peut être formulée ainsi: **est-il envisageable sur le plan des ressources disponibles que les valorisations énergétiques de la biomasse doublent en volume d'ici 2050 (c'est-à-dire passent de 1,1 Gtep/an à 2,2 Gtep/an) afin que la biomasse maintienne sa place (soit 10% de la production primaire d'énergie mondiale) dans les bouquets énergétiques du futur ? Est-il même possible que sa part remonte, dans une logique exigeante de sobriété des consommations énergétiques, jusqu'à 20% (soit 4,4 Gtep/an) comme le proposent**

² FAO 2006

³ Selon *la loi de Moore*, la puissance des ordinateurs doublerait tous les 18 mois

⁴ Il a été décidé au sein de l'Atelier *Energies 2100* de retenir la Tonne-Equivalent-Pétrole (tep) comme unité de mesure

certains scénarios de l'AIE⁵, bien inférieure cependant à son niveau historique d'avant la Révolution industrielle?

Pour essayer d'apporter une réponse à cette question aussi complexe que stratégique, la méthode retenue s'appuie sur les étapes suivantes :

- D'abord évaluer la place de la biomasse (agricole, forestière et issue des biodéchets) dans les bouquets énergétiques actuels,
- Puis faire la synthèse des réflexions actuelles sur l'utilisation des sols à l'horizon de 2050
- Enfin essayer d'indiquer ce que pourrait être la place de la biomasse dans les bouquets énergétiques de 2050 en tenant compte des autres usages, également très importants (et souvent prioritaires) qui ont déjà été signalés.
- Aux trois niveaux mondial, régional et français

La place de la biomasse dans les bouquets énergétiques du début du vingtième et unième siècle

Examinons la place de la biomasse dans les bouquets énergétiques actuels aux différents niveaux :

1 Au plan mondial

L'Agence Internationale de l'Energie estime que la biomasse participe pour 10% environ au bouquet énergétique actuel évalué globalement à 11 GTEP. Le tableau n°1, extrait de l'étude n°162 de l'Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation (FAO)⁶ fournit une ventilation de cette biomasse selon ses origines :

Tableau n° 1 : volume et part de la contribution énergétique de la biomasse au niveau mondial⁷

	<i>Quantités</i>	<i>pourcentage de biomasse</i>
Ressources agricoles		
Cultures énergétiques	30 MTEP	3
Sous produits agricoles et alimentaires	80	7
Ressources forestières		
Bois énergie	740	67
Charbon de bois	80	7
Sous produits industriels	130	12
Liqueur noire	10	1
Déchets organiques domestiques et urbains		
Déchets	30	3
Total	1.100	100

⁵ Ce qui supposerait de multiplier par 4 d'ici 2050 les volumes de biomasse actuellement dédiée à la production d'énergie.

⁶ Etude n°162 *What woodfuels can to mitigate climate change* FAO Rome 2009

⁷ Ces évaluations correspondent à l'énergie primaire, à l'exception des agro carburants qui sont évalués en sortie de distillerie.

Ce tableau permet de souligner la place prépondérante qu'occupent aujourd'hui les ressources forestières, soit 87%, avec notamment une place particulière du bois de feu dans les pays du sud : c'est lui qui assure aujourd'hui encore la satisfaction de la majorité des besoins énergétiques domestiques (surtout pour la cuisson des aliments). En fait seules 15% de toutes ces bioénergies sont utilisées dans les pays industriels. A noter également l'importance du charbon de bois, aussi bien pour les usages domestiques qu'industriels dans certains pays dépourvus de charbons fossiles (Brésil). Enfin la contribution des cultures énergétiques et celles des déchets⁸ restent au plan mondial modestes, quoiqu'en forte croissance dans certains pays industriels.

2 Au niveau régional

L'étude FAO n°162 présente également les consommations en énergie primaire par grandes régions, la contribution de la biomasse à la satisfaction de ces besoins ainsi que la part de la consommation domestique dans la consommation énergétique globale.

Tableau n°2 : place de la biomasse dans les bouquets énergétiques actuels⁹

Régions	Energie primaire Mtep/an	Energie biomasse Mtep/an	Biomasse/ énergie primaire %	CD/ B %
Amérique latine	490	90	19	28
Afrique	560	270	47	71
Asie	1.220	310	25	78
Chine	1.750	210	12	99
Proche Orient	480	0	0	69 ¹⁰
OCDE	7.340	195	4	26

CD/B consommation d'énergie domestique/énergie fournie par la biomasse

L'utilisation de la biomasse comme source d'énergie est fortement liée au niveau de développement économique. Rappelons que jusqu'à la fin du 18^{ème} siècle, la biomasse satisfaisait 80% des besoins énergétiques européens. C'est encore le cas en Afrique et dans certaines régions d'Asie. Dans ces régions, les besoins énergétiques sont surtout domestiques. Le Brésil constitue une exception, d'abord parce qu'en l'absence de charbon fossile sur son territoire, l'essentiel de sa sidérurgie fonctionne au charbon végétal: les forêts plantées représentent environ de 4,1 millions d'ha avec une croissance annuelle de 250.000 ha par an. 50% de cette production est transformée en charbon de bois. Ensuite parce que la production de biocarburants à partir de la canne à sucre représente aujourd'hui un secteur très important.

⁸ En France les bio-déchets contribuent pour plus de 10% à l'énergie produite à partir de biomasse.

⁹ Etude FAO déjà citée *Introduction and overview* page 4

De ce fait la contribution du bois énergie et des biocarburants au bouquet énergétique brésilien était en 2007 respectivement de 16,0% et de 12,5%¹¹.

3 Au niveau de la France

La France tend à suivre la même évolution puisque les bioénergies « modernes » progressent rapidement et de manière significative, tandis que le « bois bûche », traditionnellement majoritaire, stagne ou régresse.

La situation actuelle de la contribution de la biomasse au bouquet énergétique français (évaluée en énergie primaire) peut être ainsi caractérisée¹² :

**Tableau n°3 : place de la biomasse dans le bouquet énergétique actuel français
2009-2010**

Consommation annuelle globale		272 Mtep/an (dont 60%importées)
dont provenant des centrales nucléaires	120	
du pétrole	85	
du gaz	40	
du charbon	12	
Contribution des énergies renouvelables		19 Mtep
dont biomasse	12,5	

Qui peut être ventilée entre

ressources agricoles (biocarburants)	2,2 Mtep (5,5% en incorporation)
bois de chauffage domestique	7,0
ressources mixtes (bois, plaquettes, paille)	2,0 (chaufferies et cogénération
bioincinération (déchets organiques et domestiques)	1,0
méthanisation (déchets organiques, industriels, collectifs et agricoles)	0,3

La biomasse représente seulement 4,6% de l'énergie primaire consommée en France (ce qui la situe dans la norme de l'OCDE), mais compte pour 66% des énergies renouvelables. Pour plus de 70%, il s'agit de biomasse forestière. La principale utilisation est la production de chaleur, en soulignant la part encore importante du chauffage domestique et la part rapidement croissante des biocarburants et de la cogénération.

Les perspectives à l'horizon 2050 de l'utilisation des sols

Pour répondre à cette question, il faut d'abord essayer d'évaluer le potentiel des sols cultivables aux différents niveaux pour essayer ensuite de trouver le meilleur compromis entre les surfaces qu'il faudra mettre en culture à l'horizon de 2050 pour satisfaire en priorité les besoins alimentaires, et celles qu'il sera possible de dédier à d'autres usages (durabilité des écosystèmes et des paysages, satisfaction des besoins en énergie, en chimie et en matériau,...) en tenant compte de contextes socio-économiques locaux différents et évolutifs.

¹¹ Cf. *Bioéthanol de canne à sucre* -BNDES et CGEE- Rio de Janeiro- mai 2008

¹² Sources : Claude Roy/ADEME/Observatoire de l'énergie

Ces évaluations ont été construites à partir des sources qui sont apparues comme les plus abouties. Mais elles restent très hypothétiques car d'ici 2050 il y aura des événements, aujourd'hui imprévisibles, qui remettront en cause les limites des zones agricoles et forestières, ainsi que leurs modes d'exploitation. Ce sont donc des évaluations « à dire d'expert » qui n'ont pour ambition que de donner quelques ordres de grandeur et de mettre l'accent sur les principales dynamiques en cours.

1 au niveau mondial

Définir le potentiel des terres cultivables de la Planète est un exercice extrêmement difficile car il faut combiner de nombreux facteurs : les plantes, les sols, les eaux et les changements climatiques. A l'heure actuelle les trois bases thématiques de données mondiales les plus connues sont les suivantes :

- FAOSTAT qui repose essentiellement sur le recueil et le traitement des statistiques fournies par les Etats membres
- GAEZ (*Global Agro-Ecological Zones*) réalisé en 2002 par l' IIASA (*International Institute for Applied Systems Analysis*) avec le concours de la FAO. C'est incontestablement le projet le plus ambitieux puisqu'il repose sur la confrontation des besoins de 154 plantes avec les conditions édaphiques de 2,2 millions de parcelles de 5 minutes de latitude et de longitude de coté (soit une dizaine de km² à l'équateur) caractérisées par les banques de données mondiales existantes en matière de sols, d'eaux et de climats.
- SAGE (center for Sustainibility And Global Environnement) de l'Université du Wisconsin qui a retenu une méthode analogue à la précédente base de données.

Ces bases de données représentent un effort de coopération internationale extrêmement important. Mais leurs données doivent être maniées avec prudence car

- Les définitions varient d'une base à l'autre, notamment en ce qui concerne la définition des forêts
- Les services statistiques de nombreux pays du sud sont extrêmement défectueux
- Les images satellitaires qui sont des outils précieux dès que l'on considère de vastes territoires, doivent néanmoins être interprétées avec prudence des que la données de terrain sont lacunaires.

A la demande du Ministère de l'Agriculture, le Professeur Laurence Roudart¹³ a procédé à leur comparaison

Tableau n°4 : estimation des terres cultivables dans le Monde selon 3 bases de données (Année 1992 et données exprimées en millions d'hectare)

	FAOSTAT	GAEZ	SAGE
Surfaces cultivées	1.525 Mha		1.805 Mha
Surfaces en pâturage	3.720		3.272
Surfaces cultivables		4.152 Mha	4.022 Mha
Dont cultivables sous forêts		904	
Soit		22%	

¹³ *Terres cultivables et cultivées à partir de l'analyse croisée de 3 bases de données*, CEP Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Espace Rural Paris 2010

Surfaces cultivables non cultivées	2.589 Mha	2.217 Mha
Soit	62%	55%

A noter que les estimations de la FAO reposent surtout sur les données fournies par les pays membres, alors que celles de GAEZ et de SAGe font surtout appel à des banques de données internationales, en partie approvisionnées sur la base d'images satellitaires.

Ces conclusions sont accueillies avec la plus grande circonspection par les agronomes et encore davantage par les forestiers. Comme elles reposent pourtant, en ce qui concerne la base de données GAEZ sur une méthodologie cohérente, cela signifie que les grandes bases de données sur les terres, les eaux et les climats ont encore bien des progrès à réaliser.

L'étude *Agrimonde* que viennent de publier l'INRA et le CIRAD¹⁴, fait la synthèse des analyses que font les agronomes sur l'évolution possible des surfaces cultivées d'ici 2050 pour répondre aux besoins alimentaires des populations à cette époque. Il s'appuie notamment sur les scénarios du *Millenium Ecosystem Assesment (MEA)*¹⁵, des études de l'*International Food Policy Research Institute (IFPRI)* et de l'Agence Européenne pour l'Environnement, ainsi que sur le livre de Michel Griffon¹⁶ consacré à cette thématique. Comme l'objet du groupe de travail n'est pas de critiquer au fond ces travaux mais de fournir des ordres de grandeur aux réflexions engagées dans le cadre de l'Atelier *Energies 2100*, contentons nous de présenter les conclusions du scénario normatif *Agrimonde 1* qui repose sur les principes suivants :

- Maîtrise de la consommation alimentaire, notamment en modérant la consommation de produits animaux pour limiter son empreinte écologique¹⁷,
- Maîtrise de l'urbanisation pour limiter la consommation de terres à vocation agricole,
- évolution très modérée des rendements agricoles dans la perspective d'une agriculture durable, mais réduction forte des pertes de récolte.

**Tableau n°5 : scénario Agrimonde 1
(En millions d'hectares)**

	2000	Agrimonde 1- 2050	Variation 2000/2050
Surfaces cultivées	1513	2110	+ 597
Surfaces en pâtures	3340	2839	. -501
Surfaces en forêts	3925	3828	- 97
Autres	3873	3873	0

Ce scénario est très optimiste puisqu'il répond à deux objectifs qu'il faut bien considérer comme irréalistes :

- Une forte protection des surfaces boisées : Or si les dernières statistiques de la FAO¹⁸ montrent un ralentissement des défrichements, ils concerneraient encore plus de 13

¹⁴ *Agrimonde, scénarios et défis pour nourrir le monde en 2050*, édité sous la direction de Sandrine Paillard, Sébastien Treyer et Bruno Dorin Ed. Quae 2010

¹⁵ *MEA* Island press, Washington DC

¹⁶ *Nourrir la Planète* Ed. O. Jacob 2005

¹⁷ Rappelons qu'il faut transformer 3 à 9 calories végétales pour produire une calorie animale

¹⁸ *Evaluation des ressources forestières mondiales* FAO 2010 Rome

millions d'ha par an, ce qui correspond à une perte nette annuelle en ce début du 21^{ème} siècle de 7 millions d'ha boisés par an.

- Une croissance maîtrisée des zones urbaines qui est loin d'être acquise¹⁹.

Dans les deux cas, l'écart par rapport aux prévisions d'*Agrimonde 1* pourrait donc se chiffrer par plusieurs centaines de millions d'ha. Par conséquent, il faut les considérer comme des optima : en particuliers les surfaces en pâtures et boisées risquent fort d'être bien inférieures aux objectifs qu'a retenu le scénario *Agrimonde 1*.

A noter que pour sa part, la FAO reste très prudente dans ses projections les plus récentes²⁰ : alors qu'elle considère que les terres cultivables théoriquement disponibles représentent plus de 60% des terres cultivées, elle estime que le doublement de la production alimentaire qui sera nécessaire d'ici 2050 pour satisfaire les besoins de l'Humanité, devrait pouvoir être satisfait pour 77% par l'augmentation des rendements, pour 11% par le développement des surfaces agricoles irriguées et seulement pour 5% (soit moins de 100 millions d'ha) par l'augmentation des surfaces cultivées...

Une première conclusion s'impose : la conversion de pâtures et de forêts en champs cultivés, qui est sans doute inévitable pour faire face à l'augmentation des besoins des populations mondiales, entraînera des émissions supplémentaires de GES par déstockage temporaire de 20 à 30 tonnes de carbone stable du sol par ha, ce qui rendra plus difficile la réalisation des objectifs climatiques planétaires. Sans parler des impacts, peut-être plus irrémediables, sur la biodiversité.

2 au niveau régional

Le tableau n°6 présente les estimations sur l'évolution de l'utilisation des sols de la Planète entre 1961 et 2000 avec une projection à l'horizon 2050, à partir du scénario *Agrimonde 1* qui a pour objectif prioritaire de satisfaire les besoins alimentaires des populations. Ces estimations doivent être analysées avec prudence, en tenant compte des observations précédentes.

La situation des différentes grandes régions peut être rapidement commentée :

- OCDE : cette région est globalement en équilibre : consommation alimentaire relativement stable, situations écologiques sous contrôle. Des disponibilités non négligeables existent pour développer des productions énergétiques. Rappelons qu'à l'orée de la Révolution industrielle, de nombreux pays européens consacraient près de 20 % de leurs surfaces agricoles à nourrir les animaux de trait. qui étaient à la base des transports et entraînaient de nombreux équipements.
- Afrique du Nord et Proche Orient : la situation est particulièrement tendue du fait d'une croissance démographique encore vigoureuse, même si la transition démographique devrait être sur le point de s'achever en 2050, et surtout de l'état très préoccupant des

¹⁹ En France qui n'est pas le pays où l'étalement urbain est le plus rapide, la surface urbanisée a augmenté de 10% (soit de 10 à 11 millions d'ha) entre 1990 et 2004. Au cours d'un séminaire récent tenu au Ministère de l'agriculture, Mr Levêque (SAFER) a avancé le chiffre de 450 millions d'ha comme estimation des terres agricoles qui seront urbanisées d'ici 2050 au niveau mondial

²⁰ Intervention de Mr Parviz Koohafkan, directeur du département des terres et des eaux de la FAO, lors du séminaire organisé par le Centre d'Evaluation et de Prospective du Ministère de l'Agriculture le 31 janvier dernier.

ressources naturelles (sols et eaux). La gestion des zones naturelles constitue incontestablement l'enjeu majeur des cinquante années à venir.

- Afrique au Sud du Sahara : C'est la région la plus problématique de ces cinquante prochaines années : elle connaît une croissance démographique exceptionnelle : la production alimentaire devrait être multipliée par 5 d'ici 2050 pour y faire face, en tenant compte d'une certaine évolution des comportements alimentaires. Par ailleurs, les agriculteurs rencontrent des difficultés à passer des pratiques des cultures itinérantes pour aller vers une agriculture permanente de leurs champs. Apparemment l'espace agricole existe. Mais le contexte agro pédologique est souvent très difficile et les sols subissent les conséquences de pratiques qui ne peuvent être acceptables qu'avec des jachères de longue durée, ce qui n'est plus le cas depuis le milieu du vingtième siècle.
- Asie : les besoins alimentaires vont rester très importants au cours des cinquante prochaines années : la transition démographique n'est pas encore achevée dans de nombreux pays. Et le développement économique remarquable de cette région pousse les consommateurs à des comportements alimentaires plus exigeants (consommation de viande en particuliers). Les situations resteront contrastées entre les régions qui connaissent depuis des siècles des densités démographiques importantes (comme le cœur de la Chine) et celles où la pression démographique est moins intense comme l'Insulinde.

Tableau n°6 : Evolution de l'utilisation des sols par grandes régions à l'horizon 2050 (en millions d'hectares)

Sols ²¹ cultivables	Grandes régions	Utilisation des sols					
		FAO			Agrimonde 1		
		1961	2000	variation	2050	variation	
100	AFN-MO dt	C	73	83	+14	90	+8
		P	235	327	+39	320	-2
		F	49	33	-33	30	0
1.000	ASSahara dt	C	144	192	+33	340	+76
		P	767	782	+2	710	-12
		F	707	637	-10	500	-31
1.100	A Latine dt	C	102	162	+58	310	+91
		P	462	555	-20	430	-20
		F	1.030	937	-9	920	-4
600	Asie dt	C	369	455	+23	560	+23
		P	416	565	+36	470	-9
		F	526	497	-5	460	-10
400	Ex URSS dt	C	240	203	-15	300	+53
		P	302	359	+19	290	-16
		F	913	843	-8	860	0
900	OCDE						

²¹ Ordres de grandeur des sols disponibles à la fin du 20^{ème} siècle, estimés à partir des bases de données GAEZ et SAGE

	dt	C	426	418	-2	500	+18
		P	817	752	-8	610	-23
		F	1.071	978	-9	1.080	+10
4.100	Monde						
	dt	C	1.354	1.513	+12	2.100	+39
		P	2.999	3.340	+11	2.830	-15
		F	4.296	3.925	-9	3.830	-1

Légende : AFN-MO : Afrique du Nord Moyen Orient
 ASSahara : Afrique au sud du Sahara
 ALatine : Amérique latine.
 C Champs cultivés
 P Pâturages
 F Surfaces boisées

- L'Amérique latine : c'est la région qui présente les plus grands potentiels de terres et d'eaux disponibles de la Planète. Elle ne devrait pas avoir de difficultés à satisfaire ses besoins alimentaires et même alimenter un courant d'exportation important de biens agricoles, tout en développant ses productions énergétiques (canne à sucre et ressources forestières). Cela ne veut pas dire qu'il n'y aura pas des zones, ou des couches sociales, qui souffriront de pénuries de biens alimentaires, ou énergétiques, du fait de circonstances locales

3 au niveau de la France

L'utilisation des sols en France a énormément varié au cours des siècles : au début du dix-neuvième siècle, les forêts avaient subi les conséquences des besoins énergétiques croissants du début de la Révolution industrielle et surtout des guerres, conséquences de la Révolution (moins d'un million et demi ha en 1820). Mais elles se sont reconstituées rapidement à partir de 1850. Cette renaissance a été favorisée par la mobilisation croissante des ressources fossiles (charbon puis pétrole) pour satisfaire les besoins énergétiques en forte croissance de la Société. L'autre évènement majeur a été la motorisation de l'équipement agricole qui a libéré des superficies importantes pour d'autres spéculations que l'alimentation des animaux de trait. Le tableau n°8 présente l'évolution des superficies depuis 1960.

Tableau n°7 : évolution des sols en France 1960-2000

	1960	1988	2000	2010
SAU	33.000.000	28.600.000	27.900.000	26.500.000
Prairies	15.000.000	10.870.000	9.500.000	9.000.000
Terres cultivées	17.000.000	15.700.000	17.300.000	17.000.000
Forêts	12.000.000	14.000.000	15.000.000	16.000.000

Ha

Ce tableau montre les grandes évolutions actuelles du territoire français :

- Une progression ralentie des surfaces boisées
- La diminution rapide des prairies permanentes, ce qui n'est pas sans des impacts écologiques (notamment en ce qui concerne les émissions de GES). Mais cette évolution est désormais freinée par les mesures agro-environnementales de la Politique Agricole Commune (PAC).

En outre on observe un étalement urbain toujours dynamique, malgré le coût croissant de l'énergie

Pour éclairer l'avenir, le plus récent exercice de prospective qui s'inscrit dans les préoccupations du groupe de travail est celui intitulé *la forêt française en 2050-2100* réalisé par le Conseil Général de l'Alimentation et des Espaces Ruraux en 2009²². Les scénarios qui ont été retenus dans cette étude sont résumés dans le tableau n° 9 suivant : les chiffres en italique ne sont pas extraits du rapport. Ce sont des estimations, compte tenu de la description du scénario.

Cet exercice présente deux intérêts :

- La variable énergie est au cœur des préoccupations de ceux qui y ont participé
- Il montre combien l'avenir n'est pas figé lorsque la variable *alimentation* n'est pas trop prégnante, ce qui doit rendre modeste tout exercice de prospective.

Il confirme combien la gestion des territoires forestiers est centrale lorsqu'on se préoccupe de la contribution de la biomasse aux bouquets énergétiques du futur.

**Tableau n°8 : les scénarios du CGAER à l'horizon 2050
(En ha)**

Scénario	Surface Agricole Utile	Dont prairies	Dont Terres labourables	Forêts	
				Surface	Dont TCR
Tout pour l'énergie	<i>20.000.000</i>	<i>7.000.000</i>	<i>10.000.000</i>	21.000.000	5.000.000
Tout pour le dévelop durable	<i>23.000.000</i>	<i>8.000.000</i>	<i>12.000.000</i>	18.000.000	2.000.000
Tout pour l'alimentation	33.000.000	9.000.000	<i>21.000.000</i>	11.000.000	
Concurrence Alimen-Energie	26.000.000	4.000.000	<i>19.000.000</i>	15.000.000	5.000.000
Friches forestières	<i>20.000.000</i>	<i>9.000.000</i>	<i>10.000 000</i>	18.000 .000	

TCR : Taillis à Courte Révolution

La contribution de la biomasse aux bouquets énergétiques du futur

Essayer de conjecturer la place de la biomasse dans les bouquets énergétiques du futur, c'est d'abord se pencher sur les filières forestières qui pourraient fournir de l'énergie. Dans une deuxième étape, l'attention se portera sur les ressources agricoles.

1 La valorisation énergétique des ressources forestières

La valorisation énergétique de la biomasse forestière à l'horizon 2050 est une question fort controversée entre les experts. Il semble que la meilleure synthèse actuelle soit celle d'Ed. M. W. Smeets et de A. P.C Faaij²³ de l'Institut Copernicus de l'Université d'Utrecht sur laquelle va reposer cette analyse.

²² Ed Cètre Besançon

²³ *Bioenergy potentiel for forestry in 2050, an assessment of the drivers that determine the potential* Institute Copernicus for sustainable development and innovation Université d'Utrecht 2006

Leur article propose de distinguer

- Les usages industriels des usages domestiques (*woodfuel*)
- Les forêts des plantations et des arbres hors des forêts qui poussent dans les zones boisées, notamment dans les savanes de l'Afrique au sud du Sahara

Il s'intéresse non seulement à la valorisation de la ressource forestière proprement dite, mais aussi à celui du bois abandonné en forêt, des sous-produits de l'industrie forestière et des déchets de bois après une première utilisation. Il prend en compte les autres usages du bois (bois d'œuvre et d'industrie) et s'efforce de régionaliser ses conclusions. Il analyse notamment :

- Les ressources forestières proprement dite : on trouve dans la littérature des estimations laissant entendre que la biomasse forestière annuelle serait de l'ordre de près de 10 Gtep (soit 2,5 milliards de m³) dont plus de 250 Mtep serait disponibles pour les valorisations énergétiques. Les auteurs ont procédé à une révision des données de la littérature, en distinguant les ressources forestières théoriquement disponibles, de celles qui le sont techniquement, économiquement et écologiquement. Ils ont essayé de prendre en compte l'impact de la déforestation;
- Les plantations : elles étaient estimées en 1995 par la FAO à 103 Mha pour les plantations industrielles et 20 Mha en ce qui concerne les plantations villageoises. Les auteurs ont retenus 3 scénarii : 200, 220 et 400 Mtep/an pour les plantations industrielles et 50 et 150 MTEP/an pour les plantations villageoises ;
- Les arbres hors des forêts : l'étude retient une contribution stable évaluée à 300 Mtep/an ;
- La demande industrielle de bois énergie : les avis des experts divergent fortement entre 300 et 2.000 Mtep/an. Les auteurs ont retenu 3 scénarii : 500, 700 et 900 Mtep/an ;
- La demande de bois de feu domestique : là aussi les avis des experts sont contrastés : entre 0 et 800 Mtep/an. Les auteurs ont retenu 3 scénarii : 480, 600 et 700 Mtep/an ;
- Le bois abandonné en forêt : l'étude retient un facteur 0,75 par rapport aux volumes collectés pour le bois énergie et le bois de feu ;
- La contribution des sous produits industriels des filières bois est évaluée à 25% de la valorisation énergétique des productions industrielles à base de bois
- La contribution des déchets (c'est à dire des matériaux à base de bois après usage) est évaluée de la même façon à partir des valorisations industrielles ;
- Les changements techniques, tant au niveau du recyclage que de l'amélioration des performances ou l'emploi de nouvelles matières premières (paille, stipes de palmier,...).

Les résultats de cette analyse peuvent ainsi être résumés :

**Tableau n°9 : potentiel mondial de la biomasse forestière
(en milliards de tep -Gtep- par an)**

	Avec déforestation	sans déforestation
Potentiel des forêts (hors zones boisées, sous-produits et déchets)		
Théorique	2,4	2,7
Y compris avec le bois abandonné	4,0	4,40
Techniquement possible	2,2	2,45
Economiquement possible	1,0	1,2
En tenant compte des contraintes écologiques	0,5	0,6

Le scénario central conduit aux prévisions suivantes pour 2050 au niveau mondial, si on privilégie les critères économiques :

Bois de feu	
Zones boisées	300 Mtep/an
Plantations	70
Forêts	90
Bois énergie industriel	
Forêts	350
Bois abandonnés	150
Sous produits ind	260
Déchets	260

Soit une contribution de 1,47 Gtep/an contre 1 Gtep/an aujourd'hui. Cette estimation peut être considérée comme haute car elle ne prend pas en compte toutes les contraintes écologiques.

Le tableau n°10 régionalise cette analyse : Il confirme les analyses précédentes. Le contraste est grand entre les différentes régions du Monde : l'Amérique latine et les Zones nordiques (y compris la Communauté des Etats Indépendants) disposent de ressources forestières abondantes, alors que les autres régions sont beaucoup plus contraintes, l'Afrique au sud du Sahara étant celle dont l'évolution au cours des cinquante prochaines années est la plus problématique

Tableau n°10 : Prévision à 2050 de la contribution énergétique de la biomasse forestière (en millions de tep –Mtep- par an)

Grandes régions	Bois de feu			Bois énergie industriel				Total
	Zones boisées	plantations	forêts	Surplus forêts	Bois abandon	Sous-produit	déchets	
Amérique N			2	5	43	104	104	258
Océanie					5	10	10	25
Japon					2	17	17	36
Europe W				20	17	38	38	113
Europe E				10	5	7	7	29
Ex URSS			2	300	34	14	14	364
AfriqueSSaha	60	5	17		5	7	7	101
Am Latine	63	12	29	10	10	15	15	154
AFN MO	2	2	2		2	5	5	18
Asie Est	100	17	38	5	20	38	38	256
Asie Sud	75	34			7	5	5	126
Monde	300	70	90	350	150	260	260	1.480

Il apparaît en conclusion qu'il sera très difficile, d'ici 2050, même en, exploitant au mieux les bois abandonnés en forêt, les sous produits industriels et les déchets de bois, de doubler le volume de la biomasse forestière dédiée à la satisfaction des besoins énergétiques de l'Humanité. Mais certains membres du groupe de travail, tout en appréciant la qualité du travail des auteurs de cet article, estiment que leurs conclusions sous-estiment le potentiel énergétique mondial des surfaces boisées de la Planète.

2 La valorisation énergétique des ressources agricoles

Dans son livre *Nourrir la Planète*²⁴, Michel Griffon aborde (chapitre 13) la question des biocarburants en explorant l'hypothèse d'une production annuelle de 4 à 6 Gtep. Il montre qu'elle n'est pas réaliste car il faudrait y consacrer plus de 2.000 M ha, c'est-à-dire davantage que la surface actuellement cultivée dans le Monde.

En réalité, la question doit être abordée de manière plus large - il ne s'agit pas seulement de produire des biocarburants, même si pour l'instant ils constituent la seule alternative crédible aux ressources pétrolières nécessaires aux transports routiers, maritimes et aérien, mais aussi une large gamme de produits chimiques et de matériaux- et plus modeste – il est évident que le principal débouché de l'agriculture restera l'alimentation des populations-.

Pour placer le curseur, il convient d'analyser la situation des sociétés avant la Révolution industrielle et de tenir compte des tensions actuelles sur les sols et les eaux analysées plus haut.

Comme il n'était pas dans les possibilités du groupe de travail de se livrer à une prospective approfondie du développement des cultures énergétiques d'ici 2050, mais seulement de fixer des ordres de grandeurs, deux paramètres ont été retenus :

- Le pourcentage des terres cultivées pouvant être dédiées à ces spéculations : Jusqu'au 18^{ème} siècle, la biomasse était la principale source d'énergie des populations européennes. Plus particulièrement, l'alimentation des animaux de trait qui étaient les compagnons de l'Homme dans tous les aspects de sa vie quotidienne, nécessitait d'y consacrer 20% des surfaces agricoles utiles. Depuis cette époque, les rendements agricoles ont beaucoup augmenté, mais également les besoins alimentaires à satisfaire. Par conséquent, on peut considérer ce coefficient de 20% comme une borne haute de notre exercice de prospective²⁵. Par contre, en 2050, il y aura un certain nombre de régions, comme l'Afrique du Nord ou la Chine, où les tensions sur les productions alimentaires seront telles qu'il n'y aura pas de place pour des cultures énergétiques.
- Le rendement net énergétique à l'ha : des chiffres de 4 à 5 tep à l'ha ont été avancés. S'ils sont tout à fait plausibles pour les cultures tropicales (du fait notamment des rendements exceptionnels de la canne à sucre²⁶), c'est à ce jour encore utopique pour les zones tempérées pour lesquelles un rendement moyen net annuel de 2,5 tep/ha serait déjà très satisfaisant.

Le tableau n°12 présente une prospective des cultures énergétiques ventilées par grande régions sur ces bases. C'est naturellement un exercice très préliminaire. Mais il montre la place que devraient occuper les pays tropicaux dans l'économie énergétique de demain.

²⁴ Ed Odile Jacob Paris 2006

²⁵ C'est d'ailleurs la borne qu'a retenue l'AIE.

²⁶ Au Brésil, les rendements moyens actuels sont de 3,6 TEP/ha net + 0,3 TEP/ha sous forme de production électrique. Les experts brésiliens estiment qu'en 2050, ces rendements seront portés à 4,4 TEP/ha/an pour l'éthanol + 0,7 TEP pour la production électrique, soit 5,1 TEP/ha, dans *Bioéthanol*, opus déjà cité.

Tableau n°11 : prospective de l'état des cultures énergétiques à l'horizon de 2050

Grandes régions	Surfaces cultivées Mha	Cultures énergétiques			
		%	Mha	Rendement net tep/ha/an	Mtep/an
AFN Proche Orient	90	0	0		0
Afrique S Sahara	340	10	34	3	100
Amérique Latine	310	20	60	4,5	270
Asie	560	5	28	4	110
Ex URSS	300	10	30	2,5	75
OCDE	500	10	50	2,5	125
Monde	2.100		200		680

.Ainsi un objectif de production annuelle de 700 millions de tep sur près de 200 Mha ne paraît pas irréaliste.

L'évolution des contributions de la biomasse aux bouquets énergétiques entre 2000 et 2050

Il est maintenant possible d'essayer de répondre à la question de la place de la biomasse dans les bouquets énergétiques du futur.

1 au niveau mondial

Reprenons le tableau n°12 en y incluant une colonne pour la prospective à 2050 et en retenant que la valorisation énergétique des déchets urbains pourrait doubler d'ici 2050, du fait de l'urbanisation et du développement des procédés de méthanisation (voir ci-après)

Tableau n°12 : évolutions des valorisations énergétiques de la biomasse entre 2000 et 2050

	2000		2050	
	Mtep	% valo en biom	Mtep	%valo en biom
Res agricoles				
Cult énergét	30	3	680	30
Sous-produits	80	7	100	4
Res forestière				
Bois énergie	820	75	960	41
Sous-produits	140	12	260	11
déchets			260	11
Déchets org urb	30	3	60	3
Total	1.100	100	2.320	100

En définitive, il n'est pas impossible que la biomasse puisse maintenir sa place dans les bouquets énergétiques du futur. Mais cela suppose deux inflexions majeures :

- Le développement des cultures énergétiques, en complément et en association avec les cultures alimentaires, ou sous forme de plantations cellulosiques intensives en zones boisées,
- Une forte politique de recyclage énergétique du bois abandonné en forêt ainsi que des sous produits et déchets de toutes natures.

Mais dans l'état actuel des connaissances, **il paraît difficile que les énergies tirées de la biomasse puissent atteindre 20% de la consommation globale d'énergie primaire en 2050**. Parvenir à cet objectif pour se substituer en partie à des ressources fossiles supposerait de :

- mettre en œuvre une politique rigoureuse de sobriété énergétique au plan mondiale,
- mettre au point et de diffuser largement des méthodes d'intensification des pratiques forestières qui soient durables (notamment du point de vue de la biodiversité).

Cette réflexion débouche enfin sur les 3 conclusions suivantes

- D'abord les questions de productivités des écosystèmes vont retrouver une place centrale dans les débats publics, au même titre que leur durabilité²⁷. En particulier, les efforts de la recherche devront veiller à accroître chaque fois que cela sera possible les rendements des systèmes végétaux tout en assurant leur durabilité ;
- Du fait de la relative rareté des biomasses pouvant être transformées en énergie, le choix de la forme d'énergie à privilégier ne sera pas anodin. Il devra tenir compte des disponibilités locales des autres sources d'énergie pour optimiser cette ressource rare ;
- Enfin malheureusement, on ne peut pas exclure une intensification des conflits géostratégiques pour accaparer des terres et des eaux, devenues de plus en plus précieuses, pour garantir à long terme les conditions de vie, voire de survie, des populations. Les batailles actuelles pour la gestion des ressources hydriques au Proche Orient ou les tentatives d'accaparement des terres en Afrique noire s'inscrivent dans ces perspectives, hélas, très préoccupantes.

2 au niveau régional

En synthétisant toutes les données collectées, il est possible d'esquisser la contribution de la biomasse aux bouquets énergétiques des grandes régions du monde. C'est l'objet du tableau n°13. Pour le construire, la contribution énergétique des sous produits agro industriels et des déchets organiques urbains a été ventilée sur la base de la répartition des populations attendues en 2050. En confrontant ces résultats avec les prévisions de l'AIE sur les consommations énergétiques prévisibles à l'horizon de 2050, il devrait être possible de conjecturer la place de la biomasse à cette échéance dans les bouquets énergétiques régionaux du futur qui sera fort différente, selon les continents.

Tableau n°13 : contribution attendues de la biomasse aux bouquets énergétiques des grandes régions en 2050 (en millions de tep par an)

	Ressources agricoles			Ressources forestières				Déchets org urb	Total
	Cultur éner	Sous prod	Total	Bois éner	Sous prod	déchets	Total		

²⁷ C'est la thèse centrale des promoteurs de la *Révolution doublement verte* qui prônent l'avènement d'une agriculture écologiquement durable mais à haute productivité, comme Michel Griffon.

AFN P Or	0	5	5	8	5	5	18	3	26
Afrique SSahara	100	15	115	87	7	7	101	9	225
Amérique Latine	270	12	282	124	15	15	154	7	443
Asie	110	55	165	288	41	41	382	33	580
Ex URSS	75	3	78	346	14	14	364	2	444
OCDE	125	10	135	109	176	176	461	6	602
Monde	680	100	780	960	260	260	1.480	60	2.320

N'oublions pas qu'il s'agit d'un exercice de prospective qui n'a pour objectif que de fixer quelques grands ordres de grandeur. En tout cas, *il semble ressortir de cette analyse, en confrontant les données du tableau n°14 avec celles du tableau n°2, que si la contribution de la biomasse aux bouquets énergétiques africains devrait rester stable en volume au cours des quarante années à venir, elle pourrait doubler en Asie, tripler dans les pays de l'OCDE et même quadrupler en Amérique latine.*

3 au niveau de la France

A l'horizon 2050, la France devra avoir considérablement réduit sa consommation énergétique et diviser par 4 sa production des gaz à effet de serre. Cela nécessitera une politique structurelle d'économies d'énergie et de matières premières qui affectera les consommations individuelles et les comportements, les procédés et les systèmes logistiques. Elle s'appuiera sur des actions d'information et de sensibilisation du public, sur des mesures réglementaires incitatives ou contraignantes et bien entendu sur des systèmes de prix (taxes).

Il faudra également favoriser la substitution des énergies fossiles de plus en plus rares par des énergies renouvelables de manière à participer aux efforts internationaux, et d'abord européens de lutte contre le changement climatique : rappelons que la Commission européenne a demandé en janvier 2008 à ses membres d'atteindre avant 2020 un triple objectif : diminuer de 20% leur consommation d'énergie, de porter à 20% la part des énergies renouvelables dans leur bouquet énergétique et de diminuer de 20% leur production de gaz à effet de serre.

Outre les économies d'énergie et les réductions d'émissions de gaz à effet de serre à réaliser au sein des économies agricoles, forestières et agro-industrielles (comme dans tout le pays), il apparaît, dans l'état actuel de nos connaissances, qu'il n'est pas réaliste de penser pouvoir aller, en 2050, au-delà de 35 à 40 Mtep d'énergie primaire par an pour la biomasse, soit plus de trois fois la production actuelle (12,5 Mtep/an).

En effet, un tel objectif nécessite, outre la valorisation énergétique efficiente de tous les sous-produits et déchets disponibles, de mobiliser près de 5 millions d'hectares agricoles et/ou forestiers, sous forme de cultures énergétiques dédiées, dont probablement les deux tiers pour les biocarburants (NB 2 millions d'hectares agricoles seront mobilisés dès 2020 pour la production de biocarburants de première génération. Dans le même temps, près d'un million d'hectares agricoles, contre 500.000 ha aujourd'hui, pourraient être affectés des 2020 à des productions tournées vers la chimie du végétal et les biomatériaux).

Ces perspectives que détaille le tableau n°14 ci-dessous, situent la France dans la fourchette haute de ce que peuvent engager les pays de l'OCDE, grâce à ses richesses agricoles et forestières. C'est un potentiel considérable. Encore convient-il que nous soyons capables de

le l'exploiter et de le mobiliser durablement sans perturber les filières en place et les écosystèmes, en développant des systèmes d'exploitation des ressources agricoles et forestières à la fois très productives, sobres et diversifiés.

Conclusion

De tous temps la biomasse a été utilisée par l'Homme pour satisfaire ses besoins alimentaires mais aussi énergétiques. Face aux défis que représentent l'épuisement des ressources pétrolières et le changement climatique, beaucoup d'experts s'intéressent de nouveau aux contributions énergétiques de la biomasse. Sans nier qu'il existe des potentiels à valoriser, notamment au niveau des sous-produits et déchets de toutes sortes, il convient de rappeler que les besoins alimentaires, en matériaux et en chimie devraient rester très importants dans l'avenir, puisqu'ils devraient doubler d'ici 2050. Par ailleurs, la biomasse est d'abord une source de molécules fabriquées grâce à la photosynthèse à partir de gaz carbonique et d'eau. C'est d'abord cette propriété tout à fait remarquable qui doit être valorisée, la production d'énergie n'intervenant qu'en complément et dans la perspective d'une gestion durable des écosystèmes de la Planète.

Henry-Hervé Bichat
Septembre 2011