

La disponibilité de la biomasse pour les valorisations énergétiques à l'horizon de 2050

Henry-Hervé BICHAT

Ingénieur général honoraire du génie rural, des eaux et forêts, président du club «jardin planétaire» de l'association Prospective 2100

Merci de m'avoir invité à vous présenter des travaux de prospective sur la valorisation énergétique de la biomasse.

Dans le cadre de l'association Prospective 2100, nous avons organisé un Atelier animé par le Professeur J. L. Bobin qui concerne toutes les sources d'énergies. J'y ai été chargé de prendre en charge la biomasse qui, comme l'orateur précédent l'a indiqué, représente l'ensemble des molécules procédant directement ou non de la photosynthèse.

Cela nous a conduit à mettre en place un groupe de travail particulier associant des représentants d'administration (Ministère de l'agriculture), de centres de recherche (CEA et IFP) et d'entreprises (Dalkia, Procethol et Sofiprotéol) pour analyser l'évolution des valorisations énergétiques de la biomasse, d'abord jusqu'en 2050, puis au delà. Le rapport qui conclut cet exercice de prospective comprend 3 grandes parties :

- d'abord une évaluation des biomasses que l'on peut mobiliser pour des usages énergétiques d'ici 2050, en tenant compte de leurs autres valorisations comme l'alimentation des populations ;
- ensuite, une estimation, à dire d'experts, de l'évolution des coûts d'investissement et de fonctionnement à l'horizon 2050 des grandes filières de valorisation énergétique de la biomasse (combustion, gazéification, méthanisation, production de biocarburants à partir de glucides ou d'oléagineux) ;
- enfin une exploration des autres voies de valorisation en cours dans les laboratoires mais qui ne pourront déboucher au plan industriel qu'au de-là de 2050 : micro-algues, amélioration du processus de la photosynthèse, photosynthèse artificielle.

Dans le cadre de ce séminaire, je vais vous présenter la première partie de notre travail car elle s'inscrit dans vos axes de réflexions. Par ailleurs,

l'actualité est marquée par de nombreuses déclarations sur la capacité de la biomasse à prendre une place majeure dans les énergies de demain. Il importe de regarder de près si ces espoirs sont fondés.

La biomasse est un ensemble très complexe dont la principale caractéristique est la diversité : diversité des ressources, diversité des procédés et diversité des usages. Sa production est également très contrainte par les conditions agro-écologiques. Compte tenu de l'accroissement de la population mondiale (nous serons 9 milliards en 2050) et surtout de ses besoins, la biomasse va de plus en plus être au cœur de conflits d'usage : quelles sont les valorisations à privilégier : la production alimentaire, la chimie, les matériaux ou l'énergie ? Ces débats sont très complexes car les impacts de ces choix sont très différents selon les situations. Mais en même temps – et c'est un grand changement par rapport au passé- nous sommes dans un monde globalisé.

Quelle est la situation de la valorisation énergétique de la biomasse aujourd'hui ? En 2000 la production énergétique mondiale est estimée à 11 à 12 milliards de tonne-équivalent-pétrole (Gtep). Sur ce total, 10% proviendrait de la biomasse, avec une place majeure pour les ressources forestières, du fait notamment de l'utilisation du bois de feu par les populations du sud pour satisfaire leurs besoins domestiques.

	<i>Quantités 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

Ce qui explique que la place de la biomasse dans les bouquets énergétiques actuels soit très variable : de 4% dans les pays de l'OCDE à 70% en ce qui concerne l'Afrique.

Régions	Energie primaire Mtep/an	Energie biomasse Mtep/an
Amérique latine	490	90
Afrique	560	270
Asie	1.220	310
Chine	1.750	210
Proche Orient	480	0
OCDE	7.340	195

Comment cette situation va-t-elle évoluer d'ici 2050 ? Les travaux de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) débouchent sur un doublement de la consommation énergétique mondiale, malgré une forte augmentation de l'efficacité énergétique, du fait de l'augmentation souhaitable du Produit Mondial pour satisfaire à cette échéance les attentes des populations. Si cette augmentation de la production énergétique avait pour conséquence une augmentation des émissions de gaz à effets de serre (GES), cela pourrait entraîner une catastrophe climatique. C'est pourquoi les experts essaient d'explorer toutes les voies pour l'éviter. D'où des objectifs très ambitieux pour la valorisation énergétique de la biomasse qui fleurissent dans les médias. Par exemple, il est indiqué que celle-ci pourrait quadrupler d'ici 2050, passer de 1 Gtep/an à 4 Gtep/an. Ce qui aurait pour conséquence de doubler la part de la biomasse dans les bouquets énergétiques du futur.

Le premier objectif que s'est donné le groupe de travail a consisté à vérifier si cet objectif était réaliste. Pour l'atteindre, nous nous sommes penchés d'abord sur l'évolution des usages des terres émergées, d'ici 2050, à partir des travaux de l'Organisation des Nations-Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation (FAO) et d'un exercice de prospective récemment conduit par l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) et le Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) dénommé *Agrimonde*. Sur

les 13 milliards d'hectares (Gha) de terres émergées, il y aurait 1,5 Gha de terres cultivées, 3,2 Gha de prairies et 3,9 Gha de forêts. Les travaux de la FAO, appuyés sur les recherches de plusieurs grandes universités américaines, laissent entendre que la superficie cultivée mondiale pourrait être portée à 2,6 Gha.

Mais il faut rester prudent parce que ces prévisions reposent sur des données fournies par les Etats ou des images satellitaires. Par ailleurs, ils ne prennent pas en compte l'étalement urbain. Enfin transformer une prairie ou une forêt s'accompagne d'une production de GES et d'une perte de biodiversité. Nous avons donc retenu dans notre exercice le chiffre de 2,1 Gha pour les terres cultivées à l'horizon 2050, soit 500 millions supplémentaires, que nous avons répartis par grandes régions.

Sols cult gd régions 2000 2050

100	AFN-MO	dt	C	83	90
			P	327	320
			F	33	30
1.000	ASSahara	dt	C	192	340
			P	782	710
			F	637	500
1.100	A Latine	dt	C	162	310
			P	555	430
			F	937	920
600	Asie	dt	C	455	560
			P	565	470
			F	497	460
400	Ex URSS	dt	C	203	300
			P	359	290
			F	843	860
900	OCDE	dt	C	418	500
			P	752	610
			F	978	1.080
4.100	Monde	dt	C	1.513	2.100
			P	3.340	2.830
			F	3.925	3.830

Ensuite nous nous sommes penchés sur l'évolution des forêts, dont je vous rappelle qu'elles sont à la base de 80% des valorisations énergétiques de la biomasse aujourd'hui. Nous avons rencontré beaucoup de difficultés car les données forestières sont beaucoup moins fiables que celles provenant de l'agriculture. Finalement ce sont les travaux de l'Institut Copernicus de Leyde (Pays-Bas) qui nous ont apporté la solution. Ils ont en effet analysé toute la littérature mondiale consacrée à l'évolution des surfaces forestières, à leurs productions et à leurs valorisations entre bois d'œuvre, bois d'industrie et bois énergie. Ils estiment le potentiel énergétique mondial des forêts entre 2 et 2,4 Gtep. Mais une partie de celui-ci n'est pas mobilisable pour des raisons techniques, économiques et écologiques. En réalité les valorisations énergétiques mondiales de la biomasse forestière qui sont près du milliard de tep aujourd'hui pourraient être portées à 1,5 milliards à l'horizon 2050, ventilées ainsi :

• Bois de feu	
○ Zones boisées	300 Mtep/an
○ Plantations	70
○ Forêts	90
• Bois énergie industriel	
○ Forêts	350
○ Bois récupérés en forêt	150
○ Sous produits industriels	260
○ Déchets de bois après usage	260
• Total	1.480 Mtep/an

A souligner l'importance dans les bilans globaux de la collecte des bois abandonnés en forêts et du recyclage des déchets de toutes natures. Ces résultats ont ensuite été ventilés par grandes régions mondiales.

Grandes Régions	Bois de feu	bois industriel	Total
Amérique du Nord	2	254	258
Océanie		25	25
Japon		36	36
Europe W		113	113
Europe E		29	29
Es URSS	2	362	364
Afrique S Sahara	19	82	101
AFNMO	6	12	18
Amérique latine	104	50	154
Asie E	155	101	256
Asie S	109	17	126
Monde	460	1.020	1.480

Nous sommes alors revenus vers les productions énergétiques agricoles à l'horizon 2050. Pour les estimer, nous sommes partis de la ventilation des surfaces cultivées par grande région à cette échéance. Nous avons fait deux hypothèses :

- le pourcentage de la surface cultivée qui pourrait être consacrée à des productions énergétiques. Pour ce faire nous nous sommes rappelés que jusqu'au début du XXème siècle 20% de la superficie agricole utile était en Europe consacrée à l'alimentation du bétail de trait et donc à des cultures énergétiques (en 1800, 80% de l'énergie utilisée en Europe provenait, directement ou non, de la biomasse). Nous avons considéré que cela constituait une borne haute. Nous avons donc multiplié les surfaces cultivées des grandes régions mondiales par un coefficient (0 pour l'Afrique du Nord-Moyen-Orient, 0,1 pour l'Afrique subsaharienne, 0,2 pour l'Amérique latine, 0,05 pour l'Asie, 0,10 pour les pays de l'OCDE) tenant compte de la pression alimentaire qu'elles subiraient ;
- le rendement des cultures énergétiques pratiquées : nous avons considéré que les zones tropicales, à partir du moment où le problème de l'eau était résolu, avaient des conditions de production beaucoup plus favorables que les zones tempérées pénalisées par l'arrêt de leur végétation pendant l'hiver. A titre d'exemple, la canne à sucre et le palmier à huile peuvent produire 5 tep par ha et par an. Mais il n'est pas possible d'obtenir ces résultats dans toutes les situations. Nous avons donc retenu, en rendement tep annuel net par ha, à l'horizon

2050, les chiffres suivants : 2,5 pour les zones tempérées, 3 pour l'Afrique subsaharienne, 4 pour l'Asie et 4,5 pour l'Amérique latine.

Ainsi sur les 2,1 Gha cultivés en 2050, 700 Mtep de biocarburants pourraient être produits annuellement sur près de 200 Mha.

Grandes régions	S cult Mha	%	rdt TEP/ha	Total MTEP/an
AFNMO	90	0		0
Afrique S Sahara	340	10	3	100
Amérique latine	310	20	4,5	270
Asie	560	5	4	110
Ex URSS	300	10	2,5	75
OCDE	500	10	2,5	125
Monde	2.100			680

Enfin nous avons pris en compte que le développement des agglomérations allait entraîner une explosion de leurs déchets. Ceux-ci peuvent également constituer un gisement énergétique non négligeable dans l'avenir

Au total, cet exercice de prospective débouche sur la conclusion qu'il doit être possible de doubler d'ici 2050 la production d'énergie à partir de la biomasse en satisfaisant les autres usages : alimentation, chimie, matériau. Mais avec des changements considérables puisque la ressource forestière qui actuellement fournit 80% de cette énergie n'en assurerait plus que 60%

	2000	2050
Ressources agricoles		
Cult énergétiques	30	680
sous produits	80	100
Ressources forestières		
bois énergie	820	960
sous produits	140	260
Déchets		260
Déchets urbains	30	60
Total	1.120	2.320

Les changements risquent d'être également considérables par grande région :

Grandes régions	res agric	res fores	dechurb	total
AFNMO	5	18	3	26
Afrique S Sahara	115	101	9	225
Amérique latine	282	154	7	443
Asie	165	382	33	580
Ex URSS	78	364	2	444
OCDE	109	461	6	602
Monde	780	1480	60	2.320

- en Afrique, la production énergétique de la biomasse devrait rester stable alors que ce continent devrait connaître une progression foudroyante de ses consommations énergétiques. Il y a deux raisons fondamentales à cette prévision : d'une part l'émigration rurale va freiner l'usage du bois de feu ; d'autre part, la satisfaction des besoins alimentaires des populations en très forte croissance va accaparer toutes les disponibilités ;
- par contre, nous pensons que la production d'énergie à partir de la biomasse pourrait doubler en Asie, tripler dans les pays de l'OCDE et quadrupler en Amérique latine.

En conclusion, il est vraisemblable que la biomasse conservera sa place dans les bouquets énergétiques du futur. Mais pas plus ! En tenant compte des connaissances actuelles, il est donc prudent d'accueillir avec la plus grande circonspection tous les scénarios qui tableraient sur une contribution énergétique de la biomasse plus importante.