



# La valorisation de la biomasse

**Les ressources du futur issues du monde végétal :  
Alimentation, matériaux, énergie**

*Résumé du livre de Claude SOURISSE  
publié par Covabis en Mars 2017*

## La valorisation de la biomasse

Les ressources du futur issues du monde végétal :

Alimentation, matériaux, énergie

*L'explosion démographique planétaire constatée depuis un peu plus d'un siècle confronte aujourd'hui l'humanité à de lourds défis climatiques et environnementaux, et demain de subsistance (nourriture, énergie, minerais). Comprendre comment elle pourra durablement assurer ses besoins matériels, assumer les choix économiques à effectuer, et préparer dès aujourd'hui les décisions d'investissement de l'avenir sont devenus un impératif.*

*Or, à notre échelle de temps, la seule ressource indéfiniment renouvelable - globalement appelée « biomasse » - est le végétal, d'origine terrestre et marine, dont se nourrissent tout le monde animal et nous-mêmes. Sa production naturelle mondiale est considérable, et ses potentialités de valorisation (cultures, forêts, algues) sont porteuses d'un grand avenir. Le livre dont le résumé est présenté ci-dessous a pour but d'expliquer comment cette biomasse pourra répondre dans une large mesure à nos besoins.*

### Les défis actuels de la planète

Après des millénaires de vie « naturelle » dépendant entièrement des végétaux, des animaux, l'homme a inventé les machines fonctionnant au charbon, au pétrole et au gaz, puis les moteurs électriques. La productivité et le niveau de vie ayant fortement augmenté, la population planétaire s'est accrue considérablement, passant d'environ 1 milliard d'habitants en 1750 à plus de 7 milliards aujourd'hui, et les experts prévoient environ 9,5 milliards d'humains en 2050 ! Nous sommes entrés, depuis 1950 dans l'ère de « l'anthropocène ».

En 3 siècles, la population sera ainsi passée de 1 milliard à près de 10 milliards d'hommes, consommant massivement les ressources naturelles, émettant des quantités considérables de déchets, et rejetant beaucoup trop de CO<sub>2</sub> en raison de la combustion du charbon et des hydrocarbures. Cette « grande accélération » est la cause de lourdes conséquences :

- Une **dégradation très inquiétante de notre climat** : c'est notre problème prioritaire, causé par les émissions bien trop fortes de gaz à effet de serre.
- Une **inquiétude sur les ressources alimentaires**, alors que deux milliards d'habitants sont aujourd'hui déjà sous-alimentés, et 800 millions sont affamés.
- Un **épuisement accéléré des ressources de matières fossiles** (minerais, métaux), indispensables pour construire nos équipements, bâtiments, véhicules, et objets divers.
- Une **problématique lourde d'usage de l'énergie**, liée à la fois aux émissions excessives de CO<sub>2</sub>, à l'épuisement annoncé des stocks d'hydrocarbures, et aux risques et nuisances attribués aux nouvelles formes d'énergie (nucléaire, gaz de schistes...).

## Qu'est-ce donc que la biomasse ?

La biomasse, c'est l'ensemble des molécules et matériaux - riches en énergie et biodégradables - provenant des systèmes vivants de la terre et de la mer (plantes, micro-organismes, animaux) mais aussi des produits, déchets et autres résidus de l'agriculture ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et ménagers.

Or la seule ressource naturelle indéfiniment renouvelable que nous offre notre planète [sur terre et dans les océans], c'est cette biomasse. Pourquoi ? Parce qu'elle est issue de l'énergie reçue du soleil, et que celle-ci présente deux atouts absolument majeurs :

a) Elle inonde notre planète d'énergie et cela continuera pendant des milliards d'années.

b) Elle a la capacité - souvent ignorée - de transformer cette énergie en matière « verte », en quantités gigantesques à l'échelle de la planète (au moins **100 milliards de tonnes par an**), à condition de disposer de gaz carbonique, d'eau, et d'un « acteur magique », qui est la vie.

C'est le miracle de la photosynthèse...

Mais au-delà de la **vision naturelle** « massive » qui nous est offerte, un nouveau regard sur le végétal peut être adopté : sur sa **constitution** « histologique » (**donc sur ses cellules, ses fibres**, conditionnant ses propriétés physiques de structure), et surtout sur son **contenu moléculaire**, caractérisant ses capacités de stockage énergétique et ses aptitudes à être l'objet de « métamorphoses » (réactions chimiques) pouvant générer des matériaux ou produits nouveaux aux propriétés souvent remarquables (polymères...).

## La valorisation de la biomasse.

Les animaux se nourrissant d'herbes, de feuilles, de fruits, ont toujours élaboré naturellement des produits consommés par les hommes (viande, lait, œufs, laine, cuir...), qui ont cueilli aussi directement les fruits des arbres, exploité leur bois dans leur état naturel dit « massif ».

Ces produits sont issus des ressources naturelles, appelées « **ressources primaires** ».

Mais aujourd'hui la biomasse ne peut que modestement être utilisée ou consommée directement par l'homme. Elle doit être transformée, ce qui lui confère une « plus-value économique ». C'est ce que l'on appelle **sa valorisation**.

C'est ainsi que de nos jours d'innombrables professionnels utilisent ces plantes pour en extraire des éléments nutritifs (amidon, sucres, huile..), des fibres, des jus (boissons) ou de l'énergie à haute densité calorifique (charbon de bois, biogaz...). Les industries de l'agro-alimentaire, du textile, des matériaux, de même que des coopératives (fruits et légumes), des artisans (viande, bière...), et même l'industrie chimique sont les acteurs de cette valorisation.

Toutes ces transformations permettent de satisfaire une grande partie des **besoins humains**, qu'on peut classer en six grandes catégories : Il s'agit de **la nourriture**, des **produits d'usage corporels** (santé / hygiène/ beauté), des « **produits souples** » (textiles, produits absorbants, papier carton...), des **ingrédients et additifs** (qui sont des « matières d'œuvre » issues du vivant ou du non vivant), des **matériaux** de toute sorte permettant de construire des « équipements », et des **produits énergétiques**.

Ces « **ressources finales** » sont tous des « **produits finaux** » diffusés aux consommateurs, au sein d'immenses « **marchés** ».

Les économistes ont l'habitude de classer les produits finaux en **Produits alimentaires**, **Produits « non-alimentaires » (Matériaux et matières)**, et **Produits énergétiques**.

### **Étapes de valorisation de la biomasse : le « Cycle en M »**

Valoriser la biomasse, qui est une ressource primaire, c'est donc par des transformations successives, en faire une ressource finale. Celle-ci est souvent encore transformée, pour satisfaire le besoin ultime du consommateur qui est - par exemple - de disposer d'énergie motrice humaine, apportée par la nourriture. Celle-ci est appelée alors « **ressource utile** ».

Cette valorisation se déroule généralement en **3 étapes de production, suivies d'une 4<sup>ème</sup> étape de consommation** entraînant une déstructuration du produit final, considérée généralement comme une destruction, avec production de déchets. Il y a donc un cycle de construction / déconstruction, qui - représenté sur un graphique - prend la forme d'un M dont l'axe des abscisses représente le temps et celui des ordonnées l'ordre et le désordre. (Les thermodynamiciens qualifient cette notion par le terme d'« Entropie »).

**Étape 1** : Construction de la plante. C'est celle de la croissance agricole, forestière, maritime.

**Étape 2** : Récolte, fractionnement de la plante. La déconstruction du végétal vise en définitive, selon sa nature et en fonction de l'obtention de la ressource finale obtenue :

- à utiliser sa matière à l'état brut (nourriture, matériaux de construction, ...)
- à en extraire ses fibres, en général pour élaborer des produits souples (tissus, papier)
- ou à en extraire ses molécules intéressantes (dites d'intérêt), en vue de fabriquer de très divers produits ou d'en tirer de l'énergie (généralement après plusieurs transformations).

**Étape 3** : Elaboration des produits finaux - A partir de la matière ainsi déconstruite a lieu la construction des produits finaux : aliments (industries-agroalimentaires), matériaux pour la construction ou les équipements, matières (ingrédients, additifs) pour d'innombrables marchés (pharmacie, cosmétiques, détergents et lubrifiants, textiles papier-carton, chimie, parachimie...), énergie (combustibles solides, biogaz, biocarburants). Certains produits « finaux » sont eux-mêmes des matières d'œuvre (ressources intermédiaires).

**Étape 4** : Consommation / investissement des produits. Elle correspond à l'usage des produits finaux, destinés à être consommés (nourriture, énergie) ou sont des objets de protection ou de garniture (vêtements), de confort (santé, meubles), de travail (outils, machines...), utilitaires (ustensiles, véhicules, papier...), ou de loisirs (livres, DVD...) pouvant être plutôt investis, parfois pour une très longue durée (meubles, immeubles...).

Enfin, comme « rien ne se perd, rien ne se crée », **les déchets** ne disparaissent pas et permettent, au contraire, la croissance ultérieure de nouveau végétaux. (Exemple des forêts dont les graines et résidus des arbres absorbés dans le sol engendrent la croissance naturelle de nouveaux végétaux). Le flux se reboucle donc dans le sol et **le cycle est bouclé**.

Des déchets sont en réalité produits tout au long du cycle de production / consommation.

## Les filières de transformation de la biomasse, aujourd'hui et demain

Piloté par des « acteurs » techniques et économiques, l'ensemble de ces transformations, avec ses infrastructures et ses moyens (machines, ateliers..) – souvent implantés sur des sites territoriaux distincts – constitue une filière à caractère professionnel, dite « sectorielle ».

Travaillant sur la matière « massive », **les filières traditionnelles** l'ont toujours transformée par des opérations mécaniques (séparation, fractionnement, distillation), thermiques (cuisson), et dans une moindre mesure chimique (fabrication du savon, tannage du cuir) ou biologique (fermentation des jus de raisin, de l'orge pour la bière...). Il en sortait des produits finaux et des résidus souvent éliminés et détruits (déchets). Ces opérations s'enchaînant, les matières étaient traitées dans un processus principal « monoflux », dont les exemples sont nombreux :

- Traitement des épis puis des grains de blé, confection de farine, fabrication de pain.
- Sciage du bois, élaboration de planches, de panneaux, fabrication de meubles.
- Traitement du coton, puis filature des fibres, tissage de toiles, confection de vêtements.

Ces filières traditionnelles existent toujours, mais les exigences économiques actuelles et les progrès des technologies ont conduit à concevoir de nouvelles structures de production, basées sur des concepts productiques innovants : Ce sont les **Filières du futur**.

### a) Molécules-plateforme et leurs filières aval

Depuis quelques dizaines d'années, l'agro-industrie a cherché de nouveaux débouchés et a réalisé que les céréales, les plantes à sucre, les oléagineux possédaient en leur sein des molécules d'une grande richesse : l'amidon, le saccharose, le glycérol...dont diverses opérations de transformation permettraient de tirer des revenus substantiels ; ainsi est née la **chimie du végétal**, elle-même composante d'une famille plus générale de procédés techniques intitulée « **technologies blanches** », comprenant principalement les opérations biologiques de traitement effectuées par des enzymes et des ferments.

Ces transformations chimiques et biologiques ont permis d'élaborer artificiellement de nouveaux produits de synthèse, appelés « molécules d'intérêt », « molécules-plateforme », ou « synthons », dont les débouchés sont - pour chacune d'elles - multiples. Ce sont par exemple les polymères très utilisés Biopolyéthylène, Isobutène, Glycérol, Acide polylactique...

Chacune de ces molécules étant la matière de base de plusieurs produits finis (par ex. matières plastiques, produits de parachimie, ingrédients cosmétiques), des sous-filières industrielles se développent ; le processus « monoflux », par son aval, devient alors « multiflux ».

Il faut noter que la molécule plateforme (biosourcée à l'origine) étant devenue un produit chimique banal peut être traitée dans des installations industrielles déjà existantes.

Les transformations opérées sur des produits agricoles en vue d'obtenir des polymères, des matières plastiques biosourcées, des biocarburants, sont dites « **de 1<sup>ère</sup> génération** ».

Mais il faut signaler que – grâce aux technologies blanches – de gros efforts sont faits aujourd'hui pour obtenir ces molécules à partir de « biomasse ligno-cellulosique ».

Il s'agit essentiellement du bois, des plantes herbacées et ligneuses et de leurs résidus

agricoles et industriels, en vue notamment de fabriquer des bio-carburants (principalement de l'éthanol). Ces technologies dites « de 2<sup>ème</sup> **génération** » permettent de conserver les ressources agricoles à des fins alimentaires, à partir de ressources primaires presque gratuites.

## **b) Filières en cascade**

Le principe d'économie circulaire, connue depuis bien des années, est officiellement entré dans les contraintes législatives en France dans la loi sur la transition énergétique du 18 août 2015. Il s'applique directement à la valorisation de la biomasse, puisqu'il fixe pour objectif « le recyclage de 55% des déchets non dangereux d'ici 2020, et de 65% d'ici 2025 ».

Or la quantité de déchets organiques recyclables produite en France (agriculture, forêts, ménages, collectivités...) s'élève à plus de 400 millions de tonnes par an.

Concrètement, ce recyclage consiste à récupérer les résidus des fabrications et consommations pour en faire des co-produits ayant une valeur économique, eux-mêmes aptes à être valorisés par des transformations adéquates. Mais celles-ci produisent aussi des résidus qui sont fréquemment valorisables, générant ainsi d'autres co-produits, etc. On arrive donc à engendrer une cascade de produits, les « déchets » d'une filière devenant les produits d'une autre filière, les déchets finaux étant fréquemment utilisés comme combustibles, ou comme amendements fertiligènes pour les sols (cendres).

Selon la nature des produits fabriqués, ces opérations successives peuvent se dérouler dans une même usine, sur un même site géographique ou dans diverses régions.

## **Les principales filières de valorisation – Modèle standard**

L'inventaire des ressources primaires, des produits finaux, et des besoins succinctement décrits ci-dessus conduit à retenir **12 grandes (macro)filières**, la plupart d'entre elles – agricoles, forestières et maritimes - étant exploitées à grande échelle depuis des siècles ou de longues années, d'autres étant plus récentes (bois d'industrie, bois matière, biocarburants, déchets...), et d'autres en devenir (chimie du végétal, algues...). On distingue ainsi :

- **5 filières de transformation des ressources agricoles.** Ce sont celle de l'amidon (céréales, pommes de terre...), celle du sucre (Canne à sucre, Betterave sucrière), celle des oléagineux (Colza, tournesol, soja...), celle des fibres (coton, chanvre, lin...), et celle de l'élevage.

- **4 filières de transformation du bois.** Ce sont celles du bois massif (construction), du bois fibres (papier, carton, non tissés), du bois matière (xylochimie), et celle du bois énergie (combustibles, biogaz).

- **1 filière de transformation des déchets** (organiques, donc biodégradables), de toutes origines : Résidus des cultures, des forêts, des usines et des commerces, des villes (ordures ménagères, eaux usées), des collectivités (espaces verts...),

- **1 filière de transformation des ressources marines** : poissons, coquillages, algues...

- **1 filière de transformation des ressources des « zones humides »** : poissons, algues...

Toutes ces filières se distinguent les unes des autres par la nature de leur ressource primaire, considérée soit d'un point de vue « massif » (bois, élevage, déchets...), soit d'un point de vue « histologique » (fibres), soit d'un point de vue « moléculaire » (amidon, sucre, oléagineux...) ou énergétique (bois énergie).

**L'ensemble de ces filières** peut être alors représenté graphiquement dans un système global de valorisation de la biomasse, sous forme d'un « **modèle standard** », grille faisant apparaître les composantes de ces 12 filières, et rassemblant sur un même schéma les domaines des ressources primaires, les produits de première puis de deuxième transformation (produits finaux) et les marchés correspondant aux besoins de leurs consommateurs.

A partir de cette « grille » peuvent être alors élaborés les schémas des transformations de chaque ressource primaire vers ses divers marchés, en arborescence descendante, ou – à l'inverse, en arborescence ascendante – ceux des transformations aboutissant à un marché, lequel peut être servi par différentes ressources primaires. Dans le premier cas **les filières sont « moléculaires »**, dans le second **ces filières sont « sectorielles »**.

## **Les bénéfices sociétaux et stratégiques de la bioéconomie**

**La bio-économie** est une des disciplines qui régira inmanquablement le monde de demain. Maîtriser les techniques de la valorisation de la biomasse sera impératif, mais il faudra pour cela :

- Gérer la production et la consommation des diverses formes de ressources, en évitant les pénuries et les conflits d'usage.
- Assurer la sauvegarde et maintenir les sites des ressources primaires (sols, forêts, domaine maritime, notamment),
- Respecter les grands équilibres naturels, tout d'abord climatiques, en conservant la biodiversité, et en bannissant toute pollution
- Développer la prospérité territoriale, donc socio-économique des populations, dans le contexte géopolitique national et continental assurant l'indépendance et la paix des nations.

- **Que pèse aujourd'hui la bioéconomie ?** dans notre pays on peut retenir en 2017 les chiffres ci-dessous (Source : Ministère de l'agriculture et des forêts) :

- Les **filières traditionnelles** (terrestres) de valorisation de la biomasse représentent en France une part importante de l'activité nationale : 400 000 emplois dans l'agro-alimentaire et plus de 200 000 dans la filière forêt-bois.

- Les **filières du futur** (Chimie du végétal, Néo-matériaux, Biocarburants, Biocombustibles et Fertilisants) ont créé déjà 70 000 emplois dans notre pays, pour un chiffre d'affaires de 14 milliards d'euros.

.- Ces **filières bio-sourcées** représentent aujourd'hui une part de **5%** de l'économie française, mais leur croissance d'ici 2030 à 2040 conduira à doubler cette part (**10%**).

- Les effets bénéfiques de la valorisation de la biomasse sont évidents : **1000 M3 de biomasse traitée = Un emploi créé = 2000 barils de pétrole économisés**. Au niveau de la France ; cette réduction représente 2,5 Milliards d'€ non importés.

- Cet usage conduit aussi à éviter d'importants rejets de carbone : **1 M3 de biomasse (bois) stocke 1 Tonne de CO2** .

- Pour un département comme celui de **l'Isère** (occupé au tiers par des forêts), **2 millions de tonnes de CO2 stockées** dans du bois correspondent au **rejet en un an de 700 000 voitures parcourant chacune 20 000 Km.**

### **Ce qu'il faut retenir sur la valorisation de la biomasse**

Dans la problématique planétaire et globale du cadre de vie et des ressources de l'humanité, l'usage systématique et intelligent de la biomasse semble incontournable. En effet :

a) Elle est déjà d'abord - depuis toujours et malgré l'explosion démographique - **son pourvoyeur unique de nourriture**, fournit une partie importante de ses matières et matériaux (bois, tissus, ingrédients de santé et cosmétiques) et plus de 60 % de ses énergies renouvelables (bois, biogaz, cogénération).

b) Mais - par opposition à l'usage des matières fossiles, bientôt épuisées - **elle est indéfiniment renouvelable**, parce que – à notre échelle humaine – l'énergie solaire sera toujours présente, de même que l'eau et le gaz carbonique, à condition de respecter leur qualité et les grands équilibres naturels. (Il faut d'ailleurs remarquer que la « masse verte mondiale » grandit : en 30 ans, la végétation mondiale a augmenté de 14 % !).

c) **Cette masse végétale, à l'échelle planétaire, est d'autre part extrêmement abondante** : la production annuelle de cellulose, principal composant du bois, est d'environ 100 milliards de tonnes, donc au moins 20 fois supérieure à celle du pétrole, et cette molécule est un polymère de la famille du glucose, « carburant de la vie »

d) Sur le plan écologique, et plus précisément du cycle du carbone, **la biomasse est totalement vertueuse** : elle absorbe autant de CO2 par la photosynthèse qu'elle en rejette par la combustion des êtres vivants et par la combustion sous toutes ses formes.  
Donc **son bilan carbone est neutre !**

e) Toujours sur le plan écologique, **cette biomasse est par nature entièrement bio-dégradable**. Elle ne laisse donc à court moyen terme aucun déchet organique (les composants minéraux - notamment métalliques - pouvant être récupérés à des fins agronomiques).

f) Sur le plan économique, dans le contexte de l'économie circulaire, **sa valorisation peut être intégrale** : selon le principe de cascade la plante entière (fruits, tiges, feuilles, troncs, écorce...) tend en effet à être transformée, donc dotée de valeur ajoutée.

g) Enfin un jour viendra où **les technologies blanches permettront de transformer la cellulose en glucose**, ce que savent faire les bovins et autres animaux se nourrissant d'herbe et de végétaux « ligno-cellulosiques ». La nourriture des populations sera assurée...

*COVABIS - Valorisation de la biomasse - Résumé Livre - Rev 3 - 25 nov.2017*  
*[COVABIS 2017]*



