

PANORAMA DES COPRODUITS ET RESIDUS BIOMASSE A USAGE DES FILIERES CHIMIE ET MATERIAUX BIOSOURCES EN FRANCE

Septembre 2015

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par Tech2Market, FRD et CVG
Contrat : 1401C0053

Coordination technique : Virginie LE RAVALEC – Service Bioressources
– Direction Productions et Energies Durables – ADEME Angers



Tech2Market



SYNTHESE

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.

SOMMAIRE

TABLE DES ILLUSTRATIONS	3
I. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA MISSION	4
II. SYNTHÈSE DES ENSEIGNEMENTS A TIRER	5
II.1. Trois principales voies actuelles de valorisation des matières secondaires.....	5
II.2 Perspectives d'évolution des voies de valorisation des matières secondaires	7
II.3 Quelles places pour la chimie et les matériaux biosourcés dans le bouquet de valorisation des matières secondaires ?	9
III. RECOMMANDATIONS ET PLAN D' ACTIONS	12

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Etat des lieux actuels des matières secondaires issues de biomasse en France	7
Figure 2 : Synthèse des valorisations actuelles des matières secondaires dans le domaine de la chimie	10
Figure 3 : Les différentes pistes de recommandations	13
Figure 4 : Tableau de bord des recommandations	14

I. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA MISSION

La production de produits dits principaux génère des matières secondaires², appelées coproduits, sous-produits, résidus, déchets selon leur statut réglementaire ou le vocabulaire employé par les filières. Certaines de ces matières secondaires ont des usages identifiés pouvant permettre d'engendrer des gains aux niveaux économique, environnemental ou social (rémunération supplémentaire des filières, diminution de pressions sur la ressource et de certains impacts environnementaux, etc.). Ces avantages potentiels sont à mettre en lien avec le principe d'efficacité des ressources, fondateur de l'économie circulaire. Les matières n'ayant pas encore d'usage défini sont actuellement éliminées³ et constituent un potentiel pour de futurs débouchés.

Compte tenu de la diversité des sources et des usages de la biomasse, des matières secondaires très variées sont générées tout au long des étapes d'exploitation, de récolte, de collecte, de transformation ou encore d'utilisation de celle-ci. Certaines filières matures ont depuis longtemps identifié des débouchés pour un certain nombre de ces matières secondaires (filières bois pour la construction ou le papier, agriculture pour l'alimentation animale) et poursuivent la prospection afin d'optimiser les systèmes en place (ex : valorisation des effluents de papeterie). D'autres, émergentes (ex : algues, insectes, guayule), cherchent dès les premiers stades de développement à privilégier une valorisation⁴ « biomasse entière » en s'orientant vers une transformation en bioraffinerie⁵. Par ailleurs, un certain nombre de pistes sont explorées pour obtenir des molécules d'intérêt à partir de matières destinées jusqu'alors à l'élimination (ex : chitine des carapaces de crustacés, molécules chimiques dérivées des huiles usagées ou du limonène de peaux d'orange).

L'émergence d'une nouvelle économie au travers du développement de la chimie biosourcée (y compris la chimie organique, la thermochimie ou la biochimie et les biotechnologies industrielles) et des matériaux biosourcés depuis une trentaine d'année en France, offre de manière opérationnelle ou potentielle de nouvelles perspectives de valorisation de l'ensemble des matières secondaires issues de la biomasse végétale et animale.

Dans le but d'obtenir une vision globale du paysage des gisements des matières secondaires, quelles que soient leurs formes, solides, pâteuses ou liquides, issues de toute biomasse (source, ou issue des transformations ultérieures), il est nécessaire d'investiguer les secteurs suivants :

1. La production agricole, viticole et forestière
2. L'industrie du bois et matériaux biosourcés
3. Les industries agroalimentaires et agro-industrielles
4. Les industries de traitement des déchets et autres industries de transformation de matières secondaires

Cette étude vise, dans un premier temps, à caractériser et à dresser un panorama des gisements de matières secondaires (coproduits, sous-produits, résidus, déchets), issues de toute biomasse et des transformations ultérieures de celle-ci, qui pourraient être valorisés dans les filières chimie et matériaux biosourcés. Ces gisements de matières secondaires biosourcées peuvent être regroupés autour des 4 grands domaines précédemment cités :

- La filière de production agricole, viticole et forestière,
 - La filière de l'industrie du bois et des matériaux biosourcés,
 - La filière des industries agroalimentaires et agro-industrielles,
 - La filière des industries de traitement des déchets et autres industries de transformation de matières secondaires ;
-

² Matière secondaire : Dans le cadre de cette étude, le terme de matières secondaires est utilisé pour désigner les coproduits, sous-produits, résidus et déchets. Il est important de préciser que cette terminologie est spécifique à cette étude.

³ Au sens de la directive 2008/98/CE, par enfouissement ou incinération sans valorisation énergétique

⁴ Valorisation : au sens d'« utilisation » dans cette étude. La valeur est liée au service rendu mais il n'y a pas forcément d'actes d'achat ou de vente (ex : fertilisation des sols par épandage de matière).

⁵ D'après la Feuille de Route Chimie du végétal – ADEME 2011, une bioraffinerie se définit comme un ensemble industriel, localisé sur un même site, mettant en œuvre des procédés destinés à fractionner les composants de la biomasse (tige, grain, tubercule, etc.) en ses différents éléments constitutifs (fibres, lipides, sucres, protéines, etc.). Ces derniers peuvent ensuite être fonctionnalisés par différents procédés mécaniques, physico-chimiques ou biologiques, afin d'obtenir des produits intermédiaires alimentaires (alimentation humaine : huiles ; animale : tourteaux ; etc.) et non alimentaires (chimie, énergie). Ces produits sont ensuite directement utilisés ou formulés selon les besoins des industriels finaux (alimentaires, non alimentaires : matériaux, détergents, lubrifiants, biocarburants, etc.). **Selon le concept de la bioraffinerie, l'intégralité de la bioressource utilisée doit être valorisée.**

Dans un second temps, l'étude vise à formuler des recommandations stratégiques et opérationnelles afin de renforcer le développement de la valorisation de ces matières secondaires biosourcées sur le territoire national, notamment dans le domaine de la chimie et des matériaux.

N.B. L'ensemble des sources bibliographiques exploitées pour cette étude sont détaillées dans le rapport final et ses annexes associées

II. SYNTHÈSE DES ENSEIGNEMENTS A TIRER

II.1. Trois principales voies actuelles de valorisation des matières secondaires

La valorisation de l'ensemble des matières constitue un enjeu économique, social et environnemental vital pour les filières de production et transformation de la biomasse (végétale et animale), de sa production initiale aux utilisations finales. Cette valorisation, souvent régie par des logiques économiques, peut également présenter par la même occasion des avantages environnementaux (retour au sol, épandage permettant d'utiliser moins d'intrants...) et dans certains cas repose sur des logiques culturelles. A titre d'exemple, les critères de décision concernant la valorisation des résidus de cultures telles que les pailles reposent notamment sur le consentement des agriculteurs « à offrir » ces pailles, sur des critères agronomiques (préservation des sols, faciliter l'implantation de la culture suivante...) et donc sur une conception de la conduite de son exploitation et de l'agriculture.

Les matières secondaires, en fonction de leurs caractéristiques, font l'objet principalement de **4 principaux modes de valorisation** sur le plan :

- De l'**alimentation animale** (animaux de rente et de compagnie) et humaine (ex : sons de blé) : utilisation en direct auprès des élevages ou dans le cadre de la fabrication d'aliments,
- De la **production de matériaux biosourcés** comme des panneaux de particules (mélaminés, MDF, etc.)
- De la **valorisation agronomique** : épandage direct avec enfouissement superficiel, production d'engrais et de compost,
- De la **production d'énergie** : combustion, cogénération, méthanisation avec combustion du biogaz, biocarburant de 2^{ème} génération ou à terme thermo-chimie.

Ce sont ces valorisations principales qui font généralement le prix de marché et dictent l'intérêt de trouver de nouvelles voies de valorisation pour les acteurs économiques en place. Ces voies de valorisation ne sont bien sûr pas figées et dépendent de nombreux facteurs spécifiques liés à la nature et à la conservation des produits (notamment leur teneur en matières sèches et en composants fermentescibles), à la proximité d'opérateurs pour valoriser ou éliminer ces matières secondaires, à la demande du marché, aux autres modes de valorisation, etc.

Par ailleurs, en grande masse, on peut faire le raccourci de dire que la très grande majorité des matières secondaires est valorisée actuellement et que très peu de matières sont simplement éliminées (incinération sans récupération d'énergie ou centres d'enfouissement par exemple). L'effort de valorisation de ces matières secondaires, principalement pour des raisons économiques, a été historiquement le plus poussé dans le domaine de l'industrie (agroalimentaire, agro-industrie et de l'industrie du bois-papier) et relativement moins pour l'amont agricole. Certains secteurs ont même poussé loin la valorisation des matières secondaires (fractionnement, extraction...). A titre d'exemple, les « distilleries vinicoles » produisent une diversité de produits à partir de matières secondaires destinés à des marchés très variés : éthanol fermentaire, mais aussi des tanins, polyphénols, huiles, acide tartrique (utilisé dans les ciments, plâtres, en panification ou en vinification), énergie par méthanisation ou combustion des rafles séchées ou pépins, compost et engrais.

Le tableau ci-dessous résume, pour **les 10 gisements au potentiel le plus important,⁶ qui ont été approfondis dans la suite de l'étude⁷**, les estimations de volumes de matières secondaires générées, leurs évolutions possibles et les principales voies de valorisation actuelles.

⁶ Un panorama très complet (mais pas exhaustif) de gisements potentiels est disponible en annexe. Une étude plus approfondie a été menée sur 10 de ces gisements, sélectionnés pour leur potentiel à différents niveaux (volumes, reste à valoriser,...)

⁷ La caractérisation plus précise et approfondie des gisements concernés est disponible dans les annexes du rapport final

Matières secondaires	Unité⁸	Estimation du volume total produit	Principales valorisations	Estimation qualitative des volumes supplémentaires potentiellement valorisables
Résidus de cultures annuelles	tonne de matière sèche (2013)	100 250 000	<ul style="list-style-type: none"> . 58 % valorisation agricole . 22 % besoin de l'élevage (litière + alimentation bétail) . nrs valorisation énergétique . > 0,1 % matériau 	Très fort, sous réserve de projets de valorisation réels, d'un consentement à offrir des agriculteurs et de filières de mobilisations structurées à grande échelle
Issues de silos	tonne de matière sèche (2013)	440 000	<ul style="list-style-type: none"> > 95 % Alimentation animale < 5 % valorisation énergétique Exemple valorisation agent de charge santé animale, cosmétique	Nul Logique de recherche d'amélioration des niveaux de valorisation
Filière viti-vinicole : sous-produits vinicoles, coproduits de distillation	tonne de matière brute (2009/2010) Unités colorantes Nm ³	. 390 000 de pépins, huiles essentielles, tartrate de chaux, amendements et engrais organiques, pulpes déshydratées . 9 300 000 d'unités colorantes d'anthocyane . 3 150 000 Nm ³ de biogaz	Principalement : <ul style="list-style-type: none"> . Alimentation (huile de pépins de raisin, alcool de bouche,...). Valorisation agricole (amendements et engrais normés) . Cosmétique . Alimentation animale Marginalement : <ul style="list-style-type: none"> . Valorisation énergétique (combustion, méthanisation) 	Nul Logique de recherche d'amélioration des voies de valorisation dans le domaine de la chimie, de l'énergie ou des matériaux
Filière de l'industrie du bois : matières secondaires de l'industrie papetière	tonne de matière sèche (2013)	3 700 000 – 3 800 000	<ul style="list-style-type: none"> 67 % valorisation énergétique nrs valorisation agricole 3 % chimie 2 % matériau 	Nul : Logique de recherche d'amélioration des voies de valorisation dans le domaine de la chimie en particulier
Matières secondaires de la sucrerie : la pulpe de betterave	tonne de matière sèche (campagne 2013-2014)	1 577 000	Quasi-totalité en alimentation animale ≈100 % (en direct, ensilée ou via des fabricants d'aliments). Potentiellement : source de micro/nano fibres, source de cellulose pour hydrolyse en glucose.	Avec la fin des quotas sucriers, une augmentation de la production est attendue, estimée à +20%
Matières secondaires de la filière corps gras : les coques de tournesol	tonne de matière brute (est. 2014)	100 000 tMB (+7 000 tMB de soja)	Combustion majoritaire, alimentation animale . Potentiellement : additif des briques, bétons et du papier.	Fort si l'option décorticage était prise en France (total possible maximal : 240 000 t)
Matières secondaires animales : sous-produits animaux des catégories 1 et 2 issus de la découpe-abattage et de l'élevage⁹ (terme réglementaire)	tonne de matière brute (2014, adhérents du SIFCO)	312 000 t de farines et graisses produites	<ul style="list-style-type: none"> 75 % Combustion et incinération (farines c1 et c2) 16 % Biodiesel (graisses c1 et c2) 9 % Fertilisants (farine c2 seules autorisées) 	Potential d'évolution lié à la réglementation

Matières secondaires de la filière éthanol et des autres industries de la fermentation: vinasses et autres coproduits	tonne de matière brute (est. 2014)	910 000 tMB (vinasses concentrées de betteraves et vinicoles) + autres non estimées (levurerie, acides organiques et aminés)	77 % Epandage agricole ≈ 23 % Alimentation animale Quelques % : Extraction de bêtaïne et comme activateur de co-compostage. Potentiellement : gazéification.	Augmentation progressive probable avec la fin des quotas sucriers
Coproduits de la filière corps gras : glycérol	tonne (est. 2014)	200 000 t (+ splitting)	Majoritaire : utilisations directes en chimie/ cosmétique/ pharmacie Potentiellement : alimentation animale.	Faible (esters méthyliques de corps gras d'origine animale / restauration)
Les déchets bois	tonne de matière brute (2012)	6 200 000	56% de valorisation matière, 23% de valorisation énergétique, 21% de bois en mélange non valorisés	Fort

Figure 1 : Etat des lieux actuels des matières secondaires issues de biomasse en France¹⁰

II.2 Perspectives d'évolution des voies de valorisation des matières secondaires

Il ressort des investigations conduites, que **toute nouvelle voie de valorisation doit, pour réussir, tenir compte d'un certain nombre d'éléments clés liés à ces matières secondaires :**

- Elles sont la résultante de la transformation d'une matière principale, leur volume et qualité sont donc dépendants des objectifs de production de cette matière principale.
- Leur contribution à l'équilibre économique des filières dont elles sont issues est très variable. Dans certains cas les matières secondaires pèsent économiquement aussi lourd que les produits principaux.
- Elles peuvent être de qualité hétérogène, la matière première pouvant varier dans le temps, et dans certains cas relèvent de production saisonnières. La question de la stabilité de ces matières secondaires est centrale (qualité, disponibilité).
- La valeur et la teneur en matière d'intérêt (molécules, fibres...) peuvent présenter une certaine variabilité (par exemple en fonction des années, des sites de production, des variétés ou espèces transformées et de la météorologie).
- Elles ont dans certains cas des densités assez faibles ce qui pose la question des coûts logistiques associés (rayon de collecte/approvisionnement, densification, prix de revient...). Dans d'autres cas, pour les produits humides, la question de la conservation est cruciale et implique une logistique et des pré-traitements adaptés et souvent onéreux.
- Elles s'inscrivent pour leur valorisation dans un cadre législatif, réglementaire et normatif souvent assez complexe et dépendant étroitement de la nature de la matière secondaire, du secteur d'application concerné, mais aussi dans certains cas du mode de valorisation choisi. L'aspect normatif est par exemple très présent dans une logique d'utilisation comme engrais ou en épandage au sol, ou dans le domaine de la méthanisation. Dans le domaine des sous-produits animaux, le cadre législatif et réglementaire est extrêmement contraignant depuis le tri à la production du sous-produit jusqu'à sa valorisation ou son élimination.

Toute nouvelle valorisation doit en outre tenir compte :

- Des usages déjà en place qui structurent les débouchés de ces matières,
- De l'importance de ne pas perturber significativement les usages existants au risque de créer des tensions sur la ressource préjudiciable au besoin propre de son projet,

⁸ Principalement en tonne de matière brute (c'est-à-dire incorporant de l'eau) qui est la forme sous laquelle la matière secondaire investiguée se trouve ; ou en tonne de matière sèche (sans eau) qui est l'unité théorique qui permet / facilite les comparaisons de disponibilité en se basant sur un conditionnement comparable.

⁹ Il s'agit ici d'un terme imposé par la réglementation.

¹⁰ Ce tableau de synthèse s'appuie sur les différentes sources documentaires précédemment décrites dans les encarts méthodologiques du chapitre III.2. du rapport, situés en amont de chacune des quatre grands domaines de gisement

- De la nécessité, bien évidemment, de proposer des voies de valorisation à impact environnemental amélioré par rapport aux solutions existantes, ou équivalentes en complément d'autres bénéfiques, notamment économiques.
- D'effet de seuil lié au niveau minimal de valorisation (gisement disponible à un prix donné) permettant une valorisation économiquement viable de ces matières secondaires,
- De niveaux d'investissement parfois très importants pour concrétiser ces nouvelles voies de valorisation (exemple des biocarburants de 2^{ème} génération),
- De la nécessité de trouver des voies de valorisation pour les coproduits/sous-produits issus de la transformation de ces matières secondaires,
- De politiques publiques pas toujours stabilisées dans le temps, alors qu'elles ont un impact direct sur les niveaux de valorisation (prix de rachat du gaz issu de méthanisation et autres systèmes de défiscalisation...) ou sur la taille du marché (taux d'incorporation dans le cas des biocarburants).

Plus généralement, **deux idées reçues sont à relativiser** :

- La première idée reçue repose sur le fait que toutes les matières secondaires ne sont pas valorisées. Ce qui est pour ainsi dire faux, toutes ces matières trouvant un débouché, très peu étant in fine mises en décharge ou incinérées sans récupération d'énergie. Cela vient parfois du fait que certains considèrent que le fait d'enfouir des résidus de cultures ou les épandre ne constitue pas en soi une voie noble de valorisation, alors même qu'une logique de recyclage agronomique de ces matières paraît s'inscrire dans une logique durable.
- La deuxième idée reçue repose sur le fait que les matières secondaires n'ont pas de valeur économique, souvent dans le cas où le niveau de valorisation n'est pas toujours bien perçu, comme dans le cas de l'exemple cité ci-dessus. Bien souvent les nouveaux projets de valorisation se heurtent à ce problème, les matières secondaires sensées ne pas avoir de valeur en début de projet, prenant subitement de la valeur au cours de l'analyse de faisabilité de ces nouveaux projets.

A la lumière de ces éléments, **les marges de progression de la valorisation de ces matières s'inscrivent au niveau** :

- **De l'amont**, c'est-à-dire la production primaire de biomasse (par exemple les résidus de cultures agricoles...) et d'une meilleure valorisation en fin de vie (par exemple : palettes...).
- **De la mise en place de filières de valorisation s'intégrant dans des logiques d'économie circulaire et/ou de bioraffinerie**, dont l'objectif est une valorisation maximale, voire totale de l'ensemble des matières secondaires avec l'objectif de tendre vers le « zéro déchet ». La valorisation des coproduits de vinification dans le cadre de la filière de distillation vinicole, le développement d'un site de bioraffinerie comme celui de Pomacle-Bazancourt illustrent bien cette dynamique. Ce dernier associe, autour de la transformation de la betterave, de la luzerne et du blé, des activités de sucrerie-distillerie, d'amidonnerie-glucoserie, une unité de production d'acide succinique, la production de tensio-actifs biosourcés et des projets sur le bioéthanol 2G comme Futurol. Ces activités génèrent de nombreuses synergies entre les acteurs pour ce qui touche l'énergie et les matières. On notera aussi une forte présence académique et d'activités pilotes sur le site. On peut aussi évoquer, dans un autre domaine, la mutation du site de Tartas du groupe Tembec à destination de la production de celluloses de spécialités.

Pour rappel :

- L'**économie circulaire** se définit comme un concept économique qui s'inscrit dans le cadre du développement durable et dont l'objectif est de produire des biens et des services tout en limitant la consommation et le gaspillage des matières premières, de l'eau et des sources d'énergie.
- La **bioraffinerie** se définit comme un ensemble industriel, localisé sur un même site, qui traite et raffine des produits issus de la biomasse. Ces transformations impliquent des fractionnements et purification de la matière, et des opérations biologiques et/ou chimiques ou physico-chimiques. L'objectif des projets de ce type est de valoriser de manière optimisée l'ensemble des fractions de la plante, à l'image du pétrole dont le fractionnement conduit à une gamme de produits trouvant une valorisation.

II.3 Quelles places pour la chimie et les matériaux biosourcés dans le bouquet de valorisation des matières secondaires ?

Nous avons vu que la plupart des valorisations des matières secondaires s'inscrivent dans les filières alimentaire (alimentation animale), agronomique et énergétique. **Il existe néanmoins déjà des applications dans le domaine de la chimie et des matériaux, aussi bien anciennes que de nouveaux développements.**

Le tableau ci-dessous montre, pour les matières secondaires des secteurs retenus, les principaux débouchés, en chimie et dans le domaine des matériaux actuels ou faisant l'objet de projets de recherche et développement.

<i>Matières secondaires</i>	<i>Valorisation dans le domaine de la chimie¹¹</i>	<i>Valorisation dans le domaine des matériaux (y compris colles)</i>
Résidus de cultures agricoles et autres matières secondaires riches en ligno-cellulose issues de l'agro-industrie (pulpe de betterave, coques de tournesol)	<ul style="list-style-type: none"> . Papeterie (cellulose, pulpe de betterave micronisée) . Toutes les applications des fermentations industrielles¹² (glucose hydrolysé à partir de la cellulose) . Peintures, cosmétique et autres secteurs utilisant des épaississants (micro-fibrilles de cellulose de pulpe de betterave et produits approchants) . Agent de tannage en alimentation animale (sucres en C5) . Production de dérivés chimiques comme le furfural (sucres en C5 type CIMV). . Filtration (pulpe de betterave) . Support de fermentation solide pour la production de pectinases (pulpe de betterave, sons de blé) . Pharmacie et alimentaire (pectines extraites de pulpe de betteraves, ou d'autres matières secondaires) . Pharmacie, arômes alimentaires, anti-microbien (acide férulique ou dérivés chimiques issus de pulpe de betterave ou de son de blé ou de riz). . Pelliculage des graines (arabinoxylanes extraits de sons de céréales ou autres) . Cosmétique (cire des coques de tournesol). 	<ul style="list-style-type: none"> . Isolation thermique dans le bâtiment (bottes de paille). . Isolation thermique souple (paille de lin oléagineux...) . Isolation acoustique, composite pour l'automobile (fibre courte de lin) . Panneaux de particules (anas de lin, canne de tournesol...) . Bétons isolants thermiques (anas de lin, colza, tournesol...) . Wood Plastic Composite (fibre de lin fibre / oléagineux...) . Plasturgie (lignine purifiée type CIMV). . Ciment (pulpe de betterave). . Panneaux de fibres (pulpe de betterave). . Agent porosant des briques (coques de tournesol) . Matériaux pour récipients biodégradables horticoles (coques de tournesol) . Colles pour matériaux dérivés du bois (lignine type CIMV purifiée)
Issues de silos	Cosmétique, Pharmacie, Protection des plantes	Emballage (propriétés barrières)
Les matières secondaires issues des distilleries viticoles et coproduits de distillation	<ul style="list-style-type: none"> . Cosmétique (polyphénols comme le resvératrol ou les tanins, huiles essentielles, huile dérivée des pépins de raisin) . Biocarburants (alcool) . Chimie (alcool) . Colorant (anthocyanes) . Résines (Polyphénols) . Fermentation alcoolique : (agent d'activation) 	<ul style="list-style-type: none"> . Wood Plastic Composite . Cimenterie, plâtres (acide tartrique) . Colles (dérivées de tanins)

¹¹ Par souci de simplification cette dénomination est prise dans une acception très large et implique un ensemble des valorisations autres que l'alimentation animale, la valorisation agronomique ou les matériaux. Certains produits après transformation peuvent au final rejoindre le secteur de l'alimentaire en tant qu'additif alimentaire ou ingrédient alimentaire de spécialité.

¹² Ces fermentations industrielles conduisent à des produits très divers comme par exemple les levures (et leurs extraits ultérieurs utilisés en alimentaire,) l'alcool utilisé notamment en chimie et en carburant, les acides aminés, acides organiques, antibiotiques et autres utilisés en alimentaire et dans diverses filières.

<i>Matières secondaires</i>	<i>Valorisation dans le domaine de la chimie¹¹</i>	<i>Valorisation dans le domaine des matériaux (y compris colles)</i>
Filière de l'industrie du bois : matières secondaires issues de l'industrie papetière	. Cosmétique . Pharmacie . Polymères et Colles . Tensioactifs biosourcés . Molécules aromatiques (vanilline) . Molécules antioxydante, antibactérienne . Additifs de granulation. . Fluides de forage (lignosulfites) . Phytosanitaires et autres secteurs comme dispersant (lignosulfites) . Anti-poussière (lignosulfites)	. Briqueterie (boue de papeterie, cendre) . Panneau isolant (boue de papeterie) . Plâtres (panneaux de placoplâtres), ciment et bétons (lignosulfites/ « lignosulfonates »).
Sous-produits de la viande des catégories 1 et 2	. Biodiesel, oléochimie (huiles dérivées de sous-produits animaux des catégories c1 et c2) ¹³	-
Les vinasses de sucrerie et d'autres industries de la fermentation industrielle	. Cosmétique, pharmacie (bétaine extraite de vinasses ou dérivés de bétaine) . Engrais (potasse issue des vinasses)	. Substituts de colles urée-formol dans les panneaux de particules (dérivé chimique de la vinasse)
Coproduits de la filière corps gras : le glycérol	. Pharmacie, cosmétique et (glycérine purifiée) . Additif alimentaire (E422, polyglycérol à partir de glycérol purifié ou dérivé chimiquement) . Tensio-actif en cosmétique, alimentaire pharmacie et autres (dérivés chimiques du glycérol) . Méthanisation comme agent promoteur (glycérol) . Toutes les applications des fermentations industrielles ¹⁴ (glycérol comme substrat carbonée)	
Les déchets bois	. Industrie chimique ou cosmétique : thermolyse ou extraction de la cellulose ciblant spécifiquement certaines typologies de bois, comme les panneaux de fibre à densité moyenne (MDF) . Valorisation des DEA en molécules à HVA par traitement biologique (projet Valdébio)	. Panneaux bois (déchets bois de classe A et B) . Production de fibres de bois à partir de DEA (projet Profidéa)

Figure 2 : Synthèse des valorisations actuelles des matières secondaires dans le domaine de la chimie et des matériaux

Légende des stades de développement estimés : **noir** : stade recherche, **bleu** : stade développement, pilote (ou a fait l'objet d'un pilote ou autre développement similaire), **rouge** : stade commercial

Dans le domaine de la chimie et des matériaux biosourcés, on observe une diversité de situations de valorisation. Différents cas de figure sont à distinguer :

- **Quelques filières ont un débouché important en volume dans le domaine de la chimie, proportionnellement aux débouchés de la matière secondaire considérée.** C'est par exemple l'utilisation en oléochimie des graisses dérivées de sous-produits animaux de catégorie 2, pour lesquelles c'est même un des seuls débouchés autorisés par la réglementation. Un autre exemple est le glycérol (ou ses dérivés chimiques comme des tensio-actifs) destiné à diverses applications pharmaceutiques, cosmétiques ou alimentaires. Certaines matières secondaires issues des distilleries vinicoles entrent aussi sur ces mêmes marchés. Cette filière approvisionne également l'industrie en alcool (même si les quantités sont faibles par rapport au marché total). A moyen terme,

¹³ Seul débouché autorisé pour ces huiles dérivées de sous-produits animaux des catégories c1 et c2.

¹⁴ Ces fermentations industrielles conduisent à des produits très divers comme par exemple les levures (et leurs extraits ultérieurs utilisés en alimentaire,) l'alcool utilisé notamment en chimie et en carburant, les acides aminés, acides organiques, antibiotiques et autres utilisés en alimentaire et dans diverses filières.

les secteurs des bétons et des Wood Plastic Composite, peuvent potentiellement offrir des débouchés conséquents en volume dans le domaine des matériaux biosourcés.

- Certaines filières disposent de débouchés liés à l'**extraction de molécules à haute valeur ajoutée (ou à valeur ajoutée intermédiaire) à partir de volumes limités de matières secondaires**. Un exemple historique est l'extraction de molécules à action pharmaceutique (ou pour du matériel de diagnostic) ou en cosmétique, à partir de certains abats d'animaux d'élevage. Dans ce cas les valeurs ajoutées peuvent être très élevées, mais les volumes sont insignifiants et l'activité plutôt à maturité. On pourrait aussi citer l'exemple des anti-oxydants comme le resvératrol, ou des colorants, issus des matières secondaires vinicoles. L'acide tartrique issu de la distillation vinicole offre des débouchés dans le domaine de l'acidification des vins, de l'industrie alimentaire (conservateurs naturels) ou est utilisé en tant que retardateur dans le plâtre. Un autre cas, beaucoup plus récent, est celui de la bêtaïne, extraite de la vinasse de sucrerie. Le marché de ce dernier est par contre assez limité et cette initiative industrielle ne pourrait sans doute pas être beaucoup étendue. Globalement, les exemples restent donc assez rares et les volumes, par essence, très faibles. Par ailleurs, ces voies de valorisation posent aussi la question de la valorisation des nouvelles matières secondaires qu'elles génèrent.
- **Un certain nombre de débouchés sont en phase de développement industriel** tout particulièrement dans le domaine des matériaux. Les isolants illustrent bien cette dynamique au travers des bottes paille de céréales ou des isolants souples issus de fibres de lin oléagineux.
- **Enfin, la très grande majorité des perspectives de valorisation dans le domaine de la chimie et des matériaux biosourcés à partir de matière secondaires sont actuellement au stade R&D, du laboratoire à l'échelle pilote**. Il n'est d'ailleurs pas toujours facile de confirmer la réalité de certaines applications sur le terrain, qui ont été travaillées, mais pour lesquelles la confidentialité reste de mise et les volumes éventuels trop faibles pour être perceptibles...
 Dans le domaine des matériaux, la recherche est particulièrement active dans le domaine des bétons, des panneaux de particules ou des Wood Plastic Composite, permettant de tester une diversité de matières premières végétales.
 Dans le domaine de la chimie, les développements visent soit à identifier des « molécules plateformes » identiques à celles utilisées actuellement d'origine pétrochimique, qui pourraient concurrencer à terme les grands intermédiaires de la chimie d'origine fossile, soit à inventer une nouvelle chimie à partir de biomasse, les molécules biosourcées permettant la mise sur le marché de nouvelles molécules présentant des performances différenciantes (exemple du PLA ou des nouveaux polymères biosourcés). Les matières secondaires s'insèrent dans cette dynamique, qui concerne plus spécifiquement et clairement aujourd'hui les matières premières de départ (céréales, betteraves...). Ces développements font l'objet de financements importants, donnant lieu à des programmes de recherche et développement d'envergure, de plateformes technologiques associées et dans lesquelles des grands noms de la chimie et de l'énergie, ou de l'industrie plus généralement, et/ou des filières d'approvisionnement bien structurées sont associées.
 On peut citer :
 - Dans le cas des « molécules plateformes » l'exemple au Brésil de la fabrication de polyéthylène à partir d'éthylène dérivant lui-même d'éthanol biosourcé produit le plus souvent à partir de mélasse de canne à sucre. Les quantités sont pour l'instant faibles. Dans le même esprit, Michelin a lancé un programme visant à substituer une partie du butadiène, un des composants principaux des pneumatiques et caoutchoucs, par l'équivalent dérivé de l'éthylène ex-éthanol biosourcé. L'analyse du cycle de vie de telles approches reste à étudier.
 - Dans le cas de la mise en place d'une nouvelle chimie, on peut citer à ce titre l'exemple de Roquette Frères, qui développe un nouveau monomère, l'isosorbide, dérivé du sorbitol et donc du glucose, utilisable dans la fabrication de polycarbonates, polyuréthanes ou de polyesters. L'acide succinique produit par fermentation du glucose, utilisé comme intermédiaire chimique dans les polymères et d'autres produits, passe également à l'échelle industrielle.
 On remarquera néanmoins que **le glucose utilisé pour la fabrication ces produits nouveaux ne dérive pour l'instant pas des matières secondaires**, mais des matières premières traditionnelles (maïs, blé, pomme de terre en Europe). Il existe bien quelques coproduits riches en amidon mais les quantités ne sont encore à la hauteur de l'enjeu. La donne pourrait par contre changer quand des **projets rentables de fractionnement des matières cellulosiques et d'hydrolyse en glucose et pentoses** seront devenus réalité. A

ce titre on peut par exemple citer le projet français Futurool, qui vise à valider à l'échelle industrielle un procédé de production de bioéthanol de seconde génération à partir de produits lignocellulosiques (dont les coproduits agricoles et forestiers ou des résidus). Avec le bénéfice possible d'utiliser des matières qui ne feraient pas de concurrence, directe (concurrence d'usage) ou indirecte (par l'utilisation des surfaces cultivables) avec l'alimentation humaine ou animale, en particulier pour les produits qui ne présentent pas ou peu d'intérêt en alimentation animale. Les autres fractions séparées au passage (lignine, sucres en C5) pourraient aussi donner lieu à des valorisations nouvelles. On peut à ce titre aussi citer les projets de CIMV, Biométhodes ou Eco-Ethanol visant à fractionner la biomasse cellulosique et à produire du glucose, entre autres fractions.

Pour ces 2 voies majeures de valorisation dans le domaine de la chimie, les matières secondaires ne constituent pas à l'heure actuelle les sources premières d'approvisionnement. Ceci étant, si les travaux de R&D étaient amenés à se concrétiser, les volumes des marchés concernés devraient induire la question à moyen-long terme de la valorisation de ces matières secondaires issues de biomasse, en tant que sources de ligno-cellulose notamment.

A côté de ces grandes voies de développement, on peut citer plus ponctuellement dans certains secteurs, la conduite de travaux de recherche relatifs au développement de colles et résines biosourcées à base par exemple de tannins ou de lignines d'un nouveau genre (plus pures car liées à un nouveau procédé de séparation de la cellulose). Le développement d'enzymes, principes actifs, agents de charges, microfibrilles de cellulose comme épaississants, sont également des exemples de la dynamique de recherche en cours.

A noter, les gisements de matières secondaires étudiées ne sont pas suffisants pour assurer une substitution totale à la pétrochimie, particulièrement si l'on considère la chimie lourde et les biocarburants dans leur ensemble. Il existe par contre **des opportunités si l'on s'en tient à des produits de moyens et petits volumes. Le développement du fractionnement de la lignocellulose et de l'hydrolyse de la cellulose (bioraffineries sur base de matières secondaires) pourrait parfaitement s'inscrire dans cette dynamique.** Enfin, **les matières secondaires sont sans doute des ressources pertinentes favorables au développement des bétons biosourcés et des Wood Plastic Composite et dans une moindre mesure de panneaux de particules allégés, sur le modèle des panneaux à base de lin.**

III. RECOMMANDATIONS ET PLAN D' ACTIONS

L'analyse menée par le consortium composé de Tech2Market, FRD et CVG a permis de définir les différents éléments clés permettant de caractériser l'ensemble des gisements de matières secondaires couverts par le périmètre de l'étude. Il a également mis en évidence des pistes de réflexions stratégiques autour de recommandations à apporter pour améliorer le développement de la valorisation des coproduits et déchets biomasse sur le territoire national.

Dans le cadre de cette mission, le consortium de l'étude s'est notamment appuyé sur la réalisation d'ateliers de travail et de réflexion afin d'échanger autour des préconisations concrètes à mettre en place pour appuyer le développement des filières. Ces ateliers de travail ont réuni le panel de professionnels clés : RMT Biomasse, AVRIL, COOPENERGIE, ARD, le pôle IAR, le CRDA (Centre de Recherche et Développement Arago), l'UNDV (Union Nationale des Distilleries Vinicoles), VALORIA, CELLUCOMP, TEREOS Coproduits, l'ARTB/USICA (Association de Recherche Technique Betteravière/ Union des SICA de Transformation des Pulpes de Betteraves), l'ITERG, DISTRIJEM, RESEDA et NATUREPLAST.

Les enjeux clés en termes de besoin de R&D, d'attentes des acteurs en évaluation et en travaux d'amélioration des connaissances concernent différents champs d'investigation :

- La réalité des gisements accessibles :
 - Quelle est l'accessibilité de la ressource étudiée pour de nouvelles valorisations ?
 - Y'a-t-il des arbitrages / priorisations à développer entre les modes de valorisation ?
 - Quelles sont les conditions de préparation de ces matières pour de nouveaux marchés : brut ou préconditionnement ? brut ou homogénéisation ?
 - Au vu des bases de connaissances existantes sur ces ressources, quelles sont les actions à poursuivre et/ou amplifier ?
- Les perspectives offertes aux bioraffineries autour du fractionnement de la lignocellulose et de l'hydrolyse de la cellulose/ hémi-cellulose :

- Quelles sont les matières secondaires ou biomasse pour ces nouveaux débouchés ? Pour produire quelles molécules et pour quelles applications ?
- Quels sont les facteurs clés de succès et à quelle échéance ?
- Quels sont les acteurs pour ces nouveaux développements ?
- Le potentiel de la valorisation matériaux :
 - Béton / plasturgie sont-ils les (principales/seules) voies possibles ?
 - Quelles sont les conditions d'accès et pour quelle rentabilité ?
 - Quels sont les acteurs et quelles alliances réunir pour ces nouveaux développements ?
- La concurrence des usages concernant l'alimentation animale :
 - Quelle est la place des matières secondaires dans la filière « alimentation animale » ?
 - Quels sont les enjeux en matière de ressource ?
 - Quels sont les risques de concurrence d'usage ?
 - Quels sont les besoins ?
- Les innovations potentielles en matière de valorisation agronomique :
 - Comment concilier retour au sol et nouvelles valorisations ?
 - Quelles sont les limites à l'épandage ?
 - Quelles sont les solutions pour améliorer cette voie de valorisation ?
 - Quelles sont les limites au compostage industriel, qui utilise des matières secondaires ?
 - Quelles sont les solutions pour améliorer le recours au compostage, qui fournit des composts aux agriculteurs, et dans une moindre mesure aux particuliers pour les jardins ?

Les débats des participants et l'analyse croisée des informations à l'issue de cet atelier et des données collectées lors des étapes préliminaires de l'étude nous ont permis d'identifier 6 propositions d'actions significatives priorisées de la manière suivante, dans une logique court ou moyen/long terme :

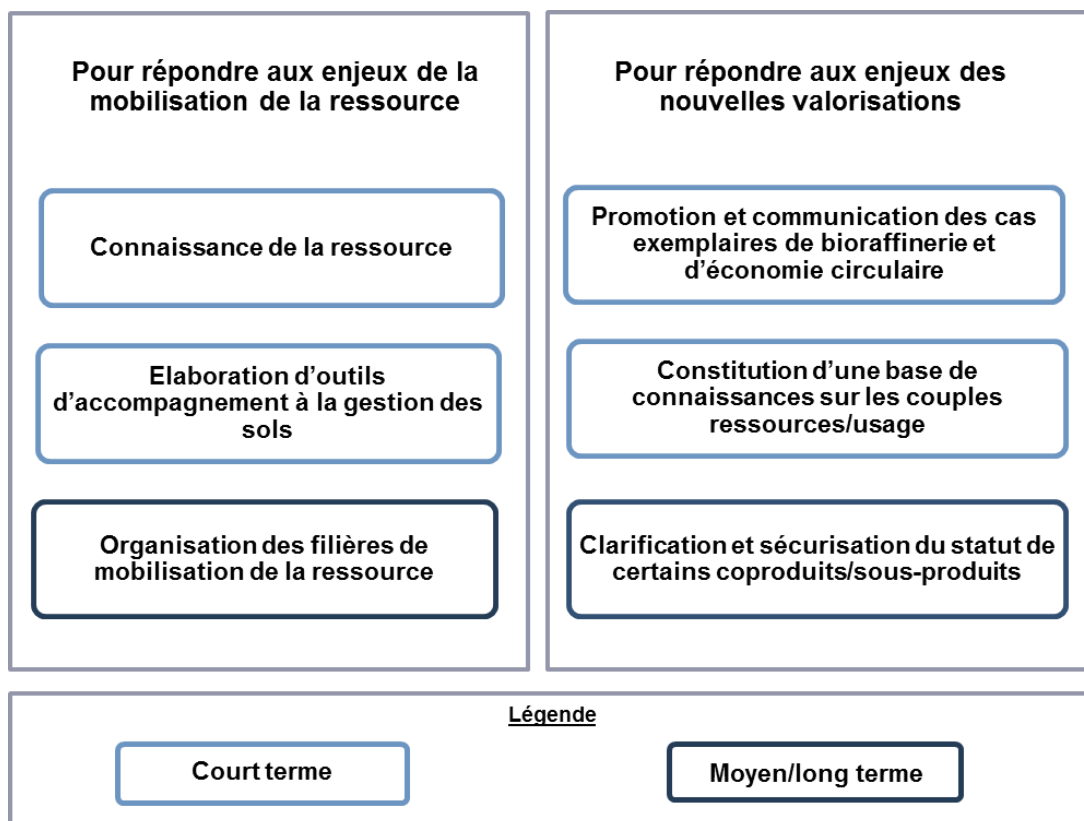


Figure 3 : Les différentes pistes de recommandations

L'ensemble des recommandations formulées ont pour but de permettre à l'ADEME de mettre en place des actions concrètes de soutien au développement des filières d'intérêt stratégique. Elles sont synthétisées dans le tableau de bord ci-après :

Intitulé de l'action	Objectifs de l'action	Incidence de l'action	Délai
Connaissance de la ressource en matière secondaire issue de biomasse (agricole, viticole, sylvicole, animale et agro-alimentaire)	<ul style="list-style-type: none"> Connaître la ressource en matière secondaire (agricole, viticole, sylvicole, animale et agro-alimentaire), ses origines, ses qualités, ses usages 	Forte	Court terme
Gestion durable des systèmes d'exploitation conciliant gestion des sols et exportation partielle des résidus de cultures agricoles	<ul style="list-style-type: none"> Créer des conditions d'une utilisation durable des résidus de cultures agricoles en fournissant aux agriculteurs les outils permettant de les exporter dans le cadre d'une gestion globale de leurs systèmes d'exploitations ayant un impact neutre sur la fertilité des sols. Lever un frein à la limitation de l'offre. 	Forte	Court terme
Organisation des filières de mobilisation de la ressource en matière secondaire issue de biomasse et mise en place d'outils pour leur mise en œuvre	<ul style="list-style-type: none"> Créer des conditions de mobilisation des matières secondaires à une échelle industrielle 	Forte	Moyen et long terme
Promotion et communication de cas exemplaires de bioraffinerie et d'économie circulaire dans le domaine de la biomasse	<ul style="list-style-type: none"> Partager les expériences et faire connaître les exemples, souvent anciens, d'approches du type bioraffinerie et économie circulaire 	Moyen	Court terme
Constitution d'une bases de connaissances sur les couples ressources/usage et définition des conditions d'accès au marché des matières secondaires issues de biomasse	<ul style="list-style-type: none"> Rendre lisible la réalité des usages actuels ou potentiels des matières secondaires issues de biomasse et élaborer un guide des bonnes pratiques permettant de concrétiser une filière de valorisation de ces ressources. 	Moyenne	Moyen terme
Clarification et sécurisation du statut de certains coproduits/sous-produits de l'agriculture et des industries agro-alimentaires et agro-industrielles et actions liées	<ul style="list-style-type: none"> Clarifier et sécuriser le statut de certains coproduits/sous-produits afin d'éviter qu'ils ne soient considérés comme des déchets lorsqu'ils ont une valorisation certaine et reconnue. Encourager le développement de nouveaux projets d'intérêt d'un point de vue environnemental, technique et économique, en clarifiant le statut des nouveaux coproduits et en facilitant leur normalisation. 	Forte	Moyen et long terme

Figure 4 : Tableau de bord des recommandations

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) 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.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. www.ademe.fr



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr

ABOUT ADEME

The French Environment and Energy Management Agency (ADEME) is a public agency under the joint authority of the Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, and the Ministry for Higher Education and Research. The agency is active in the implementation of public policy in the areas of the environment, energy and sustainable development.

ADEME provides expertise and advisory services to businesses, local authorities and communities, government bodies and the public at large, to enable them to establish and consolidate their environmental action. As part of this work the agency helps finance projects, from research to implementation, in the areas of waste management, soil conservation, energy efficiency and renewable energy, air quality and noise abatement.

www.ademe.fr.



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr