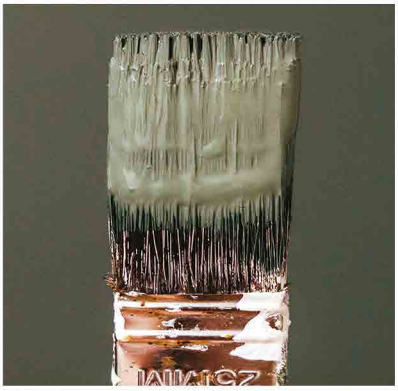


LA COOPÉRATION AGRICOLE

# LA BIOÉCONOMIE

## Valoriser les coproduits agricoles et agro-alimentaires

© La Coopération Agricole, 2022
43 rue Sedaine 75538 PARIS Cedex 11
ISBN : 979-10-91278-35-5

**Ce document a été rédigé par :**

- Romane Gohier, La Coopération Agricole Hauts-de-France et Île-de-France
- Élodie Blanc, La Coopération Agricole Hauts-de-France et Île-de-France
- Françoise Ledos, La Coopération Agricole
- Bénédicte Renaud, Réséda
- Lucile Godard, AgroTransfert

**Ont également collaboré à la rédaction de cet ouvrage :**

- Olivia Talhouk, La Coopération Agricole Auvergne-Rhône-Alpes
- Mathilde Dauvin, La Coopération Agricole Grand-Est
- Valérie Bris, La Coopération Agricole Nutrition Animale
- Gaëtane Le Breuil, La Coopération Agricole Métiers du Grain
- Benjamin Perdreau, La Coopération Agricole
- Claude Floch, La Coopération Agricole Occitanie
- Mélanie Lorenzi, La Coopération Agricole Corse
- Yoann Mery, La Coopération Agricole Ouest

Ce document est issu des travaux conduits dans le cadre du programme de développement de La Coopération Agricole. À ce titre, il bénéficie de fonds CASDAR.

Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION
*Liberté Égalité Fraternité*

La responsabilité du ministère en charge de l'Agriculture ne saurait être engagée.

# Sommaire

Édito. Marc Braidy 7

CHAPITRE 1.

L'économie du biosourcé

PAGE 8

CHAPITRE 2.

Panorama de la valorisation des coproduits

PAGE 58

CHAPITRE 3.

Construire un projet de bioéconomie avec les acteurs de la filière du territoire

PAGE 140

Bibliographie 167

Glossaire 175

Remerciements 181

Table des figures & tableaux 183

Marc Braidy

RETOUR AU SOMMAIRE

# Édito

L'accroissement de la demande mondiale en ressources fossiles et minérales, ainsi que les défis environnementaux actuels, nous obligent à repenser nos modes de production. La bioéconomie représente une voie prometteuse pour répondre à ces enjeux puisqu'elle permet de substituer partiellement l'usage de ressources non renouvelables par de la biomasse sur différents marchés: bioénergies, biomatériaux et biomolécules. Les politiques publiques (Stratégie nationale bas carbone, Programmation pluriannuelle de l'énergie, Stratégie nationale de mobilisation de la biomasse, Plan d'action pour la bioéconomie, RE2020, etc.) encouragent fortement le développement des énergies issues de la biomasse et des produits biosourcés puisqu'ils peuvent permettre de réduire l'émission de gaz à effet de serre et de stocker du carbone dans les matériaux à durée de vie longue. Le taux actuel de pénétration des bioénergies et produits biosourcés est encore faible, mais ces politiques publiques soulignent le potentiel considérable de la bioéconomie.

Le développement de ce secteur ne se fera pas sans la forte contribution du monde agricole et agroalimentaire, et plus particulièrement des 2300 coopératives que nous représentons. La Coopération Agricole s'est engagée dans la bioéconomie – entendue comme une valorisation non-alimentaire de la biomasse – qui est devenue centrale dans le contexte actuel. Nos travaux s'orientent principalement sur la valorisation des coproduits agricoles et agroalimentaires, générés tout au long des chaînes de valeur. Leur valorisation représente de formidables opportunités de diversification pour les coopératives, et leurs adhérents, et permet de proposer des produits bas-carbone à différents marchés.

La bioéconomie passe par la mobilisation de gisements de biomasse et le développement de produits correspondant aux besoins des marchés aval. Grâce à leurs spécificités organisationnelles, les coopératives sont le maillon idéal pour faciliter la mise en œuvre de projets collectifs et développer de nouvelles filières de bioéconomie. Elles ont une vision globale des exploitations et sont sensibles aux enjeux de retour au sol des nutriments et à la cohérence globale des systèmes de culture. Ancrées dans leurs territoires, les coopératives permettent de garantir la redistribution de la valeur ajoutée générée à leurs adhérents. Ces démarches permettent également de créer des synergies avec les acteurs économiques proches et de redynamiser le monde rural par la création d'emplois locaux non délocalisables.

Ce guide, qui mobilise l'expertise de notre réseau et de nos partenaires Réséda et AgroTransfert, a pour but de permettre aux coopératives et à leurs parties prenantes de s'approprier la notion de bioéconomie, de mettre en lumière les nouvelles opportunités de valorisation des coproduits agricoles, et de donner des clefs de réussite pour la mise en œuvre de leurs projets. Nous souhaitons que les parties prenantes sur les territoires puissent s'en emparer pour que les projets s'amplifient. Nous avons tous une responsabilité dans la lutte contre le changement climatique et souhaitons tout mettre en œuvre pour y contribuer. ■

**Marc BRAIDY**
**Président du Comité Bioéconomie de La Coopération Agricole**

RETOUR AU SOMMAIRE

# Chapitre I :
# L'ÉCONOMIE DU BIOSOURCÉ

RETOUR AU SOMMAIRE

**INTRODUCTION** 11

Du biosourcé au synthétique et minéral, l'inversion de la tendance d'un siècle à l'autre 11
L'agriculture à la croisée de nombreux secteurs d'activités 12
Des opportunités pour les acteurs du monde agricole 12

**DES MARCHÉS EN DÉVELOPPEMENT** 13

Les bioénergies 13
Les matériaux biosourcés 27
Les biomolécules 38
Les produits biosourcés en progression dans de nombreux secteurs 46

**SPÉCIFICITÉS DES COPRODUITS AGRICOLES ET IMPACTS POUR LEUR MISE EN ŒUVRE** 49

Caractéristiques particulières aux coproduits agricoles 49
Spécificités de management des coproduits agricoles 50
Donner de la valeur aux coproduits 52
Les coproduits agricoles sont des ressources 53

**GESTION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL POUR UNE BIOÉCONOMIE DURABLE** 54

Concurrence d'usage 54
L'impact environnemental 56

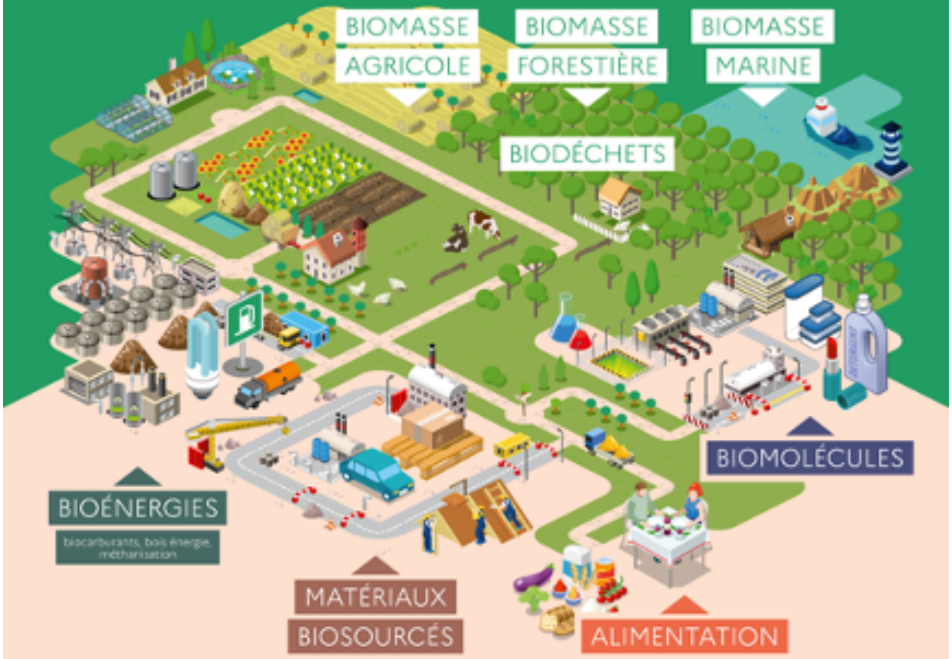
MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION

# La bioéconomie

## Une approche nouvelle pour des solutions durables

La bioéconomie est l'ensemble des activités économiques fondées sur les bioressources, c'est-à-dire les matières organiques terrestres ou marines, végétales ou animales. Une économie basée sur du carbone renouvelable, de la production à la transformation, jusqu'à la valorisation des co-produits et des biodéchets, tout en visant la sécurité alimentaire.

**Elle crée les conditions du passage d'une économie fondée sur les ressources fossiles à une économie fondée sur la biomasse.**




1,9 MILLION D'EMPLOIS DANS LES TERRITOIRES

300 MILLIARDS D'EUROS DE CHIFFRE D'AFFAIRES ANNUEL

10% DE LA CHIMIE ET DES MATÉRIAUX ISSUS DE LA BIOMASSE

60% DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ISSUES DE LA BIOMASSE

SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES : ENTRETIEN DES PAYSAGES, STOCKAGE DU CARBONE...

CONTRIBUE À LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

SOURCE : DGPE, MARS 2021.

# INTRODUCTION

Selon le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, « *la bioéconomie est l'ensemble des activités économiques fondées sur les bioressources, c'est-à-dire les matières organiques terrestres ou marines, végétales ou animales. Une économie fondée sur du carbone renouvelable, de la production à la transformation, jusqu'à la valorisation des coproduits et des biodéchets, tout en visant la sécurité alimentaire. Elle crée les conditions du passage d'une économie fondée sur les ressources fossiles à une économie fondée sur la biomasse* ». C'est l'économie de la photosynthèse et plus largement du vivant. La bioéconomie répond, au-delà de la satisfaction des besoins alimentaires, à une partie des besoins matériels et énergétiques de la société.

**PÉRIMÈTRE DU GUIDE**

**La biomasse peut être d'origine agricole, forestière, aquacole, ou concerner la mobilisation de biodéchets.**
**Dans le cadre de cet ouvrage, nous nous concentrerons essentiellement sur la biomasse agricole et agroalimentaire.**

## DU BIOSOURCÉ AU SYNTHÉTIQUE ET MINÉRAL, L'INVERSION DE LA TENDANCE D'UN SIÈCLE À L'AUTRE

Au début du XX$^{e}$ siècle, la biomasse fournissait plus de 75 % des besoins mondiaux en matières premières. Cent ans plus tard, ces besoins ont été multipliés par 8 tandis que la biomasse n'en représente plus que 30 %. La planète est passée d'une économie du biosourcé à une économie du minéral et du fossile, entraînant ainsi des déséquilibres dans le cycle biogéochimique du carbone. Le cycle biogéochimique du carbone correspond à l'ensemble des échanges de carbone sur la planète (Boyeux, 2015). Le mode de vie ayant beaucoup évolué entre ces deux périodes, il est difficile de comparer dans l'absolu ces deux chiffres, mais la raréfaction des ressources d'origine fossile et minérale est un fait maintenant admis et documenté. Par ailleurs, la prise de conscience du dérèglement climatique, lié notamment à l'utilisation des ressources fossiles, est également établie. L'utilisation des produits issus de la biomasse apporte des réponses à ce double questionnement : d'une part, la biomasse constitue une ressource renouvelable et, d'autre part, la biosphère absorbe à peu près autant de $CO_2$ qu'elle en produit.

## L'AGRICULTURE À LA CROISÉE DE NOMBREUX SECTEURS D'ACTIVITÉS

L'usage des ressources de la nature est aussi ancien que l'humanité. La vie humaine a reposé pendant des millénaires sur les productions naturelles, agricoles et forestières, ainsi que leurs transformations, pour la fourniture de biens de première nécessité (nourriture, vêtement, abri et énergie). L'agriculture, dont la vocation première reste l'alimentation, contribue ainsi à la fourniture d'agro-ressources pour des usages diversifiés. La bioéconomie offre aux acteurs de l'agriculture et de l'agroalimentaire de nouvelles opportunités, par la diversification des débouchés pour les produits et coproduits, ainsi que par le développement de filières innovantes (alimentaires et non alimentaires) porteuses de valeur ajoutée (CESE, 2017).

## DES OPPORTUNITÉS POUR LES ACTEURS DU MONDE AGRICOLE

Au niveau européen, la démarche Lead Market Initiative for Europe (Directorate-General for Enterprise and Industry, 2009) désigne la bioéconomie comme l'un des marchés d'avenir les plus prometteurs. Ainsi, le marché de la matière organique s'ouvre à d'autres perspectives. En dehors de la priorité qui doit être réservée aux productions alimentaires, cette bioéconomie s'attache aujourd'hui principalement à la production d'énergie, mais des secteurs comme la chimie et la construction sont de plus en plus concernés (CESER Ile-de-France, 2017). Ce chapitre présente les principaux marchés en développement de la bioéconomie.

# DES MARCHÉS EN DÉVELOPPEMENT

Les voies de valorisation des produits biosourcés sont généralement déclinées en quatre catégories : alimentation, bioénergies, matériaux biosourcés et biomolécules. L'alimentaire est le cœur de métier des acteurs du monde agricole et nous nous attacherons ici à décrire les voies non alimentaires.

Pour chacune de ces catégories, nous proposerons une définition et présenterons quels sont les marchés en développement, sachant que les solutions biosourcées évoluent très rapidement, soit par l'arrivée de nouveaux produits, soit grâce à des évolutions qualitatives sur les solutions existantes.

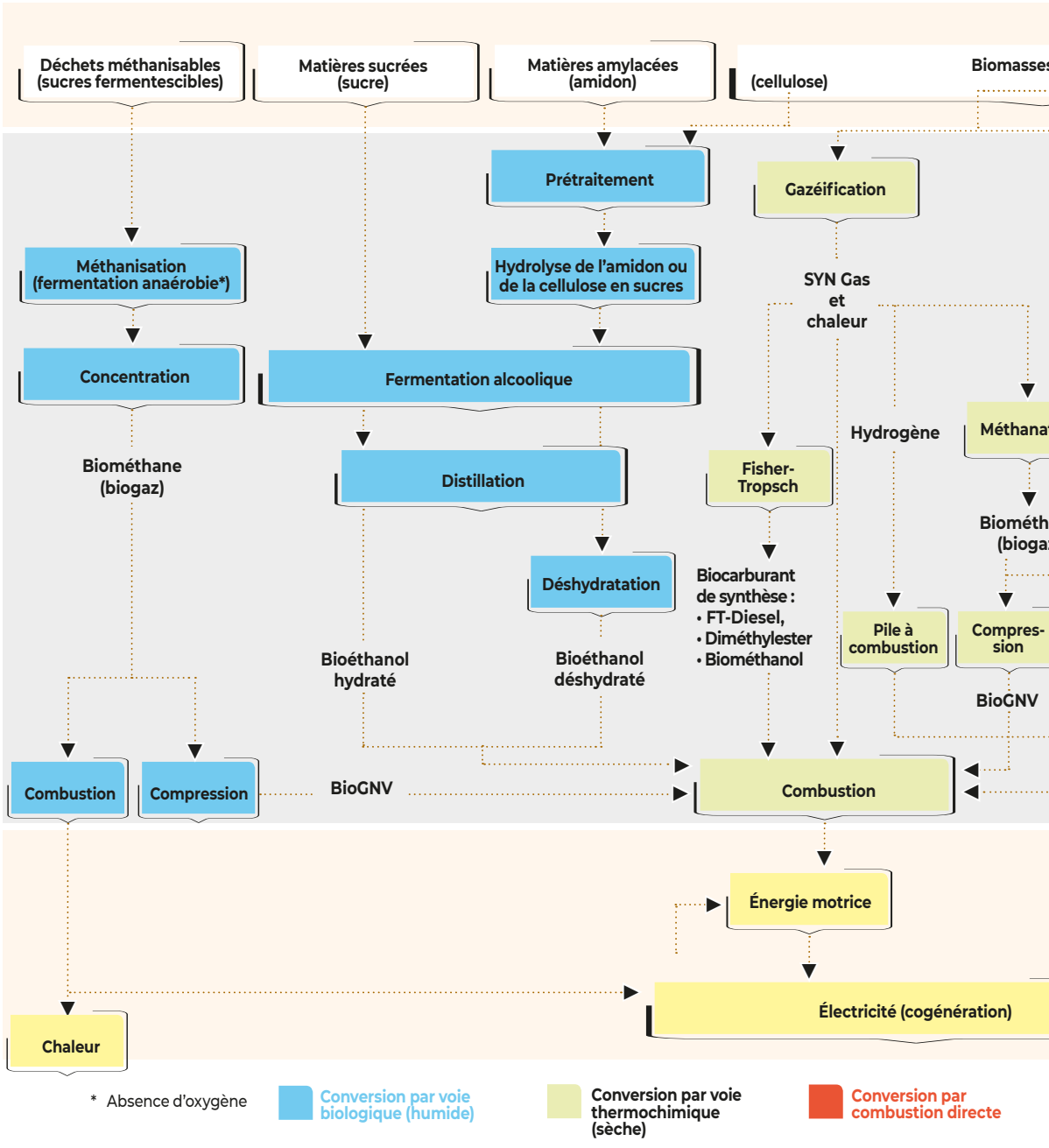
## LES BIOÉNERGIES

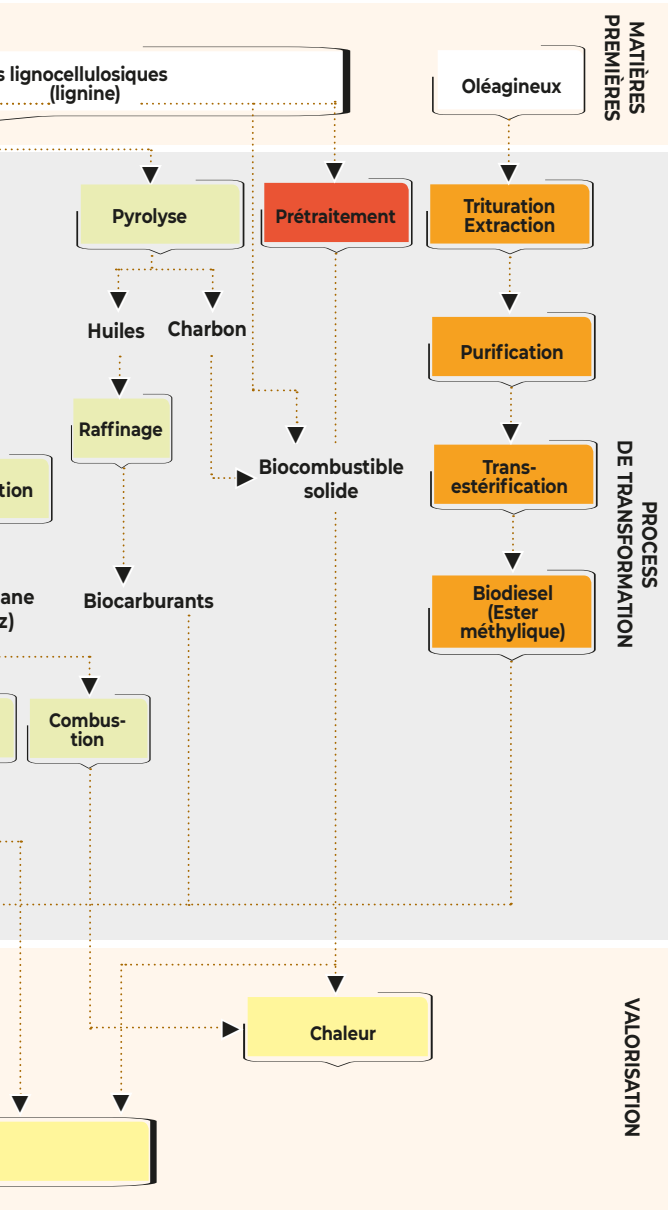
Les bioénergies sont l'ensemble des énergies dérivées de la photosynthèse. Elles visent l'utilisation de l'énergie stockée dans la biomasse.

Contribuer au développement des filières d'énergies renouvelables sur le territoire national en proposant une alternative crédible aux énergies fossiles (mobilité, chauffage et éclairage des bâtiments, injection dans les réseaux de gaz et épuration des effluents), trouver des débouchés pour écouler les déchets organiques, réduire l'empreinte carbone des activités industrielles pour répondre aux problématiques écologiques : tels sont les défis majeurs auxquels s'attellent les bioénergies.

Si la part de l'électricité produite en France grâce aux bioénergies semble faible – 1,4 % (EDF, 2019) –, la contribution des bioénergies à la consommation finale d'énergie s'élève quant à elle à 9,7 % en France (ekWateur, 2021). Bien que la transition énergétique soit souvent évoquée sous le prisme de la production d'électricité, il est important de rappeler que l'électricité ne représente que 25 % de l'énergie finale consommée en France. Une grande partie de l'énergie que nous consommons est utilisée dans les transports (carburant) ou pour produire de la chaleur (réseau de gaz). Par ailleurs, il faut rappeler qu'à l'échelle mondiale, selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation (FAO), 2,4 milliards d'individus utilisent uniquement des bioénergies pour cuisiner et se chauffer.

**Figure I.1. Les voies de valorisation de la biomasse en bioénergies**
(d'après RMT Biomasse, 2011)






Ce schéma représente les différents procédés de production de bioénergies. En fonction du type de matières : **déchets** (déchets d'industries agroalimentaires, déchets verts, boues de station d'épuration, etc.), **matières sucrées** (betterave sucrière, canne à sucre, etc.), **matières amylacées** (céréales, maïs, etc.), **matières lignocellulosiques** (bois, résidus de récoltes forestières ou agricoles, cultures non alimentaires, etc.), **matières oléagineuses** (colza, tournesol, etc.), différents process permettent de transformer l'énergie solaire stockée dans la biomasse en électricité, en énergie motrice ou en chaleur.

Ce schéma illustre la diversité des techniques possibles. Selon les biomasses disponibles et les besoins en énergie sur un territoire, le choix des bioénergies à développer variera.

Les trois voies les plus développées en France, par ordre d'intérêt économique, sont :

- la méthanisation,
- les biocarburants
- et la voie thermochimique.

## La méthanisation

L'agriculture représente 18 % des émissions de gaz à effet de serre en France et est particulièrement émettrice de méthane (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2019). L'une des principales sources d'émissions dans ce secteur est la décomposition de la matière organique. La méthanisation est un procédé biologique naturel permettant de traiter des matières fermentescibles tout en produisant une énergie renouvelable sous forme de biométhane, ou d'électricité et de chaleur. C'est une technologie fondée sur la dégradation par des micro-organismes de la matière organique, en milieu anaérobie (absence d'oxygène). Les produits de cette dégradation sont le biogaz et le digestat.

### Fonctionnement d'un méthaniseur

Les bactéries présentes dans le digesteur permettent la dégradation de la matière en quatre étapes :

- **l'hydrolyse** : la dégradation des molécules complexes (polymères) en monomères ;
- **l'acidogénèse** : la transformation des monomères issus de l'hydrolyse en acides gras volatiles, alcool, acides organiques, hydrogène et dioxyde de carbone ;
- **l'acétogénèse** : la formation de l'acétate, de l'hydrogène et de gaz carbonique, précurseurs directs du méthane, à partir des composés issus de l'acidogénèse ;
- **la méthanogénèse** : la transformation des produits de l'acétogénèse en méthane (Institut de l'élevage, 2015).

Ces quatre étapes permettent d'aboutir à la production d'un biogaz, mélange gazeux saturé en vapeur d'eau composé de 50 % à 70 % de méthane ($CH_4$), de 20 % à 50 % de gaz carbonique ($CO_2$) et de quelques gaz traces ($NH_3$, $N_2$, $H_2S$). Le biogaz est stocké sous une géomembrane fixée au-dessus du digesteur ou du post-digesteur. Toutes les matières qui n'ont pas été transformées en biogaz constituent le digestat (éléments minéraux, matière organique résiduelle, eau), utilisable comme fertilisant ou amendement organique (Réséda, 2021).

### Deux modes de valorisation du biogaz : la cogénération et l'injection

Dans le cas de la **cogénération**, le biogaz va être dirigé vers un moteur à gaz ou une petite turbine sur le site de méthanisation et produire de la chaleur et de l'électricité. Le rendement énergétique de la production d'électricité est relativement faible (35 à 40 %). Il est donc nécessaire de valoriser localement la chaleur qui se dégage dans le moteur à gaz ou la turbine. La chaleur est intéressante pour chauffer les bâtiments d'élevage ou pour un atelier de transformation (eau chaude, pasteurisation, etc.). Elle peut aussi servir pour le séchage des fourrages et, éventuellement,

d'autres activités comme le chauffage des habitations. L'électricité produite peut être autoconsommée sur site, ou un raccordement électrique peut être installé afin de la revendre à EDF ou à des entreprises locales de distribution d'énergie.

Dans le cas de **l'injection**, le biogaz est injecté dans le réseau de gaz naturel. Pour cela, le gaz doit être épuré de son $CO_2$ et de son soufre. Ce mode de valorisation implique le raccordement de l'unité de méthanisation au réseau de gaz. Pour des raisons de coût, une certaine proximité entre l'installation et le réseau est un plus. Le biogaz peut se substituer au gaz naturel dans toutes ses applications, en particulier comme carburant (bioGNV).

Les petites unités (jusqu'à 250 kWé) sont généralement en cogénération, tandis que les unités en injection impliquent des coûts d'installation élevés et s'adressent donc plutôt aux projets de taille plus importante (débit supérieur à 50 $Nm^3$).

## Cinq catégories de méthaniseurs

Selon la typologie d'intrant principal et le porteur de projet, les méthaniseurs peuvent être classés en cinq catégories (Observ'ER, 2020) :

- **les décharges** (ou installations de stockage de déchets non dangereux) : les installations raccordées au réseau électrique valorisent le biogaz généré spontanément par la fermentation des déchets ;
- **les ordures ménagères** : les unités de tri mécanisation-biologique (TMB) sont adossées à une unité de méthanisation. Ce tri automatique sépare la fraction fermentescible et les matières recyclables des déchets résiduels. Le développement du TMB est aujourd'hui quasiment stoppé en raison de mauvais retours d'expérience ;
- **les stations d'épuration urbaines** : les boues sont digérées dans des méthaniseurs. L'énergie thermique assure le séchage des boues et parfois aussi l'alimentation d'un réseau de chaleur. La plupart des projets actuels d'unités de valorisation de biogaz dans des stations d'épuration urbaines prévoient une injection dans le réseau de gaz naturel ;
- **les sites industriels** : ces installations traitent les effluents issus de l'activité d'entreprises du secteur de l'agroalimentaire, de la chimie, etc. Le biogaz produit a surtout pour objectif de générer de la chaleur utilisée directement sur les sites industriels eux-mêmes ;
- **les installations de méthanisation agricole individuelles et territoriales** : ces sites sont généralement liés à une ou plusieurs exploitation(s) agricole(s) pour y valoriser les coproduits de l'élevage et de l'agriculture. Ce type d'unités représente 65 % des unités de méthanisation en France en 2020.

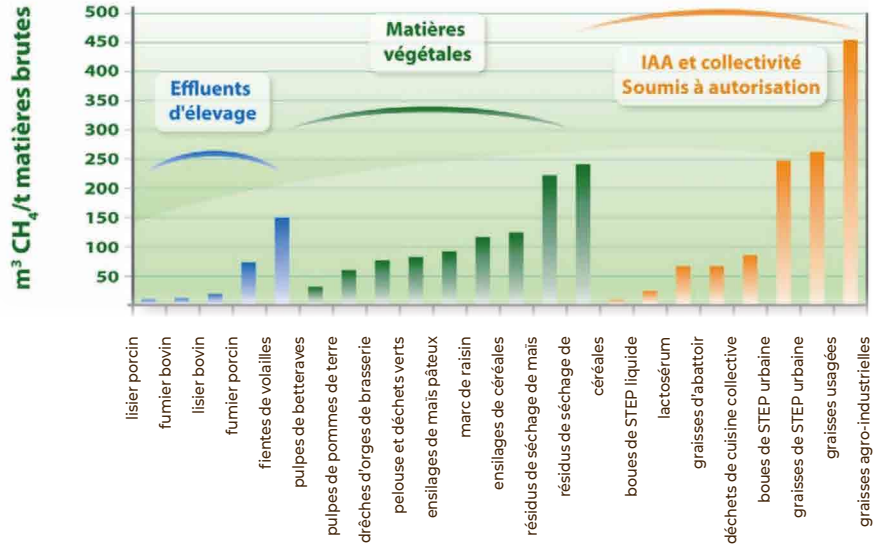
Le gisement énergétique mobilisable en France à l'horizon 2030 pour la méthanisation a été évalué entre 30 et 60 TWh de biogaz produit. Il est composé à 90 % de matières agricoles (ADEME, 2014).

## Les intrants de la méthanisation agricole

Dans la méthanisation agricole, les intrants peuvent être d'origines diverses :

- **les effluents d'élevage** : lisier, fumier, fientes, eaux blanches ;
- **les résidus de culture** : pailles, menues pailles, résidus de taille ;
- **les cultures intermédiaires** : ce sont des cultures semées entre deux cultures dites principales. Elles remplissent plusieurs rôles agronomiques et font l'objet de différentes dénominations selon leur usage : CIPAN (Cultures Intermédiaires Piège À Nitrate), CIVE (Culture Intermédiaire à Vocation Énergétique), couverts végétaux, intercultures, cultures dérobées (utilisation fourragère), CIMS (Cultures Intermédiaires MultiServices) ;
- **les cultures dédiées** : ce sont des cultures énergétiques cultivées à titre principal destinées à alimenter un méthaniseur. Leur taux d'incorporation maximal est fixé par le décret 2016-929 du 7 juillet 2016 et ne doit pas dépasser 15 % du tonnage brut total des intrants ;
- **les coproduits des industries agro-alimentaires (IAA)** : de 1re transformation, de 2e transformation et les sous-produits animaux issus des abattoirs (Réséda, 2021). Ces derniers nécessitent des prétraitements en raison d'obligations réglementaires (cf. fiche L'industrie de la viande, p. 119).

**Figure I.2. Pouvoir méthanogène par type d'intrants**
(Solagro, 2016)



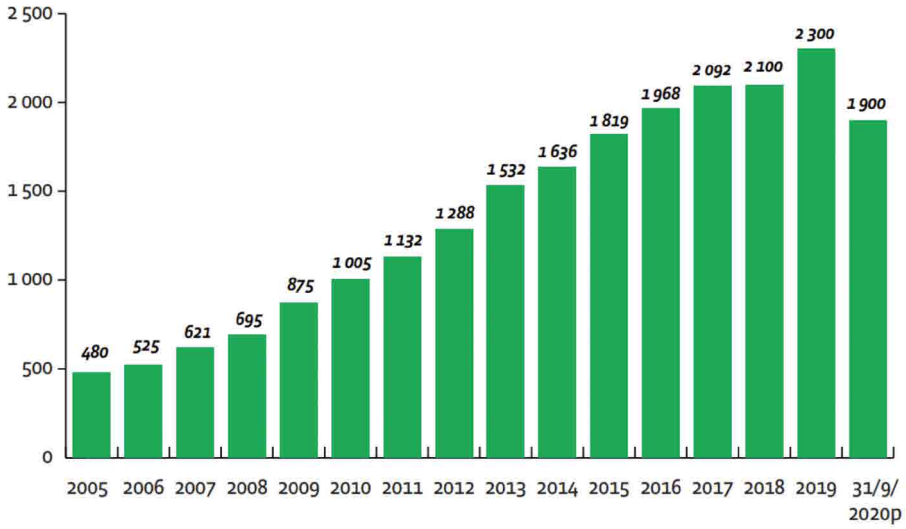
Le pouvoir méthanogène est très variable selon les matières premières, cela signifie que leur dégradation produira plus ou moins de méthane. Plus un substrat est riche en sucre, protéine et lipide, plus il est méthanogène. Les substrats les plus gras sont une excellente source de méthane mais une trop grande quantité peut nuire à l'équilibre biologique du mélange.

## État des lieux et tendances

Au 30 septembre 2020, on dénombrait en France 1 023 unités de méthanisation en cogénération ou injection. La filière a commencé à se développer en France depuis le début des années 2000, avec la cogénération. Depuis 2019, les pouvoirs publics soutiennent plutôt le développement de l'injection. La loi énergie climat du 9 novembre 2019 fixe un objectif de 8 % de biogaz en 2028 dans les réseaux de gaz et des mesures ont été prises pour faciliter l'injection (droit à l'injection). Grâce aux zonages de raccordement établis, il est possible de définir les schémas de réseaux les plus pertinents pour le raccordement des projets de méthanisation.

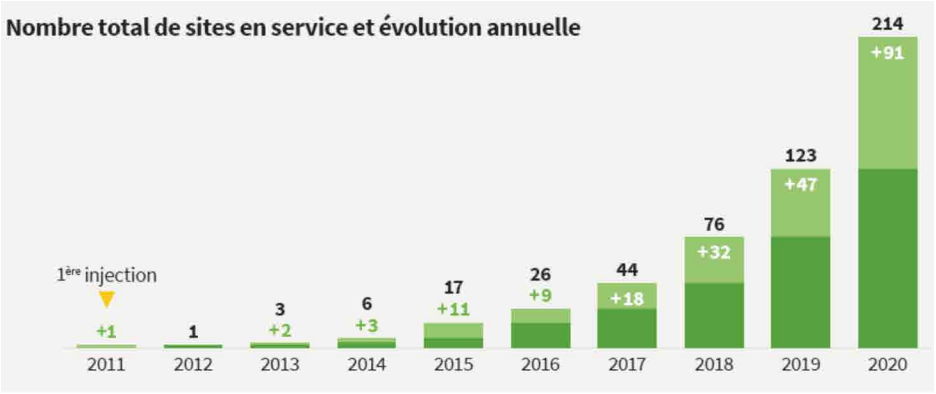
La PPE (programmation pluriannuelle de l'énergie) souhaite également inciter à l'élargissement des débouchés du biométhane, notamment en favorisant le GNV (gaz naturel pour véhicules) et le bioGNV grâce au suramortissement à l'achat de véhicules compatibles. Ce sujet nous amène à la seconde voie de bioénergie : les biocarburants.

**Figure I.3. Évolution de la production d'électricité d'origine biogaz en GWh en France (métropole + DOM)** (SDEC, 2020, d'après Observ'ER, 2020)




p = prévisionnel

**Figure I.4. Évolution du nombre d'unités en injection**
(GRDF, 2021)




## Les biocarburants

Le biocarburant est *« un combustible liquide ou gazeux utilisé pour le transport et produit à partir de la biomasse constituée de la fraction biodégradable des produits, des déchets et résidus provenant de l'agriculture (y compris les substances végétales et animales), de la sylviculture et de ses industries connexes, ainsi que de la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux »* (directive 2003/30/CE).

On distingue trois types de biocarburants :

- l**e bioGNV** (biométhane compressé) ;
- **le biodiesel** (produit à partir d'huile végétale comme l'huile de colza) utilisé pour les moteurs Diesel ;
- et **le bioéthanol** (produit à partir de canne à sucre, de céréales ou de betterave sucrière) utilisé pour les moteurs essence.

La France s'est engagée dans un programme de développement des biocarburants en fixant des objectifs d'incorporation de biocarburants dans les carburants traditionnels d'origine fossile, le but étant d'améliorer le bilan GES (gaz à effet de serre) des carburants consommés et de réduire la dépendance aux énergies fossiles importées.

La TIRIB (taxe incitative relative à l'incorporation de biocarburants) pénalise les opérateurs qui proposent des carburants avec une proportion de biocarburants inférieure à l'objectif d'incorporation dans chaque filière. En 2021, l'objectif d'incorporation est de 8,6 % dans l'essence et de 8 % dans le gazole (Ministère de la Transition écologique, 2021). L'intégration de bioGNV dans le GNV (gaz naturel pour véhicules) n'est quant à elle pas encadrée.

### Le bioGNV, ou biométhane carburant

Le biométhane est du biogaz qui a été épuré pour être similaire à du gaz naturel (passage de 50-60 % de $CH_4$ à plus de 90 % en retirant le $CO_2$). Il peut être valorisé comme

biocarburant gazeux ; on parle alors de biométhane carburant. Il s'utilise exactement comme le gaz naturel, nécessitant, pour alimenter un véhicule, d'être comprimé à 200 bars par une station de compression.

Le biométhane ayant une qualité similaire à celle du gaz naturel, l'incorporation de biométhane dans le GNV, quelle qu'en soit la proportion, peut être réalisée sans modification des véhicules fonctionnant au gaz naturel, ni des infrastructures de distribution associées.

En France, le GNV est déjà très développé dans le secteur des bus et des véhicules de propreté urbaine : 13 % du parc de bus et 10 % du parc de bennes à ordures ménagères roulent ainsi déjà au GNV ou bioGNV (GRDF, 2021). Plus de 26 millions de véhicules roulent, aujourd'hui, au GNV ou au bioGNV dans le monde. Avec 1,3 million de véhicules en circulation, l'Europe continue sa croissance portée par la bonne dynamique constatée en Italie ou encore en Allemagne. Le marché français (26 000 véhicules en 2021) connaît, quant à lui, un essor sans précédent, porté par le dynamisme des immatriculations de véhicules lourds (AFGNV, 2021).

Il existe d'ailleurs de nombreux modèles de véhicules disponibles roulant au gaz. Le taux d'incorporation de bioGNV dans les stations de GNV croît très rapidement, il était de 17,5 % en 2020. La production européenne de biométhane devrait au moins doubler d'ici 2030, passant de près de 200 TWh aujourd'hui à environ 370-390 TWh, selon différentes études.

À titre d'exemple, en Suède, le taux d'incorporation de bioGNV dans le GNV atteint plus de 90 % depuis 2018.

## Le biodiesel à partir d'huiles végétales

Les matières premières nécessaires à la production du biodiesel sont les huiles végétales (soja, colza, moutarde, lin, tournesol, palme, chanvre, etc.) ou les graisses animales. Ces huiles font l'objet d'une transestérification pour obtenir du biodiesel. Ce biodiesel est ensuite ajouté au gazole dans une limite de 8 %. Le gazole B10 contient quant à lui 10 % de biodiesel.

En dehors de ces gazoles disponibles dans les stations-service, certains carburants peuvent utiliser un taux de biodiesel bien plus important dans des cas spécifiques :

- **le gazole B30** (30 % de biodiesel) et **le gazole B100** (100 % de biodiesel) : les conditions d'utilisation du B100, destiné aux poids lourds de plus de 3,5 t, sont définies par l'arrêté du 29 mars 2018. Il est autorisé uniquement pour les véhicules de flottes captives[1] disposant d'une logistique d'approvisionnement en carburant dédiée (cuve privative). Ces carburants ne sont pas disponibles à la vente au grand public, car ils ne sont pas compatibles avec tous les moteurs véhicules Diesel et peuvent nécessiter des conditions de maintenance adaptées ;
- **les huiles végétales** : les agriculteurs et les pêcheurs sont autorisés à utiliser de l'huile végétale pure dans les engins agricoles ainsi qu'à bord des navires de pêche. Les collectivités locales peuvent utiliser, à titre expérimental, des huiles

1. Une flotte captive est une flotte de véhicules disposant de sa propre logistique d'approvisionnement et de distribution et bénéficiant de conditions de maintenance adaptées.

végétales pures ou en mélange, dans leurs véhicules non destinés au transport de passagers (protocole à signer).

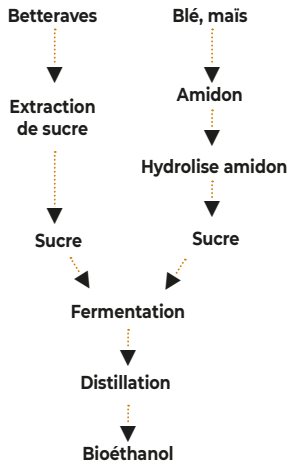
Certaines entreprises peuvent, à titre expérimental, collecter des huiles de cuisson et les intégrer pour la conception de biocarburant.

## Le bioéthanol issu de la fermentation du sucre ou de l'amidon

Le bioéthanol provient de la fermentation du sucre ou de l'amidon des plantes (betterave, grains de blé ou de maïs). On peut également y trouver des résidus vinicoles tels que des lies de vin ou des marcs de raisin. Les éléments fermentés sont alors distillés et déshydratés pour obtenir du bioéthanol. Une fois sa fabrication finalisée, il est ajouté en quantité limitée et selon des taux variables, à trois types de carburants pour moteur essence : SP95, SP98 et E85, disponibles en stations-service. En France, le bioéthanol est utilisé en mélange dans les essences commerciales : de manière systématique dans le SP95-E5 (5 %) et le SP95-E10 (10 %), et à haute teneur dans l'E85 (de 65 à 85 %).

La production de bioéthanol entraîne la production de coproduits, utilisés pour l'alimentation animale. Les pulpes et les vinasses, coproduits de l'éthanol de betterave, sont particulièrement adaptées à l'alimentation des ruminants et des porcs. La drèche de blé, coproduit de l'éthanol de blé, est quant à elle utilisée pour l'alimentation des bovins (Mission d'information Agrocarburants – Assemblée nationale, 2020).

**Figure I.5. Voies principales de production du bioéthanol**




### MASS BALANCE

**Le principe de « mass balance » consiste à utiliser comme intrants des ressources végétales, en complément de ressources fossiles. Les ressources végétales et fossiles peuvent être mélangées au cours du process. La part biosourcée est alors attribuée arithmétiquement à certains produits selon une méthode certifiée par l'organisme TÜV SÜD. Une partie des biocarburants sortants va ainsi être considérée comme pétrosourcée et une autre partie considérée comme biosourcée, bien qu'il s'agisse d'un seul produit à la sortie du process. En résumé, le produit final dit biosourcé ne dispose pas forcément d'une part biosourcée mesurable par la technique du carbone 14. En revanche, au global, chaque achat de produits selon le principe mass balance entraîne bien la substitution de quantités de ressources fossiles par des équivalents renouvelables.**

## Les biocarburants du futur

Le biodiesel et le bioéthanol, dits de première génération (1G), sont produits à partir de matières premières qui peuvent également être utilisées en alimentation animale ou humaine (Connaissances des énergies, 2013). Ils ont ainsi suscité de vives critiques à la suite de la crise alimentaire de 2008. On leur reproche par ailleurs d'occasionner des changements d'affectation des sols dommageables pour l'environnement, un des exemples les plus emblématiques étant la diminution de la surface de la forêt amazonienne. C'est pourquoi la directive UE 2015/1513 impose que la part d'énergie des biocarburants produits à partir de céréales, de plantes sucrières et d'oléagineux ne soit pas supérieure à 7 % de la consommation finale d'énergie des transports dans les États membres de l'Union européenne.

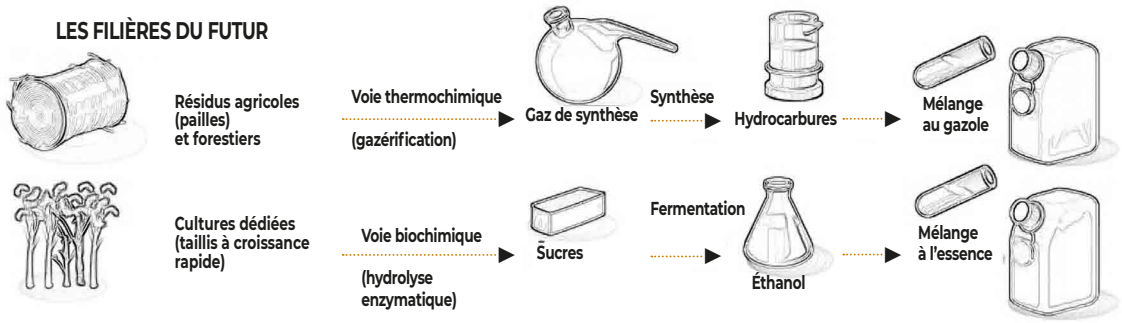
Aujourd'hui, seule cette génération de biocarburant est produite à l'échelle industrielle en France. Cette crise des biocarburants 1G a forcé le secteur à s'intéresser à des techniques et des ressources plus durables. Des projets pilotes travaillent ainsi actuellement à la production de biocarburants de seconde génération (2G) évitant la concurrence avec les productions alimentaires et ayant par ailleurs un bilan environnemental plus favorable. Ils portent sur la valorisation de la part non alimentaire de la plante (résidus agricoles, cultures dédiées) et sur la valorisation de biodéchets (Ministère de la Transition écologique, 2021). Ces projets mobilisent la biomasse lignocellulosique (bois, résidus de récoltes forestières ou agricoles, déchets agro-industriels, cultures dédiées, etc.) et permettent donc d'utiliser une diversité plus importante de cultures non alimentaires (voir figure I.6).

La troisième génération de biocarburant (3G) n'en est encore qu'au stade de la recherche. Il s'agit d'utiliser des micro-organismes (algues ou bactéries) pour la production de carburants sous deux formes principales : hydrogène ou huiles convertibles en hydrocarbures de la même manière que les biodiesels.

Un autre axe de développement des biocarburants concerne le secteur aéronautique, ou SAF (*Sustainable Aviation Fuel*).

**Figure I.6. Production de biocarburants de seconde génération**

(Ministère de la Transition écologique, 2021)



D'importants travaux sont réalisés pour l'industrialisation de biokérosène à destination du secteur aéronautique. Le premier vol international d'avion alimenté en biokérosène (produit à 97 % de betteraves sucrières) a eu lieu en juin 2021. À l'avenir, ce secteur pourrait mobiliser une part croissante de gisements de biomasse.

## La biomasse-énergie et autres voies thermiques

Une autre approche pour produire de l'énergie à partir de la biomasse est la combustion directe. La biomasse est brûlée et permet de produire de la chaleur, de l'électricité ou les deux (cogénération). Il s'agit de la forme d'énergie la plus ancienne utilisée par l'homme depuis la découverte du feu à l'époque de la préhistoire. La FAO estime qu'un tiers des hommes et femmes à travers le monde utilisent le bois pour cuisiner et se chauffer.

La biomasse énergie occupe une place centrale dans la production de chaleur renouvelable et elle connaît en France un développement très dynamique, du fait notamment des politiques de soutien mises en place (crédits d'impôts, Certificats d'Économie d'Énergie, Fonds Chaleur, etc.). La Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) de 2019 prévoit que le nombre de logements chauffés grâce à la biomasse énergie atteigne 9,5 millions d'ici 2023. Elle prévoit également, pour les réseaux de chaleur et les secteurs de l'industrie, une substitution du charbon par la biomasse. Les dernières centrales électriques françaises fonctionnant exclusivement au charbon cesseront d'ici 2022 (PPE, 2019). La priorité est donnée à la production de chaleur et l'État souhaite cesser le soutien financier pour les projets de production d'électricité, car cette valorisation revêt une moindre efficacité énergétique.

### La centrale ou chaudière biomasse

Tout d'abord, la biomasse est brûlée dans une chambre de combustion, dégageant de la chaleur qui chauffe l'eau d'une chaudière. La vapeur peut être utilisée pour produire de l'énergie mécanique ou pour circuler directement dans les réseaux de chauffage urbain. Dans le cas d'une centrale électrique, la vapeur d'eau produite met en mouvement une turbine reliée à un alternateur. Un transformateur élève la tension du courant électrique produit par l'alternateur pour qu'il puisse être redirigé vers le réseau électrique.

La biomasse privilégiée pour ce type de centrale est la biomasse ligneuse ; elle peut être de sources variées : bois, coproduits des industries de transformation du bois ou de coproduits agricoles (paille, canne à sucre, arachide, noix de coco, etc.). L'intérêt des différentes matières dépend de leur pouvoir calorifique inférieur, variable selon leur composition chimique, leur teneur en humidité et en cendres (éléments non combustibles). Une forte teneur en cendres entraîne la formation de mâchefer [2] et l'encrassement des chaudières. Les matières générant le moins de cendres sont donc privilégiées.

2. Le mâchefer désigne le résidu de combustion rémanent.

La combustion en centrale biomasse est le procédé le plus fréquemment utilisé pour valoriser la biomasse. Cependant la biomasse énergie convertie par voie thermochimique regroupe également les procédés de gazéification et de pyrolyse. Les intrants utilisés comme combustibles sont les mêmes, mais le fonctionnement de ces technologies est différent, donnant ainsi des produits distincts.

### La gazéification

La gazéification est un système spécifique de mise sous haute température qui permet la réaction entre le carbone de la biomasse et les gaz oxydants présents dans l'air (vapeur d'eau et $CO_2$), afin d'aboutir à la création d'un gaz nommé gaz de synthèse, plus couramment appelé « SYNthetic GAS » (syngas), composé de monoxyde de carbone (CO) et de dihydrogène ($H_2$). Ce gaz représente un mode de stockage d'énergie et peut notamment être utilisé comme combustible qui peut ensuite être brûlé dans un moteur à combustion pour la production d'énergie mécanique ou d'électricité de manière différenciée ou simultanée (cogénération). Le syngas est également un composé chimique de grand intérêt puisqu'il entre dans la synthèse de la plupart des molécules chimiques d'intérêt industriel. Ainsi, s'il n'est pas brûlé pour générer de l'énergie électrique ou thermique, il peut être raffiné et donner de l'hydrogène, des biocarburants, des produits chimiques ou encore des plastiques.

### La pyrolyse

Concernant le process de pyrolyse, le but recherché est de décomposer la matière carbonée sous l'action de la chaleur, pour produire cette fois un solide (charbon végétal), un liquide (huile pyrolytique dite biohuile) ou un gaz, tous combustibles. Les biohuiles peuvent également entrer dans la composition des biocarburants ou d'autres composés chimiques d'intérêt industriel (Total Direct Énergie, 2021).

## L'hydrogène, une énergie innovante

Le Plan de Relance en 2020 a orienté des enveloppes budgétaires conséquentes pour le développement de l'hydrogène. Ce gaz est très intéressant car il n'émet pas de Gaz à Effet de Serre (GES) au moment de sa consommation et possède un pouvoir énergétique conséquent. Différents procédés existent pour produire de l'hydrogène :

- **le reformage** : il s'agit de faire réagir du méthane avec de l'eau pour obtenir un mélange contenant de l'hydrogène et du $CO_2$ (qu'il convient de purifier). Actuellement le méthane utilisé est issu de ressources fossiles, mais le développement de la méthanisation pourrait permettre d'utiliser du biométhane pour réaliser ce procédé de reformage ;
- **l'électrolyse** : ce procédé, très consommateur d'énergie électrique et peu rentable, permet de séparer les molécules d'eau en hydrogène et en oxygène. Il est intéressant pour convertir l'électricité en

hydrogène ; c'est un système de stockage électrique plus que de production ;

- **la gazéification** : la combustion du charbon permet la production de gaz de synthèse (syngas), mélange gazeux d'hydrogène et de monoxyde de carbone. Le charbon peut être remplacé par de la biomasse ;
- une autre approche possible, encore au stade R&D aujourd'hui, consiste à **empêcher la dernière phase du processus de méthanisation (méthanogenèse)** afin d'obtenir de l'hydrogène dans les digesteurs.

Ainsi, les voies de production d'hydrogène actuellement utilisées ont un impact environnemental significatif, mais grâce au développement de la méthanisation ou de l'utilisation de biomasse en gazéification, les ressources agricoles pourraient permettre de produire un hydrogène renouvelable.

Pour le moment, l'hydrogène ne représente que 1,2 % de la consommation mondiale d'énergie. L'AEI (Agence internationale de l'énergie) prévoit que cette part atteindra 13 % d'ici 2050. Ces chiffres soulignent le rôle des ressources en biomasse dans la transition énergétique à mener.

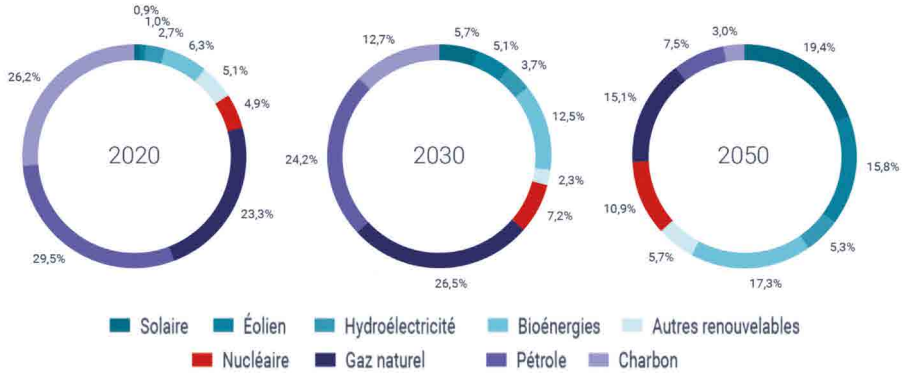
## À l'avenir, un développement sans précédent des bioénergies

Cette partie sur les bioénergies donne un aperçu des trois voies de bioénergies les plus développées. Outre la méthanisation, les biocarburants et la biomasse-énergie, d'intenses efforts de R&D sont déployés pour développer les bioénergies de demain, comme l'hydrogène.

Les politiques publiques françaises orientent leur Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) vers une intégration croissante des énergies renouvelables dans le mix énergétique. L'électricité renouvelable intermittente fournie par l'énergie solaire ou éolienne varie au cours de la journée et selon les conditions météorologiques, et le stockage d'électricité demeure aujourd'hui coûteux, alors que les canalisations du réseau de gaz naturel peuvent absorber des variations journalières et qu'il existe des infrastructures de stockage pour l'hiver (InfoMétha, 2021). Le stockage de biomasse pour alimenter des centrales est également aisé. Il est donc essentiel d'intégrer les bioénergies dans le mix énergétique en profitant de la flexibilité de ces installations ainsi que des possibilités de stockage du biogaz. Le biogaz représente ainsi une source d'énergie complémentaire aux énergies renouvelables dites intermittentes (AIE, 2021). À l'échelle mondiale, l'AIE prévoit que la part des bioénergies passera de 6 % en 2020 à 17 % d'ici 2050.

L'expérience montre que les stratégies *Gas to Power* sont peu efficientes énergétiquement. Elles nécessitent une forte consommation électrique pour transformer le gaz en électricité. Le développement d'unités en cogénération est donc recommandé seulement s'il est couplé à une utilisation de la chaleur générée. En France, la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) prévoit de privilégier l'utilisation de la biomasse pour la production de chaleur directe ou de biogaz, plutôt que pour la production d'électricité.

**Figure I.7. Évolution de la part des bioénergies dans le mix énergétique mondial à l'horizon 2050** (AIE, 2021)




## LES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS

Les « produits biosourcés » sont des produits industriels non alimentaires obtenus à partir de la biomasse et sont donc, à ce titre, renouvelables. Dans une logique d'économie bas-carbone, on observe un intérêt croissant pour ces matériaux biosourcés qui permettent un stockage carbone durant toute leur durée de vie. Dans le secteur de la bioéconomie, ils prennent peu à peu une place croissante, notamment grâce à leur développement dans deux secteurs d'activité : la construction et la production de plastiques.

### Les matériaux biosourcés pour le bâtiment

Principal utilisateur de matières premières dans le monde – l'extraction de matières minérales pour la construction a été multipliée par 34 en un siècle (PNUE, 2011) –, le secteur du bâtiment a pourtant, dans un premier temps, réfléchi sa durabilité essentiellement par rapport à la consommation d'énergie des constructions durant leur durée de vie. Depuis une dizaine d'années, sous la pression des normes de construction mais aussi de la demande des clients, les acteurs du secteur s'intéressent également aux types de matériaux utilisés lors de la construction, et plus particulièrement aux produits biosourcés. Les ressources agricoles, et principalement les fibres d'origine végétales, sont une solution intéressante car, outre leur caractère renouvelable, elles amènent des propriétés différenciantes par rapport aux matériaux classiquement utilisés (isolation, confort d'été, etc.) (FranceAgriMer, FRD, Bio by Deloitte, 2016).

Historiquement, les matières végétales les plus couramment utilisées en France sont le bois, le lin et le chanvre ; mais on constate une diversification de l'offre issue d'une biomasse de plus en plus variée : paille de céréales ou d'oléagineux, cultures dédiées telles que les plantes à fibres, coproduits agricoles ou agroalimentaires, etc.

Le développement de produits biosourcés dans le secteur du bâtiment s'articule selon deux axes :
– d'une part, les matériaux transformés mécaniquement afin de fournir principalement des fibres pour les isolants et des granulats pour les mortiers et bétons ;
– d'autre part, les transformations à l'échelle moléculaire répondant aux besoins de la chimie du bâtiment : mousses isolantes, résines, additifs et peintures notamment (ces deux derniers produits seront abordés dans la partie Les Biomolécules, p. 38).

Actuellement, seuls les matériaux biosourcés issus du bois (ossatures bois, plancher, laine de bois, panneaux OSB et MDF[3], mélaminé, contreplaqué, etc.) sont largement utilisés dans le bâtiment. Cependant, d'importantes opportunités se présentent pour les matériaux biosourcés issus de ressources agricoles. D'après l'étude « Les enjeux de la valorisation de la biomasse non sylvicole en matériaux biosourcés » réalisée par le cabinet BIO by Deloitte et la société de recherche Fibres Recherche Développement (FRD) pour FranceAgriMer, trois types de matériaux semblent particulièrement porteurs : les **isolants**, les **bétons végétaux** et les **panneaux techniques**. Ces matériaux peuvent être totalement ou partiellement issus de la biomasse.

3. Les panneaux OSB et MDF sont constitués de plusieurs couches de copeaux de bois, liés sous pression et à chaud par une résine.

## Les matériaux isolants

La microstructure de la matière végétale est poreuse par nature, permettant la circulation de l'eau et des nutriments au sein de la plante. Cette porosité confère aux matériaux biosourcés des propriétés spécifiques (masse volumique, capacité de déformation, absorption, transfert thermique, etc.) qui en font d'excellents isolants thermiques. Du fait de cette structure singulière, les matériaux biosourcés atteignent d'excellentes performances hygrothermiques[4] et acoustiques (CEREMA, 2020).

Les producteurs de panneaux souples isolants utilisent une grande variété de fibres végétales parfois seules ou combinées : fibres de bois, de lin, de chanvre, de ouate de cellulose et fibres de textile recyclé.

4. L'hygrothermie caractérise le transfert d'humidité entre l'air intérieur et l'air extérieur.

**Tableau I.1. Les biomasses végétales dans la formulation des isolants**
(d'après FRD, 2020)

| Types d'isolants | Biomasses utilisées |
|---|---|
| Isolants vrac | Ouate de cellulose, laine de mouton et fibre de chanvre soufflée |
| Isolants souples et assimilés en panneaux/rouleaux | Ouate de cellulose, chanvre, laine de mouton, lin, oléagineux et coton recyclé |
| Isolants de remplissage : généralement sous forme de petites bottes en remplissage d'une ossature bois | Paille de céréales et d'oléagineux, miscanthus |

Pour les producteurs de panneaux qui combinent plusieurs fibres, le choix des types de fibres et leur répartition dépendent des critères suivants :

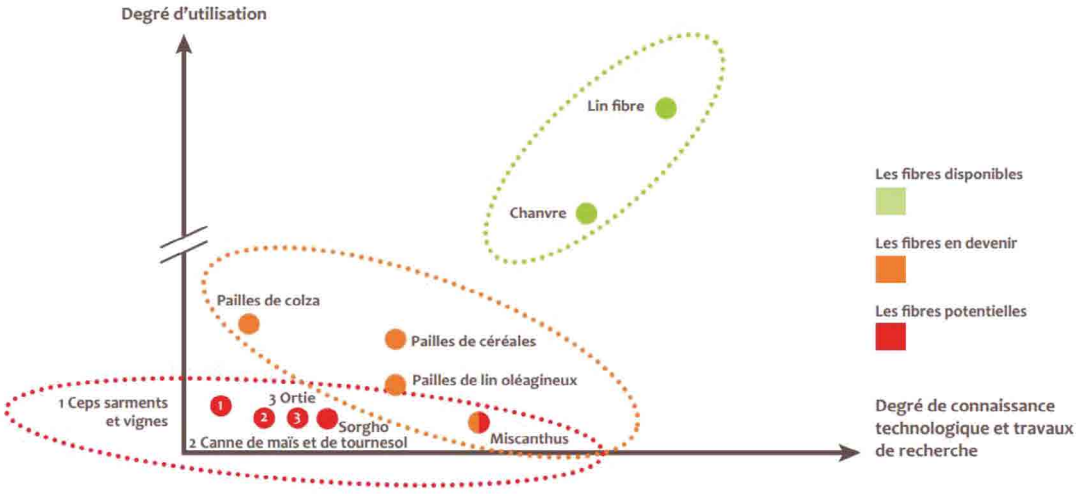
- les prix des fibres et la variabilité des cours associés : le marché de l'isolation est très concurrentiel et s'accorde mal avec des produits ayant des prix trop élevés (FranceAgriMer, FRD, Bio by Deloitte, 2016) ;
- les enjeux d'approvisionnement et les ressources mobilisables localement ;
- les caractéristiques techniques : le coton recyclé et le lin fibre permettent une meilleure isolation thermique, le chanvre une meilleure tenue mécanique, la ouate de cellulose un meilleur confort acoustique, et le bois une meilleure inertie thermique.

## Les bétons végétaux (banché, projeté, blocs ou préfabriqués)

Le béton de chanvre est le béton végétal le plus anciennement utilisé en France (à partir de 1985). Il est employé en tant que béton d'isolation thermique en remplissage de mur à ossature (bois, poutrelle métallique, béton armé) ou en enduit. Depuis une dizaine d'années, se développent également les blocs de bétons végétaux (ou parpaings) et plus récemment les murs préfabriqués (France AgriMer, FRD, Bio by Deloitte, 2016).

En parallèle, on observe une émergence des bétons innovants : à base de paille de colza, de miscanthus ou de lin. Ces bétons sont encore à l'état de recherche et développement ou mis sur le marché très récemment en très petites quantités ; ils ne sont pas encore organisés en filières.

**Figure I.8. : Degré de maturité de l'utilisation des fibres végétales en matériaux en France** (FRD, 2020)



### FRD ET CODEM, DEUX CENTRES TECHNIQUES DÉDIÉS

**Les résultats présentés dans cette partie ont été produits par FRD et CODEM, qui sont deux centres techniques dédiés respectivement à la valorisation industrielle des fibres végétales dans le domaine de la construction durable et des écomatériaux. Complémentaires sur les chaînes de valeur, ils ont développé une offre de service commune d'études, de contrats de recherche et d'essais. Pour plus d'informations, consultez :**
www.f-r-d.fr **et** www.batlab.fr

Les producteurs de chanvre et de chaux poussent au développement de la filière. Des actions communes sont mises en place par différents organismes, via l'association Construire en Chanvre par exemple. La clef de voûte du développement de ces matériaux semble résider dans l'aval de la filière :

- les maîtres d'ouvrage doivent être sensibilisés aux matériaux biosourcés. Ce sont eux qui sont responsables du choix final des matériaux ;
- les maîtres d'œuvre pilotent les chantiers et doivent avoir une bonne connaissance des options envisageables ;
- les artisans et constructeurs doivent se former aux techniques de pose de ces bétons végétaux et investir dans du matériel adéquat (comme des machines de projection de bétons végétaux).

La question de la compétitivité de ces matériaux biosourcés émergents se pose. Il est à noter que la comparaison de deux matériaux bruts n'est pas pertinente ; la comparaison doit se faire sur le prix au mètre carré d'un système constructif posé (système bloc porteur + isolation + enduit par exemple).

## Les panneaux (agglomérés ou de paille compressée)

Un panneau de particules, appelé aussi « aggloméré », est un matériau en plaques fabriqué sous pression et chaleur à partir de particules de bois avec addition d'un liant. Les panneaux de particules sont aujourd'hui les panneaux les plus utilisés en France, car ils sont faciles à poser et à transformer, mais aussi peu onéreux. Les 30 millions de mètres cubes produits chaque année sont utilisés à 40 % dans la construction, 35 % dans l'ameublement, 10 % dans l'emballage et 15 % dans des secteurs divers dont le bricolage (UIPP, 2019).

Remplacer les particules de bois par d'autres fibres végétales permet d'apporter des propriétés différenciantes, comme la possibilité de développer des panneaux plus légers ou avec une meilleure résistance au feu. Les deux produits les plus prometteurs dans ce domaine sont les panneaux agglomérés à base d'anas de lin et les panneaux de coproduits céréaliers compressés.

Les panneaux techniques à base de granulats de lin existent depuis plus de soixante ans en France. Ils sont appréciés pour leur légèreté (46 % plus légers que les panneaux de bois), leur résistance au feu (grâce à leur richesse naturelle en phosphate), leurs caractéristiques mécaniques, leur souplesse, leur faible dilatation (cinq fois inférieure à celle du bois), leur propriété

acoustique (affaiblissement de – 40 dB), et leur prix compétitif (France AgriMer, FRD, Bio by Deloitte, 2016).

La paille peut également être utilisée sous forme de panneaux de paille compressée à 200 °C (cloisons ou doublage intérieur). À cette température, les fibres se lient entre elles sans qu'il soit nécessaire d'utiliser de la résine. Ces panneaux possèdent une bonne résistance mécanique au feu et permettent une meilleure isolation acoustique (Passion Céréales, 2021).

À ce jour, les techniques de valorisation en France n'ont pas abouti à l'échelle industrielle.

### UN ENJEU DE QUALITÉ DE L'AIR

**À partir des années 1970, le coût du chauffage et de la climatisation de l'air dans les bâtiments a augmenté, et la consommation globale d'énergie est devenue un sujet politique et économique important. En conséquence, les bâtiments ont été construits avec une isolation, des pare-vapeurs et des portes et fenêtres plus épaisses, afin de réduire le transfert de chaleur à travers les murs et ouvertures. Ainsi, l'accumulation de contaminants et d'humidité à l'intérieur des bâtiments ont pu conduire au développement de graves problèmes sanitaires. La qualité de l'air intérieur est devenue une réelle préoccupation** (CESER Ile-de-France, 2017)**.**

**Cette qualité de l'air est dépendante de la teneur en gaz et aérosols, ainsi que de la température et de l'humidité de l'air ; elle est aussi déterminée par la qualité des matériaux et produits de construction utilisés à l'intérieur du logement.**
**Les matériaux biosourcés émettent généralement moins de Composés Organiques Volatils (COV), potentiellement toxiques, et contribuent ainsi à la qualité de l'air intérieur. Depuis le 1er janvier 2012** (décret n° 2011-321 du 23 mars 2011)**, les produits de construction et de décoration sont munis d'une étiquette qui indique leur niveau d'émission en polluants volatils, et favorise ainsi le choix pour ce type de matériaux.**

## Un encadrement important

En France, l'approbation de produits innovants à destination du secteur de la construction passe par l'obtention d'avis techniques (ATec), de Documents Techniques d'Applications (DTA) ou règles professionnelles. Seules les filières bétons-mortiers de chanvre et la construction en paille possèdent leurs propres règles professionnelles. Ces certifications sont délivrées par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) et l'Agence Qualité Construction (AQC). Elles ont un coût élevé, ce qui nécessite de produire des volumes importants afin d'amortir cette charge pour le produit concerné. Ces certifications permettent d'être reconnu comme techniques courantes et de faciliter l'assurabilité des bâtiments construits à partir de matériaux innovants.

De nouveaux dispositifs ont vocation à favoriser ce type de matériaux dans la commande publique. Le décret n° 2018-1225 du 24 décembre 2018 portant diverses mesures relatives aux contrats de la commande publique a créé une expérimentation de trois ans permettant aux acheteurs de passer des marchés négociés pour leurs achats innovants d'un montant inférieur à 100 000 €. Ce nouveau dispositif représente une opportunité dans le domaine des produits biosourcés qui génère des innovations sur les produits, les procédés de fabrication ou de commercialisation (Nomadéis, 2020). La Réglementation Environnementale 2020 va imposer aux bâtiments neufs de réduire leur empreinte environnementale et favoriser le stockage de carbone renouvelable, et va ainsi grandement favoriser les matériaux biosourcés.

## Les bioplastiques

La matière plastique est aujourd'hui indispensable aux particuliers comme aux professionnels de tout secteur. À ce titre, ce n'est pas moins de 368 millions de tonnes qui ont été produites dans le monde en 2019, dont 57,9 en Europe, l'Asie fournissant 51 % de la production totale. En Europe, l'industrie du plastique atteignait ainsi une balance commerciale positive de plus de 13 milliards d'euros en 2019 (PlasticsEurope, 2020).

Il existe un vaste panorama de plastiques aux propriétés intrinsèques spécifiques qui leur confèrent une grande adaptabilité à des modes d'utilisation variés.

La matière plastique est composée majoritairement d'une résine, constituée de molécules chimiques, nommées « polymères », majoritairement issues des coproduits du raffinage du pétrole pour la production de carburants. Ce mode de production fait ainsi de la matière plastique un produit de consommation non renouvelable (Gontard, 2020). Des additifs sont ajoutés à cette matrice, en faibles quantités, afin d'obtenir les propriétés spécifiques souhaitées.

### Ne pas confondre biosourcé et biodégradable

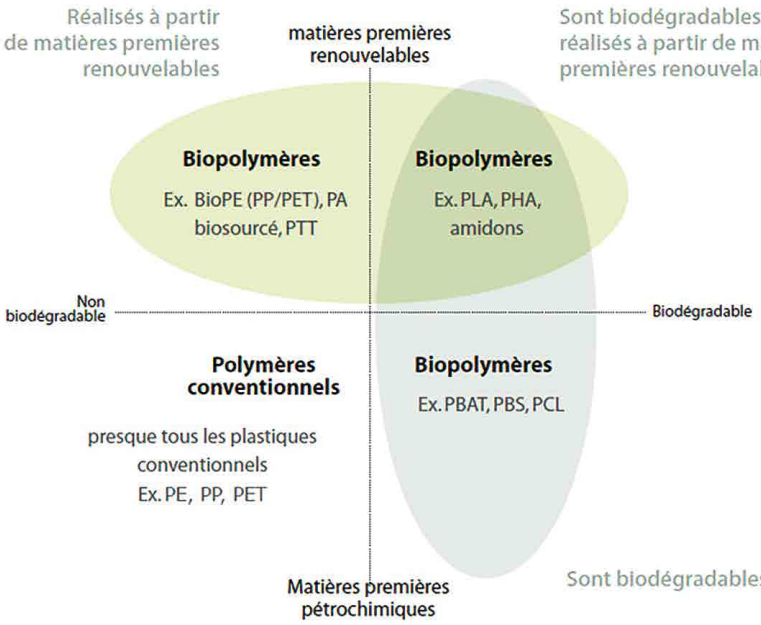
Du fait du caractère non renouvelable de leurs matières premières, couplé à une gestion complexe de leur fin de vie, les plastiques sont aujourd'hui identifiés comme matière dommageable pour l'environnement, et ce, d'autant que leur utilisation de masse sous forme de produits à usage unique est généralisée.

En France, on estime que 80 000 t de plastiques sont rejetées dans la nature chaque année, malgré un système de collecte performant, en comparaison avec ses voisins européens (WWF, 2021). En outre, le taux de recyclage du plastique est encore faible avec seulement 29 % des plastiques recyclés en France (CITEO, 2021).

Le secteur de l'emballage, dont les produits sont par essence à usage unique, est néanmoins le secteur utilisant le plus massivement du plastique biosourcé. En 2016, il représentait 40 % du marché mondial des plastiques biosourcés, soit 1,6 Mt (RoadToBio project consortium, 2019).

Il est important de noter que le caractère biodégradable n'est pas inhérent à l'ensemble des résines plastiques biosourcées mais concerne seulement une partie des bioplastiques pouvant être à la fois biosourcés et biodégradables, comme l'illustre la figure I.9. Ainsi, le mot « bioplastiques » est un terme qui porte à confusion car il inclut deux réalités distinctes : la composition du plastique, qui comprend plus ou moins de matière renouvelable d'une part ; la biodégradabilité, capacité à être décomposée d'autre part. Nous distinguerons ainsi les plastiques biosourcés et les plastiques biodégradables.

**Figure I.9. Matrice des bioplastiques**
(Preventpack, 2021)




## Différents plastiques biosourcés contenant une part variable de matière renouvelable

Les plastiques biosourcés sont composés de constituants d'origine totalement ou partiellement renouvelable. La part de matière renouvelable dans un plastique biosourcé peut représenter une proportion très variable du matériau, aucun seuil minimum n'étant spécifié aujourd'hui pour l'utilisation des dénominations (ADEME, 2016).

Les différents labels commercialisés par des organismes de certification placent en général le seuil **à seulement 20 % de taux de biosourcé** (NaturePlast, 2021).

À ce jour, la seule régulation connue ayant fait l'objet d'un décret en France concerne les sacs mis à disposition pour l'emballage de marchandises. Ce décret est associé à la Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV) qui vise à mettre fin aux sacs plastiques à usage unique depuis 2017. La LTECV tolère la mise à disposition de sacs biosourcés (avec un taux d'au mois 30 % de biosourcé) (Ministère de la Transition écologique, 2017).

On distingue deux types de plastiques biosourcés :

- **Les plastiques produits à partir de résines biosourcées** dont les biopolymères sont produits par voie chimique ou biologique à partir d'intrants végétaux.
  Par voie biologique, la production de matière plastique se fait via des bactéries qui fournissent les biopolymères à partir d'un substrat composé majoritairement de sucres ou d'huiles végétales (Gélinas, 2013). On parle dans ce cas de biosynthèse bactérienne.
  Lors de la production de biopolymères par voie chimique, l'amidon, le sucre ou encore la lignine, sont transformées chimiquement, on parle alors de raffinage, pour obtenir les polymères souhaités qui constitueront la résine plastique après ajout d'additifs (Gélinas, 2013).
  Ce type de bioplastique permet de substituer la résine polymère pétrosourcée, et donc non renouvelable, par une résine polymère biosourcée.
- **Les plastiques produits à partir de résines d'origine fossile auxquelles sont ajoutées des fibres végétales**. Un matériau plastique peut être également considéré comme partiellement biosourcé par ajout de fibres végétales dans la matrice polymère issue du pétrole. On parle alors de matériau composite. Ces matériaux sont intéressants car ils permettent de réduire la quantité de ressources fossiles utilisées, d'alléger le matériau et de lui apporter certaines propriétés spécifiques. Ils sont particulièrement utilisés dans le secteur automobile.

Ainsi, si l'on considère comme plastiques biosourcés, l'ensemble des matériaux composés soit d'une résine biosourcée, soit de fibres végétales intégrées à une matrice polymère, il existe, de fait, une large gamme de matières premières issues de la biomasse pouvant être utilisée dans la production de plastiques. D'autant que le passage à l'échelle moléculaire permet une grande tolérance à la diversité des sources d'intrants.

Les matières suivantes peuvent donc intégrer la formulation d'un plastique biosourcé :

- **fibres végétales** découlant principalement de lin et de chanvre ;
- **sucres, amidon et cellulose** provenant de betteraves, de cannes, de céréales, de tubercules et autres coproduits des filières agricoles et agroalimentaires ;
- **huiles végétales** et la glycérine, produit de leur transformation ;
- **syngas** issu de la gazéification de biomasse ligneuse utilisé comme réactif dans la synthèse de biopolymères.

## La fin de vie des plastiques

Si la production des plastiques traditionnels est critiquée à cause de son utilisation de ressources non renouvelables couplée à l'émission de gaz à effet de serre pour la fabrication, elle l'est tout autant concernant la dégradation de la matière dans l'environnement.

En effet, une fois dans le milieu naturel, les matrices polymères sont fragmentées plus ou moins rapidement en fonction des conditions physiques (radiations UV, compressions et températures) et chimiques (eau et oxygène) en microparticules, voire nanoparticules, pouvant être ingérées par les êtres vivants. Ces particules sont dites biodisponibles. En fonction du temps de dégradation du plastique et des espèces concernées, l'absorption de plastique peut s'avérer toxique et menace la biodiversité. Pour être pleinement biodégradées, et donc ne pas nuire à l'environnement, les particules de plastique doivent être métabolisées par des micro-organismes (bactéries, champignons, algues, etc.) dont les enzymes ont la capacité d'utiliser le plastique comme source d'énergie interne (Adebiotech, 2020). On parle de plastiques biodégradables.

Tous les plastiques ne sont pas biodégradables. Chaque type de plastique a une fin de vie spécifique et se décompose selon des modalités elles aussi spécifiques. Il convient donc de préciser les terminologies associées aux degrés de dégradabilité des matrices polymères. Ces niveaux de dégradabilité sont caractérisés par des labels permettant la traçabilité des plastiques.

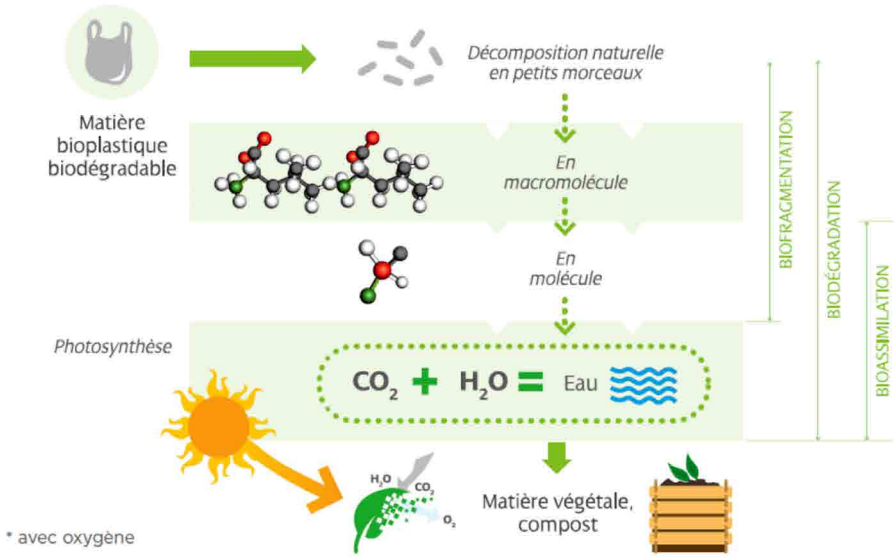
### POUR ALLER PLUS LOIN

**La biodégradabilité est une notion intimement liée avec la chaîne alimentaire. Afin d'éclaircir cette notion, il faut considérer l'ensemble des êtres vivants comme faisant partie du cycle terrestre du carbone du fait de leur constitution moléculaire fondée sur les atomes de carbone, oxygène, hydrogène et azote, rassemblés dans le terme « matière organique ». Ainsi, les êtres vivants, au travers de la chaîne alimentaire, sont divisés en trois catégories :**
**• les producteurs de matière organique (majoritairement végétaux),**
**• les consommateurs de matière organique (majoritairement animaux)**
**• et les décomposeurs de matière organique (bactéries, champignons, etc.).**
**Ces trois catégories fonctionnent en cycle et fournissent à la catégorie suivante les nutriments nécessaires à son développement. Les décomposeurs sont donc chargés de décomposer la matière, de la biodégrader, pour la rendre disponible pour les plantes qui permettront de nourrir l'ensemble du règne animal. Un matériau est dit biodégradable s'il peut être décomposé sous l'action d'organismes biologiques décomposeurs dans un environnement favorable (conditions de température, d'humidité, de lumière, d'oxygène, etc.) et dans une échelle de temps cohérente avec le cycle du carbone naturel.**

L'organisme de contrôle TUV Austria certifie l'ensemble des bioplastiques selon différentes catégories :

- **biodégradable** : TUV Austria propose des labels corrélés aux écosystèmes selon la classification suivante : « OK biodegradable marine », « OK biodegradable soil » et « OK biodegradable water », caractérisant respectivement les niveaux de biodégradabilité des polymères dans l'eau de mer, le sol et l'eau douce ;
- **compostable** : le caractère compostable d'un plastique vient de sa capacité à être

**Figure I.10. Le processus de biodégradation aérobie (avec oxygène)**
(Boursier Sogreg, 2021)




dégradé par des micro-organismes sous des conditions spécifiques créées artificiellement. Ces conditions (bactéries, champignons, algues, etc.) sont inhérentes au matériau sans lesquelles ce dernier ne pourrait être dégradé complètement et rapidement. TUV Austria propose à ce titre les labels « OK Compost Industrial » et « OK Compost Home » précisant ces conditions de dégradation. Le compostage industriel, permet le traitement des déchets sous conditions maîtrisées, à température élevée et en volumes importants.
Des projets de développement d'additifs, permettant de faciliter la dégradation du plastique par compostage, voient actuellement le jour comme celui de la start-up Carbiolice. Les additifs sont ajoutés à la matrice polymère lors de sa production et faciliteraient la dégradabilité des plastiques.

Ainsi, les labels permettent de classifier les plastiques selon leur voie de dégradation en fin de vie dans des conditions précises strictes (température, humidité, fréquence de brassage, etc.). Par exemple, la norme européenne EN 13432 fixe les frontières de dégradabilité des plastiques selon les critères de température et de temps de dégradation cf. tableau I.2.).

Il est donc essentiel de vérifier l'adéquation de ces critères avec les conditions réelles des sites envisagés pour la valorisation de fin de vie des plastiques.

La biodégradabilité est une caractéristique particulièrement intéressante et recherchée, notamment pour les plastiques à usage unique. Néanmoins, les plastiques biosourcés et non biodégradables utilisés pour des produits à durée de vie longue peuvent également se présenter comme

**Tableau I.2. Critères de désintégration et de biodégradabilité de la norme EN 13432** (Carbiolice, 2021)

| Conditions de biodégradation | Température | Biodégradation (plus de 90 %) | Désintégration (moins de 10 % au-dessus de 2 mm) |
|---|---|---|---|
| Compostage industriel | 50°-70 °C | Moins de 6 mois | Moins de 12 semaines |
| Compostage domestique | 20°-30 °C | Moins de 12 mois | Moins de 6 mois |
| Biodégradation en sol | 20°-25 °C | Moins de 24 mois | Pas d'exigence |
| Biodégradation dans l'eau | 20°-25 °C | Moins de 56 jours | Pas d'exigence |
| Biodégradation marine | 20°-25 °C | Moins de 6 mois | Moins de 84 jours |

des solutions aux enjeux environnementaux par leur capacité de séquestration du carbone. Dans ce cas, les filières de recyclage et de réutilisation doivent être prises en compte pour permettre d'assurer un impact global raisonnable sur l'ensemble du cycle de vie du produit.

Le recyclage des plastiques est une filière complexe alliant enjeux de structuration territoriale et enjeux technologiques. En France, il existe un système d'identification des résines plastiques mis en place pour faciliter le tri et le recyclage des déchets. Une numérotation assortie d'un logo de trois flèches formant un triangle illustre les sept catégories de plastiques. Ces catégories comportent les 6 résines polymères les plus utilisées dans l'industrie (à savoir les PET, PE-HD, PVC, PE-LD, PP et PS) assorties de la catégorie « Autres ». Ces résines courantes, et à partir desquelles ont été construites les unités de recyclage, sont traditionnellement issues du pétrole. Ainsi, soit les résines biosourcées comportent des polymères identiques aux pétrosourcés, comme le PET ou le PE, et sont recyclables dans les filières de recyclage classiques, soit elles comportent des polymères innovants et pour lesquelles les filières ne sont pas encore déployées sur le territoire national, par manque technologique ou d'infrastructures (NaturePlast, 2021). Divers projets de recherche et de développement du recyclage des plastiques biosourcés sont en cours, notamment concernant le PLA, mais si certaines technologies existent, le développement massif d'infrastructures de recyclage sur le territoire demeure complexe.

## Une demande croissante pour des matériaux biosourcés

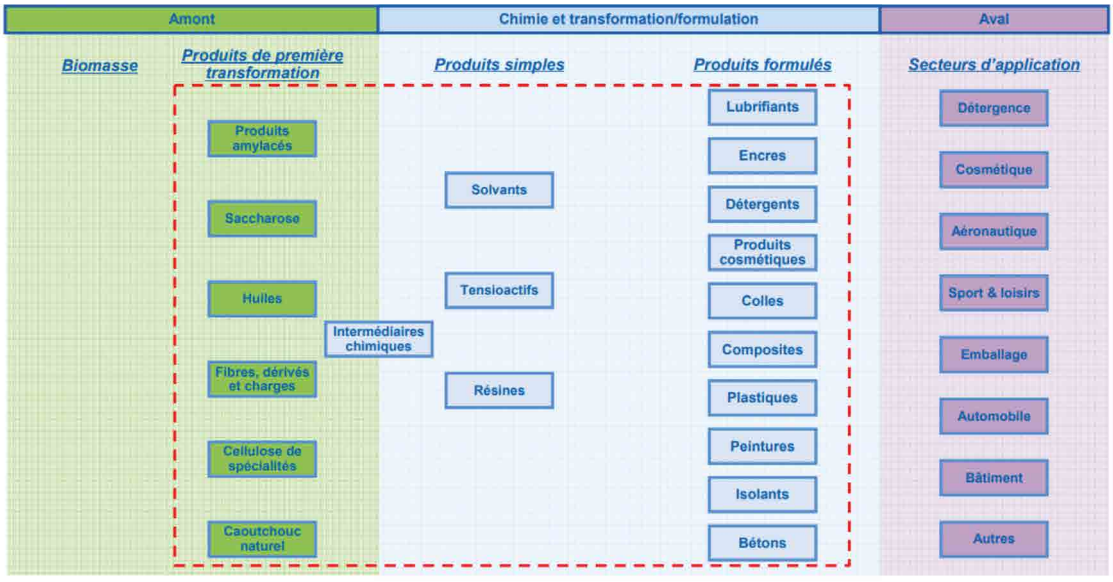
Tout comme pour les bioénergies, différents secteurs souhaitent produire des matériaux plus durables à partir de biomasse renouvelable. Dans ce chapitre, seuls les marchés des matériaux pour la construction et des bioplastiques ont été présentés ; mais de nombreux autres secteurs souhaitent également intégrer des matériaux biosourcés : textile, automobile et ferroviaire notamment.

## LES BIOMOLÉCULES

La structuration des segments de marché de l'industrie chimique est complexe à représenter du fait de son travail à l'échelle moléculaire, ce qui étend fortement la diversité des matières premières et des applications. L'industrie chimique crée les molécules complexes désirées pour leurs applications sectorielles à partir de molécules plus simples de première transformation, elles-mêmes produites à partir d'autres molécules précurseurs assimilables à des briques élémentaires. Ces molécules intermédiaires sont appelées « molécules plateformes » ou « synthons », puisque leur assemblage permet la production d'un large spectre d'autres molécules pouvant trouver des applications dans divers secteurs. Or, la structure de ces molécules étant construite à partir de carbone, l'intrant primaire majoritaire des filières de la chimie demeure aujourd'hui le pétrole. Ainsi, pour développer la filière de la chimie du biosourcé, il est essentiel de s'intéresser à la production de ces molécules intermédiaires pouvant être redirigées vers les voies traditionnelles pour la formulation de produits finis.

En outre, les synthons, lors de leur première transformation, permettent l'obtention de produits chimiques simples tels que les solvants, les tensioactifs ou les résines, qui, une fois formulés donnent un panorama de produits (bétons, colles, détergents, encres, isolants, lubrifiants, plastiques, peintures, produits cosmétiques, etc.) ayant divers secteurs d'application (détergence, cosmé-

**Figure I.11. Chaîne de valeur du biosourcé en industrie chimique**
(ADEME, 2015)



tique, aéronautique, sport & loisirs, emballages, automobile, bâtiment, etc.).

Certains secteurs sont particulièrement intéressés par l'intégration de biomolécules dans leur formulation, comme notamment le secteur des cosmétiques et l'industrie de la coloration.

## Les cosmétiques

Le secteur des cosmétiques est coutumier de l'utilisation de produits biosourcés en complément des produits pétrosourcés dans ses formulations. Selon une étude réalisée sur le territoire européen en 2015 par le consortium RoadToBio (RoadToBio project consortium, 2019), l'ensemble des formulations cosmétiques intégrait au moins un composé issu du végétal. Cette analyse démontre que la proportion d'intrants chimiques biosourcés est variable et atteint une moyenne de 40 % de la composition totale des cosmétiques en Europe, soit un volume produit évalué à 556 kt/an. Cet intérêt pour les matières premières biosourcées s'explique notamment pour des raisons historiques d'utilisation de produits de soins issus de matières végétales brutes, mais aussi du fait d'une demande croissante de consommateurs pour des soins dits « naturels » (RoadToBio project consortium, 2019).

Cependant le segment du 100 % végétal n'est encore que très peu développé puisqu'il représente seulement 3 % des produits cosmétiques consommés en France (Direction générale des entreprises – DGE, 2016). Actuellement, cette niche correspond en majorité aux produits labélisés « bio », dont le marché en France en 2015 atteignait les 450 millions d'euros de chiffre d'affaires (Kerbirio, 2019). Ainsi, si le végétal est déjà implanté dans le secteur de la cosmétique, le taux de matière première végétale intégré aux produits pourrait encore connaître une augmentation notable (Techniques de l'ingénieur, 2017).

**SONT CONSIDÉRÉS COMME PRODUITS COSMÉTIQUES :**

**LES PRODUITS D'HYGIÈNE**
**Dentifrice, déodorant, gel douche, savon, shampoing, bain de bouche, désinfectant pour les mains, démaquillant, etc.**

**LES PRODUITS DE SOIN DE LA PEAU, DES CHEVEUX ET DES ONGLES**
**Produits de soin pour le visage et pour le corps, produits capillaires, produits solaires, préparations pour bains et douches, etc.**

**LES PRODUITS D'EMBELLISSEMENT DU CORPS**
**Parfums, produits de maquillage, de rasage et dépilatoires, etc.**

**LES COSMÉTIQUES SONT FORMULÉS À PARTIR DE :**

| CATÉGORIES DE SUBSTANCES | CARACTÉRISTIQUES D'INTÉRÊT ET MODES D'APPLICATION EN COSMÉTIQUE | EXEMPLES DE SUBSTANCES |
|---|---|---|
| Eau | L'eau est l'ingrédient le plus utilisé en cosmétique comme solvant et excipient. | |
| Extraits végétaux | Principes actifs issus de plantes et dont les propriétés intrinsèques sont intéressantes pour des applications cosmétiques (adoucissant, antioxydant, hydratant, etc.). | Glycérine |
| Huiles végétales | Excipients texturisants pouvant être utilisés également comme principes actifs. Les huiles sont connues pour leurs propriétés émolliente et nourrissante. | Huile (germe de blé, olive, pépin de raisin, soja, etc.) |
| Alcools | Solvants utilisés pour leurs propriétés de conservation, d'évaporation ou encore de désinfection. | Ethanol |
| Conservateurs | Actifs préservant les produits cosmétiques de la contamination bactériologique. | Acide salicylique, acide sorbique |
| Antioxydants | Actifs préservant les produits cosmétiques de l'oxydation à l'air. | Vitamine E, acide férulique |
| Parfums | Synthétiques ou naturels. En cosmétique « bio » seules les huiles essentielles sont autorisées. | Huiles essentielles |
| Agents cosmétiques | Hydratants, matifiants, substituts de poudre minérale, gélifiants, épaississants, émulsifiants, stabilisants, texturants, émollients, agents filmogènes, actifs et boosters d'actifs. | Acide lactique, sorbitol |

## Un intérêt croissant des consommateurs

Avec la sensibilisation grandissante des consommateurs européens concernant la qualité et la durabilité des produits, le marché de la cosmétique rencontre une phase de transition. En effet, la médiatisation, d'une part des dangers liés à certains produits de synthèse toxiques, et d'autre part des menaces liées aux enjeux environnementaux, sont autant de vecteurs d'influence sur les choix des consommateurs. Ainsi, de nouveaux comportements d'achat se généralisent, impliquant une volonté de compréhension de la composition et de la traçabilité des produits. Afin de combler ce besoin de transparence, les consommateurs ont tendance à sélectionner des produits comprenant des ingrédients naturels populaires, connus pour leurs propriétés dans les domaines culinaire et du soin (avocat, açaï, karité, jojoba, etc.). Aussi, certains consommateurs orientent aujourd'hui leurs choix en fonction de la biodégradabilité du produit et de son emballage, ainsi que suivant son empreinte carbone.

Cette évolution vers une demande accrue de produits « naturels » ou « bio » se présente comme une opportunité pour les acteurs de la production de biomasse. En effet, le marché européen de la cosmétique naturelle et bio représente 20 % du

marché mondial. De plus, le public semble moins sensible aux contraintes de coûts du produit final pour ce segment.

Divers pôles de compétitivité se sont emparés du sujet sur le territoire français. Cosmetic Valley (www.cosmetic-valley.com) regroupe des entreprises de l'ensemble de la chaîne de valeur des cosmétiques et de la parfumerie et s'empare de la bioéconomie pour promouvoir la production de cosmétique durable. Le pôle de compétitivité Terralia-Pass (https://pole-innovalliance.com) se positionne à l'échelle internationale comme référence pour la caractérisation, l'évaluation et la production des extraits naturels utilisés dans l'industrie aromatique et cosmétique (Direction Générale des Entreprises, 2016).

## Un marché développé de manière hétérogène

En matière de formulation cosmétique, les huiles, l'éthanol utilisé comme solvant, et les actifs végétaux sont des substances pour lesquelles l'utilisation de matière biosourcée est maîtrisée. En revanche, la majorité des ingrédients fonctionnels, ingrédients clés de la formulation, tels que les conservateurs, les tensioactifs, principes actifs et autres solvants – à l'exception de l'eau et de l'éthanol –, sont encore largement pétrosourcés. Ceci s'explique par le manque de disponibilité sur le marché de leur version biosourcée pour des raisons diverses : défaut technique d'efficacité ou d'extraction des molécules d'intérêt, difficulté d'approvisionnement ou de transformation.

Ces segments de marché sont donc des opportunités pour la recherche, le développement et l'industrialisation de nouveaux composés chimiques biosourcés. La recherche se penche actuellement sur des ingrédients issus de matières premières naturelles dont les propriétés multifonctionnelles permettant par exemple de traiter simultanément l'acné, le vieillissement et l'hydratation de la peau.

## Un impact mitigé du cadre réglementaire

Le recours à des matières premières biosourcées peut présenter un intérêt pour le respect de la réglementation, en offrant une alternative à un composé de synthèse identifié comme toxique ou nocif pour l'environnement et ainsi retiré du marché. C'est le cas pour les microbilles de plastique utilisées pour leurs propriétés exfoliantes dans les produits cosmétiques rincés à l'eau. Suite à une recommandation publiée en octobre 2015 par Cosmetics Europe (Cosmeticsobs, 2015), la France a interdit en 2018 *« la mise sur le marché de produits cosmétiques contenant des microbilles de plastique non biodégradables dans l'environnement de diamètre inférieur à 5 mm, insolubles à l'eau et ajoutées intentionnellement dans la formulation de produits rincés à l'eau, dans le but d'exfolier ou de laver ».* L'inconvénient majeur de ces pro-

duits est qu'ils contribuent à introduire des microbilles dans l'environnement, susceptibles d'être ingérées par les animaux marins et, par extension, d'être absorbées par les hommes, ainsi que de transporter des perturbateurs endocriniens. Les coques et noyaux de fruits (abricot, amande, coco, noix, olive, etc.) qui présentent une alternative biosourcée intéressante pour le remplacement de ce composé dans les cosmétiques, commencent à être exploités par les entreprises du secteur.

Cependant, la réglementation est bien souvent un frein au développement du biosourcé dans une filière cosmétique strictement régulée. Les actifs cosmétiques (filtres UV, nanoparticules, colorants, conservateurs, etc.) font notamment l'objet de procédures d'approbation longues et coûteuses du fait de leur activité chimique. De plus, l'ensemble des acteurs de la formulation, les fabricants, les importateurs et les exportateurs doivent répondre aux obligations relatives au marché européen, à savoir :

- règlement EC n° 1223/2009 sur les cosmétiques ;
- directive européenne sur les cosmétiques n° 76/768/EEC ;
- règlement REACH EC n° 1907/2006.

Ce cadre réglementaire contraignant ne facilite pas le déploiement des cosmétiques biosourcés car il rend le changement d'intrants chimiques dans la formulation des cosmétiques long et onéreux, d'autant plus s'ils sont issus de coproduits. Une standardisation des matières premières faciliterait la définition d'une réglementation officielle visant à soutenir les appellations « cosmétiques naturelles » et « cosmétiques bio ». Établir un consensus entre les marques sur ces dénominations permettrait d'accélérer leur développement en rendant transparentes ces notions auprès du grand public ce qui favoriserait l'achat de produits biosourcés.

## Divers freins au développement des cosmétiques biosourcés

Plusieurs barrières ralentissent aujourd'hui l'utilisation généralisée des matières biosourcées en cosmétique. Tout d'abord vis-à-vis de la fonctionnalité des ingrédients de formulation. Si le biosourcé est plébiscité pour les usages traditionnels comme les huiles végétales en tant qu'excipient, les principes actifs innovants issus du végétal, tels que les conservateurs sont encore très peu adoptés (RoadToBio project consortium, 2019).

Malgré la volonté de l'industrie cosmétique d'utiliser des ingrédients plus durables, plus sûrs et innovants, les fabricants restent néanmoins suspicieux concernant l'efficacité, l'accessibilité et la compétitivité tarifaire des produits. En effet, tous les intrants cosmétiques ordinaires n'ont pas de substitut issu de la biomasse, viable économiquement et disponible sur le marché. En outre certains agents biosourcés doivent être intégrés à la formulation en plus grande quantité que leurs homologues pétrosourcés pour une efficacité similaire. La recherche et le développement de nouveaux composants d'intérêt ainsi que l'industrialisation de l'innovation peuvent permettre l'ouverture de nouveaux segments de marché pour le biosourcé en cosmétique.

## L'industrie de la coloration

La coloration touche aujourd'hui la majeure partie des secteurs industriels (plasturgie, cosmétique, textile et cuir, encre, peinture, revêtement, verrerie, etc.) par pigmentation en interne des matériaux dès leur conception ou par ajout d'un dépôt coloré en surface, pour des raisons esthétiques mais également pour protéger les surfaces de la dégradation, par corrosion notamment dans le cas des peintures et des vernis.

De ce fait, leur composition dépend étroitement des conditions de pose (type de surface à colorer, temps de séchage, rendu souhaité, etc.) et de l'utilisation de l'objet fini (immersion prolongée, exposition au soleil ou à la chaleur, etc.).

Selon une étude du pôle IAR (www.iar-pole.com), le marché mondial des colorants naturels devrait générer des revenus d'environ 5 milliards d'euros d'ici 2024 (Pôle IAR, 2021).

L'industrie de la couleur comporte trois principales méthodes de coloration :

- **la teinture**, principalement utilisée par l'industrie textile, qui consiste en un changement de couleur durable du matériau par imprégnation sans dépôt de couche colorante. Les teintures sont réalisées par imprégnation, via un ou plusieurs bains composés d'agents colorants et d'adjuvants, permettant d'améliorer la qualité de la coloration ;
- **la peinture** qui se caractérise par un dépôt d'une ou plusieurs couche(s) colorée(s) opaque(s) sur le support ;
- **le vernis** qui désigne un film translucide pouvant être transparent ou coloré, déposé sur la surface du support.

Pour les cas des matériaux thermoductibles[5] comme le verre ou le plastique, les colorants peuvent être directement intégrés dans la matière lors de la fonte sous l'effet de la chaleur.

5 Le terme thermoductible désigne un type de matière déformable par chauffage. On désigne ici les matériaux pour lesquels une étape de chauffage permet de modeler le produit fini selon la forme choisie lors de l'usinage.

### Différents types de pigments biosourcés utilisés à des fins diverses

Les pigments biosourcés proviennent de végétaux comportant un large spectre de matières colorantes pouvant être extraites et utilisées pour la coloration de matériaux en industrie. Les pigments biosourcés sont classés en quatre catégories : les chlorophylles responsables des nuances vertes, les caroténoïdes, pour des couleurs jaune-orangé, les bétalaïnes pour leurs teintes jaune foncé à pourpre intense et les polyphénols qui présentent une grande diversité de couleurs dont les jaunes, bruns et pourpres (Cécile Valette, 1996). Le quercétine, polyphénol pouvant être extrait de la pelure d'oignon par exemple, permet une coloration dans une teinte rouge-brun. D'autres colorants biosourcés sont obtenus à partir de précurseurs végétaux, comme

c'est le cas pour l'indigo obtenu par oxydation de l'indican, extrait des feuilles fraîches des pastels de teinturiers.

Ces colorants peuvent être utilisés en teinture, peinture ou intégration dans la matière. Ils répondent aux attentes du marché en matière d'utilisation de ressources naturelles, critère assimilé à la réduction de l'impact environnemental de la production et à l'innocuité pour la santé. Ceci est notamment vrai en substitution des teintures faites à partir de colorants synthétiques, pouvant contenir des composés comme les métaux lourds, toxiques à la fois pour l'homme et les écosystèmes (Hedi Ben Mansour, 2011). Cependant, les industries de teintures textiles sont majoritairement implantées en dehors de l'Europe, restreignant le marché français de la teinture biosourcée à une niche.

## Le segment des peintures biosourcées, à la jonction des marchés des colorants, des solvants et des résines

En France, en 2012, seuls 2,6 % des 772 000 t de peintures produites étaient biosourcées (ADEME, 2015), alors qu'en Europe, en 2015, les peintures biosourcées atteignaient 19 % des volumes totaux de peintures produits (RoadToBio project consortium, 2019).

Dans l'industrie des vernis et peintures, les résines et solvants représentent généralement la plus large proportion des ingrédients entrant dans la composition. Il est donc tout autant intéressant de développer des formulations intégrant ces résines et solvants biosourcés que des matières colorantes.

Sur près de 700 kt de solvants biosourcés consommés en Europe en 2015, pas moins de 40 % étaient dédiés à l'industrie de la peinture (RoadToBio project consortium, 2019). L'eau, bien que ne pouvant pas être considérée comme biosourcée, est également utilisée comme solvant de plus en plus fréquemment dans la formulation des peintures (Formule Verte, 2011).

Les résines habituellement utilisées présentent de faible taux de biosourcé (30 % pour les peintures glycérophtaliques et 39 % pour les dispersions acryliques). Il est possible de les remplacer par des résines végétales – comme les émulsions alkydes produites à partir d'huile qui contiennent 58 % de biosourcé (Formule Verte, 2011).

Les avantages de développer l'usage d'intrants issus du végétal dans l'industrie de la coloration sont nombreux et concernent particulièrement les enjeux environnementaux et sanitaires.

- Premièrement, les solvants des peintures classiques émettent des COV (composés organiques volatils) lors du séchage. **Les solvants biosourcés émettent généralement moins de COV**, ce qui permet d'améliorer l'air intérieur d'un habitat et donc de limiter les risques pour la santé humaine.
- Deuxièmement, et cela peut être extrapolé à l'ensemble des produits biosourcés, l'usage de matières premières végétales peut permettre de **réduire l'empreinte carbone** globale du produit

fini et le rendre moins écotoxique[6], dans la mesure où l'innocuité des substances d'origine ou transformées est vérifiée. En effet, il est essentiel de préciser qu'une substance biosourcée n'est pas nécessairement neutre pour les organismes vivants, de surcroît lorsqu'elle est chimiquement modifiée. Il convient donc de ne pas présumer de la non-toxicité des matières premières biosourcées mais de la vérifier.

- Troisièmement, la **biodégradabilité** peut être recherchée pour le solvant, nécessairement rejeté à l'air lors du séchage et pouvant impacter l'environnement. Cependant, travailler sur la biodégradabilité du feuil de peinture rémanent est délicat par opposition avec les propriétés de durabilité recherchées lors du recouvrement d'une surface par de la peinture ou du vernis (RoadToBio project consortium, 2019).

Concernant la formulation des peintures et des résines, la complexité des synergies établies entre les substances utilisées rend délicate la substitution d'un réactif pétrosourcé par un homologue biosourcé. De plus, cette complexité découle d'un ensemble de critères auxquels les propriétés de la peinture ou du vernis doivent répondre. Ainsi, bien souvent la formulation globale doit être redéfinie pour inclure une plus grande part de matière biosourcée. Il est donc essentiel, pour ce marché, comme dans l'ensemble des valorisations dans le secteur de la chimie, de créer des partenariats entre les acteurs de l'amont agricole, de la recherche et développement ainsi que des industries, dont les compétences transverses assurent la viabilité des projets.

Les leviers de développement du secteur de la coloration biosourcée sont donc avant tout la poursuite de la recherche de nouvelles formulations et de nouveaux intrants biosourcés pour offrir les performances techniques et l'accessibilité des coûts attendus par les consommateurs en comparaison avec les produits pétrosourcés.

## POUR ALLER PLUS LOIN

**Les peintures et vernis sont principalement composés de :**

**• LIANT. Il assure le lien entre les composants (pigments et charges dans le solvant). Des résines polymères peuvent être utilisées comme liant et entrent alors dans la classification des plastiques.**

**• SOLVANTS ET DILUANTS. Il est l'élément volatil d'une peinture qui maintient en solution les différents composants et s'évapore lors du séchage de la peinture qui forme alors le feuil (la couche de matière colorée laissée par le dépôt de peinture ou vernis après séchage).**

**• COLORANTS ET CHARGES. Le colorant est une poudre minérale ou organique, responsable de la coloration de la peinture. Les charges permettent d'augmenter la capacité couvrante de la peinture.**

**• ADDITIFS (1 % de la formulation seulement) : ces additifs permettent d'augmenter la capacité couvrante de la peinture et lui procurent certaines caractéristiques essentielles (tenue dans le temps, pénétration dans le support en fonction de ses caractéristiques, fongicide, etc.). Ils sont intégrés en faible quantité à la formulation.**

6. L'adjectif écotoxique se rapporte à l'ensemble des substances établies comme toxiques pour une ou plusieurs espèce(s) engendrant une nuisance pour l'écosystème par pollution du milieu.

## Un fort potentiel de développement dans de nombreux secteurs

Le secteur de la coloration touche de nombreux marchés incluant notamment le textile, la plasturgie, la cosmétique, l'agroalimentaire et la construction. Il illustre la diversité des matières premières et des débouchés pouvant être portés par un projet de valorisation de bioéconomie. Concernant le marché spécifique des peintures biosourcées, en 2019, plus de trente entreprises proposaient une gamme biosourcée, répondant à la demande des consommateurs toujours plus soucieux de leur santé et de la protection de l'environnement (Chimie du végétal, 2019). Ce marché d'avenir maintient une croissance soutenue avec un fort potentiel d'évolution d'ici 2030.

## Les biomolécules, un potentiel environnemental et économique important

Non seulement la valorisation de la biomasse dans l'industrie chimique permet de limiter l'impact environnemental, voire sanitaire, des composés, mais elle permet aussi la conversion de matières premières végétales en produits à haute valeur ajoutée. Si certaines filières sont déjà demandeuses d'une chimie végétale, comme les secteurs de la cosmétique, des peintures et vernis ainsi que des tensioactifs, seul 4 % du volume total des composés chimiques produits en Europe en 2015 était biosourcé.

Selon une étude du pôle IAR, les leviers d'actions prioritaires consistent en plusieurs points. Tout d'abord, le travail de développement des molécules plateformes biosourcées doit être poursuivi pour permettre leur identification et l'élargissement de leurs débouchés. Ensuite, afin de faciliter l'industrialisation de projets de recherche concernant la valorisation chimique de la biomasse, il est essentiel de construire une chaîne intégrée de procédés de traitement, de fonctionnalisation et de purification adaptés à des ressources végétales variées. En outre, une sensibilisation couplée à la promotion des biomolécules sur fondement de leurs intérêts socio-économiques et environnementaux engendrerait une augmentation de la demande des consommateurs.

## LES PRODUITS BIOSOURCÉS EN PROGRESSION DANS DE NOMBREUX SECTEURS

Les fabricants et leurs utilisateurs confirment la capacité des produits biosourcés à répondre aux exigences de performances, dans de très nombreux domaines d'applications : énergies, industries chimiques, transports, emballages, construction, etc. Les produits biosourcés représentent donc d'importantes opportunités économiques.

Ils peuvent se substituer aux produits issus du minéral et du fossile. Le succès des marchés utilisateurs découle des avantages-inconvénients de chaque produit, grandement influencés par des contraintes réglementaires ou des incitations à visée environnementale au même titre que les perspectives économiques. Ainsi, le Rilsan, polymère issu d'huile de ricin, est très apprécié grâce à ses avantages technologiques (résistance aux UV, aux chocs, aux conditions en milieu maritime, isolation électrique). Certaines biomolécules constituent une source alternative aux substances jugées préoccupantes (retardateurs de flamme, conservateurs, etc.). Certains plastiques végétaux sont utilisés pour la fabrication de films de paillage en raison de leurs propriétés biodégradables.

On ne peut pas considérer ces nouveaux produits comme de simples éléments de substitution car leurs propriétés spécifiques nécessitent d'adapter les process de fabrication et leurs modalités de mise en œuvre. Ces spécificités, qui résultent d'un changement de matières premières, nécessitent un dialogue entre les fournisseurs d'agro-ressources et l'ensemble des filières utilisatrices en aval (CESE, 2017).

**Tableau I.3. Les douze principes de la Chimie Verte**

(Anastas et Warner, 1998)

| | |
|---|---|
| Prévention | Mieux vaut éviter de produire des déchets que d'avoir ensuite à les traiter ou s'en débarrasser. |
| Économie d'atomes | Mise en œuvre de méthodes de synthèse qui incorporent dans le produit final tous les matériaux entrant dans le processus. |
| Conception de méthodes de synthèse moins dangereuses | Dans la mesure du possible, les méthodes de synthèse doivent produire des substances peu ou pas toxiques pour l'homme et utiliser l'environnement. |
| Conception de produits chimiques plus sûrs | Mise au point de produits chimiques atteignant les propriétés recherchées tout en étant le moins toxiques possible. |
| Solvants et auxiliaires moins polluants | Renoncer à utiliser des auxiliaires de synthèse (solvants, agents de séparation, etc.) ou choisir des auxiliaires inoffensifs lorsqu'ils sont nécessaires. |
| Recherche du rendement énergétique | La dépense énergétique nécessaire aux réactions chimiques doit être examinée sous l'angle de son incidence sur l'environnement et l'économie, et être réduite au minimum. Dans la mesure du possible, les opérations de synthèse doivent s'effectuer dans les conditions de température et de pression ambiantes. |
| Utilisation de ressources renouvelables | Utiliser une ressource naturelle ou une matière première renouvelable plutôt que des produits fossiles, dans la mesure où la technique et l'économie le permettent. |
| Réduction du nombre de dérivés | Éviter, si possible, la multiplication inutile des dérivés en minimisant l'utilisation de radicaux bloquants car ils demandent un surplus d'agents réactifs et peuvent produire des déchets. |
| Catalyse | L'utilisation d'agents catalytiques (aussi sélectifs que possible) est préférable à celle de procédés stoechiométriques. |
| Conception de produits en vue de leur dégradation | Les produits chimiques doivent être conçus de telle sorte qu'en fin d'utilisation ils se décomposent en déchets inoffensifs biodégradables. |
| Observation en temps réel en vue de prévenir la pollution | Les méthodes d'observation doivent être perfectionnées afin de permettre la surveillance et le contrôle en temps réel des opérations en cours et leur suivi avant toute formation de substances dangereuses. |
| Une chimie fondamentalement plus fiable | Les substances et leur état physique entrant dans un processus chimique doivent être choisis de façon à prévenir les accidents tels qu'émanations dangereuses, explosions et incendies. |

# SPÉCIFICITÉS DES COPRODUITS AGRICOLES ET IMPACTS POUR LEUR MISE EN ŒUVRE

La bioéconomie propose de remplacer la matière première non renouvelable, habituellement issue de ressources fossiles ou minérales, par des ressources en biomasse. Or, la biomasse présente des caractéristiques qui font que sa mise en œuvre va différer notablement de celle des ressources fossiles et minérales.

Ces points sont importants car ils vont conditionner l'ensemble des process et la chaîne de valeur.

## CARACTÉRISTIQUES PARTICULIÈRES AUX COPRODUITS AGRICOLES

Certaines caractéristiques, communes à toutes les agro-ressources, peuvent être soulignées :

- **l'hétérogénéité de la biomasse** : la biomasse agricole se présente sous la forme de biomasse végétale, avec des plantes composées de différents éléments (grains, systèmes racinaires, feuilles, branches, etc.), et de biomasse animale, composée elle aussi de différentes fractions aux caractéristiques physico-chimiques distinctes ;
- **le taux d'humidité** : une large partie de la biomasse est considérée comme humide (au-dessus de 25 % d'humidité) et n'est pas stabilisée. Une attention particulière doit porter sur la conservation de la biomasse ;
- **la faible densité de la matière** : la biomasse agricole a la particularité d'être généralement peu dense, nécessitant ainsi plus de volume disponible lors du stockage et du transport ;
- **les propriétés physico-chimiques** (potentiel méthanogène, thermique, d'absorption, etc.) : chaque type de biomasse aura des propriétés spécifiques en fonction de sa composition physico-chimique, influençant les utilisations pouvant être faites. À titre d'exemple, ces propriétés vont influencer la capacité de la biomasse à brûler, son pouvoir méthanogène, ou encore son niveau d'abrasivité ;
- **la saisonnalité et la périodicité** : les volumes de produits agricoles varient à des intervalles réguliers et spécifiques à chaque production. La saisonnalité concerne les productions végétales dont la récolte est saisonnière ; tandis qu'on parle de périodicité pour les autres coproduits générés de manière périodique (par exemple, les coproduits du curage dans les élevages) ;
- **la périssabilité** : les produits agricoles ne sont pas stables et évoluent au fur et à

mesure du temps, leur durée de vie est limitée ;

- **la variabilité** : il existe un écart entre le produit réel et le produit standard en termes de taille, de couleur, ou encore de forme. De même, la teneur en molécules d'intérêt varie selon les saisons et les variétés de produits. De plus, on observe une variabilité de produits au sein même d'un même lot ;
- **la typicité géographique** : les produits agricoles ont des qualités uniques qui reflètent un contexte territorial particulier. Cette spécificité est due à des facteurs pédoclimatiques (température, humidité, vent, ensoleillement, qualité du sol et de l'eau, etc.), à des facteurs de production (pratiques agricoles, tradition, etc.) et aux variétés spécifiques des régions de production ;
- **le risque de contamination** : les produits agricoles peuvent contenir des pathogènes ou des substances toxiques. L'entrée de matières exogènes, au moment de la récolte notamment, telles que des cailloux ou de la terre, peut diminuer la qualité de la biomasse récoltée ;
- **la dispersion géographique** : la production agricole s'étend sur le territoire. Les gisements ne se situent pas à un endroit précis mais sont à collecter et à massifier ;
- **l'incertitude des prix** : bien que ce ne soit pas une caractéristique intrinsèque, la variation des prix des produits agricoles est récurrente et doit être prise en compte ;
- **la sensibilité aux conditions pédoclimatiques** : le développement de la biomasse est corrélé aux conditions pédoclimatiques et des incidents (gel, sécheresse, inondation) peuvent nuire à la productivité des parcelles. À plus long terme, les productions agricoles peuvent être impactées par les changements climatiques ;
- **le renouvellement des variétés** : en raison d'une recherche variétale active pour améliorer la résistance des variétés aux maladies, aléas météorologiques et nuisibles, de nouvelles variétés sont sans cesse mises sur le marché. Une variété fortement cultivée une année ne le sera pas forcément quelques années plus tard ;
- **le dynamisme** : les matières minérales sont sous forme de réserves (le gisement reste le même tant qu'il n'est pas consommé), tandis que pour les agroressources, il faut raisonner en termes de dynamiques de construction des ressources. La biomasse fonctionne donc de façon beaucoup plus dynamique.

## SPÉCIFICITÉS DE MANAGEMENT DES COPRODUITS AGRICOLES

Les utilisateurs potentiels de la biomasse doivent avoir conscience des caractéristiques de la biomasse dans le montage de leur process et de leur approvisionnement car, comme nous l'avons vu, il ne s'agit pas d'une simple substitution. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre des pratiques techniques et managériales adaptées.

### ► Prétraitement

En premier lieu, la matière première doit souvent subir un prétraitement avant de pouvoir être valorisée. Il peut être nécessaire de l'hygiéniser, via un traitement thermique par exemple, pour anticiper le risque de contamination de pathogènes. Un lavage des ressources peut être nécessaire pour se débarrasser des résidus de terre. Un épierrage peut permettre de retirer les corps étrangers (pierres, cailloux, etc.) et éviter des pannes dans le procédé de transformation (casse de matériel, bourrage).

Une étape de densification (pressage, compactage) peut être nécessaire pour faciliter le transport. Le séchage peut également être un prétraitement utilisé soit pour optimiser la logistique, soit pour stabiliser la matière.

### ► Flexibilité des infrastructures

La saisonnalité des coproduits agricoles nécessite une grande flexibilité des ressources humaines et des outils de production : le temps de travail sera concentré lors de la période post-récolte, les phases de maintenance des infrastructures étant organisées lors des périodes de faible activité.

### ► Logistique de mobilisation de la biomasse

Contrairement aux ressources minérales extraites et transformées dans des lieux précis, la production de biomasse agricole s'étale sur un vaste territoire. Un des facteurs clés de succès est l'optimisation de la logistique de collecte et le calcul de l'échelle géographique optimale pour atteindre la taille critique tout en gardant des coûts logistiques bas et limitant les impacts environnementaux. Pour cela, des logiciels de simulation de mobilisation de la biomasse existent.

### ► Stockage

En raison de la périssabilité et de la nécessité de fournir des produits toute l'année aux marchés utilisateurs, la gestion du stockage est fondamentale. La biomasse humide doit être rapidement utilisée afin de réduire les risques de fermentation et donc de dégradation de la matière ; si ce n'est pas le cas, il faut envisager un stockage sous forme d'ensilage. Le stockage « à l'air libre » de biomasse humide peut entraîner des fermentations, qui provoquent une élévation de température pouvant aller jusqu'à la combustion et l'incendie. De plus, le stockage de biomasse produisant une grande quantité de poussière, il crée une ATmosphère potentiellement EXplosive (ATEX) devant faire l'objet de dispositifs de prévention spécifiques.

### ► Disponibilité des produits

La périssabilité des produits, et surtout la dégradation rapide des molécules d'intérêt demandent de traiter la matière fraîche rapidement. Il s'agit là d'un défi majeur pour les business models de ce secteur : les périodes de productions agricoles (récoltes) sont courtes, alors que les produits proposés viennent substituer des produits habituellement de synthèse, disponibles toute l'année. Les secteurs de l'énergie, la pharmaceutique, la neutraceutique et la cosmétique sont demandeurs de produits biosourcés mais, pour parvenir à nouer une relation de long terme, les business models doivent s'adapter aux contraintes de ces secteurs et être en mesure de fournir des produits sur la plage calendaire la plus étendue possible. Pour cela, une taille

critique et une capacité de stockage pour les produits intermédiaires stabilisés sont indispensables.
Par ailleurs, en raison des conditions météorologiques, les rendements d'une ressource peuvent varier d'une année à l'autre.

### ► Reproductibilité

La variabilité et la typicité des ressources agricoles doivent être prises en compte lorsqu'une initiative souhaite s'étendre géographiquement ou s'essaimer : la composition et les caractéristiques physiques peuvent varier. Il est nécessaire de réaliser un certain nombre d'essais avec des échantillons de biomasse pour pouvoir définir les bornes d'acceptabilité des cahiers des charges.

### ► Approche multiressources

La variabilité des prix des matières premières peut être compensée par une approche multiressources. La diversification de l'entreprise vers la valorisation de différents coproduits agricoles permet de diminuer le risque financier et de lisser les prix de ventes. En choisissant des gisements à valoriser ayant des saisonnalités différentes, la diversification permet également d'optimiser l'usage des ressources techniques et d'éviter les périodes de faible production.

## DONNER DE LA VALEUR AUX COPRODUITS

Force est de constater que l'agriculture est définie, selon l'opinion générale, par la seule activité de production de nourriture, reléguant du même coup la part non comestible des produits végétaux et animaux au rang de déchets.
Tout l'enjeu de la valorisation des coproduits agricoles est d'aller au-delà du simple fait de développer des solutions technologiques pour trouver une utilité à ces « déchets ». Il est nécessaire de développer des stratégies pour les extraire de leurs statuts subjectifs de déchet, en leur redonnant une valeur utilitaire et monétaire auprès de clients potentiels, tant professionnels que particuliers.

Cela commence par l'emploi du vocabulaire approprié, qui doit être utilisé par l'ensemble des acteurs de la chaîne de valorisation.

L'idée est de quitter la lecture verticale fondée sur la chronologie de la chaîne de valeur (production de vin puis valorisation des déchets de vinification) pour passer à une lecture horizontale : à partir du raisin, on peut créer de nombreux produits : vin, alcool, extraits de polyphénols, etc. Ainsi l'agriculture se positionne comme un secteur producteur d'agro-ressources aux usages multiples.

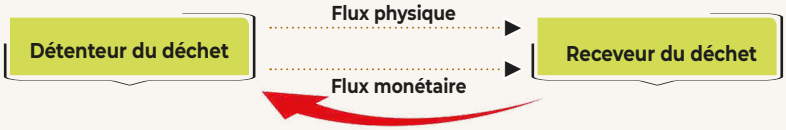
En complément de ce changement de mode de pensée et de vocabulaire, il sera nécessaire d'accoutumer le consommateur à la notion de produits biosourcés afin de rendre ces produits plus attractifs.

### DU DÉCHET AU COPRODUIT

**Pour comprendre l'importance de la différence entre ces termes, il faut tout d'abord s'intéresser à la notion de déchets. Le mot provient de la contraction du préfixe « dé » avec le verbe « choir », renvoyant à une idée de « chute » (Harpet, 1998). Le Larousse le définit comme suit : « 1. Débris, restes sans valeur de quelque chose. 2. Ce qui tombe d'une matière qu'on travaille ». Pour le Petit Robert : « 1. Perte, diminution qu'une chose subit dans l'emploi qui en est fait. 2. Ce qui reste d'une matière qu'on a travaillé. 3. Résidu impropre à la consommation, inutilisable (et en général sale ou encombrant). 4. Résidu d'un métabolisme, partie non assimilée. 5. Personne déchue, méprisable. »**

**Ces définitions mettent en exergue la connotation négative du terme « déchet ». Il suscite la répulsion et le dégoût. Les déchets sont considérés comme des marchandises sans valeur, voire à valeur négative lorsque le détenteur paie pour se débarrasser de son déchet. Les termes satellites de « déchet » utilisés dans le langage courant sont nombreux : « détritus », « ordures », « rebuts », « débris », « résidus », etc. et font référence aux problématiques du déchet : l'usure, la saleté, la répulsion, la déformation, la désintégration, l'inutilité ou encore l'entâchement de l'objet.**

**Pour en savoir plus : Homo Detritus (2017) de B. Monsaigeon et Déchets et économie circulaire (2016) de M-A. Marcoux, F. Olivier et F. Théry.**




## LES COPRODUITS AGRICOLES SONT DES RESSOURCES

Cette partie a permis de souligner les spécificités des agro-ressources, les enjeux à prendre en compte dans la construction des business models de valorisation, ainsi que l'importance de considérer ces matières comme des ressources et non des déchets. Les acteurs du monde agricole ont une connaissance fine des matières premières issue de la biomasse et sauront anticiper les contraintes à prendre en compte dans les business models et les process. Ainsi, il est indispensable que les filières aval potentiellement utilisatrices de ces agro-ressources et que les acteurs du monde agricole coconstruisent ensemble des projets. Les coopératives ont par ailleurs l'avantage de massifier les agro-ressources (cf. chapitre III, p. 141).

# GESTION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL POUR UNE BIOÉCONOMIE DURABLE

## CONCURRENCE D'USAGE

Pour faire face aux défis climatiques et à l'épuisement des ressources naturelles, les politiques publiques souhaitent développer l'usage des bioénergies, des matériaux biosourcés et des biomolécules puisque la biomasse représente un atout certain pour la décarbonation des activités dans de multiples secteurs de l'économie. L'arrivée de nouveaux débouchés pour des productions agricoles traditionnellement dédiées à l'alimentation humaine, dont des filières de valorisation des coproduits préexistent, crée nécessairement de nouvelles interactions et potentiels conflits d'usage. Les éléments à prendre en compte sont de natures diverses et les réponses apportées peuvent être très différentes selon les contextes de territoires et de filières. Comme le conclut le rapport de l'INRAE sur la prospective bioéconomie 2020 : « *Le défi majeur est ici de pouvoir anticiper les impacts du développement de la bioéconomie sur les équilibres existants notamment en termes d'usage des sols, d'usages de la biomasse et des ressources non renouvelables.* »

### La composante économique

L'équilibre économique des filières en place est un élément fort : si la filière préexistante fonctionne bien et est rémunératrice, on sera moins enclin à imaginer une substitution par la construction de filières nouvelles, que si la filière est sur le déclin. Le raisonnement vaut pour les coproduits : s'ils trouvent leur place dans un marché rémunérateur, on sera moins tenté d'investir dans la recherche de nouvelles solutions que s'ils sont dévalorisés.

Plus de nouveaux débouchés se développent, plus la demande pour la ressource augmente. Si cette hausse de la demande n'est pas accompagnée d'une hausse des gisements disponibles, le prix de la matière augmente mécaniquement. Cette hausse des prix est alors subie par les marchés traditionnels préexistants, et des tensions sur la ressource apparaissent.

Par ailleurs, la composante économique est également à envisager pour les marchés auxquels les produits biosourcés se substituent (produits issus de ressources fossiles et minérales). L'espérance de gain varie dans le temps : avec la raréfaction et l'enchérissement des produits pétroliers, ou encore en réponse aux enjeux liés

aux réglementations, comme la stratégie nationale bas-carbone, etc., la bioéconomie verra de nouveaux espaces de création se dessiner. Des procédés trop coûteux actuellement pourraient aussi trouver leur équilibre économique dans les années à venir.

La réflexion devra être accompagnée d'une analyse des conséquences indirectes sur des filières en place : quand on substitue une culture à une autre ou un débouché à un autre, toute une cascade de conséquences peut s'ensuivre. Il est nécessaire de les prendre en compte, non seulement en interne, mais également avec les autres acteurs du territoire. Les jeux d'acteurs locaux sont en effet essentiels, car il arrive que le même gisement fasse l'objet de projections d'utilisation par plusieurs acteurs différents. En additionnant les plans d'approvisionnement de futurs projets, il peut s'avérer que les volumes en jeu soient supérieurs au gisement disponible. La connaissance des gisements et la coordination des acteurs sur les territoires sont des éléments essentiels de la réflexion économique. FranceAgriMer met à disposition des acteurs les données issues de l'Observatoire National des Ressources en Biomasse (ONRB) qui, depuis 2009, « *vise à identifier, quantifier et localiser, les bioressources produites et disponibles, agricoles et forestières* » (ONRB, 2020). Il existe également, dans certaines régions, des observatoires régionaux : c'est le cas du projet ORBE en Hauts-de-France (Observatoire régional de la biomasse et de la bioéconomie), qui vise à cartographier à une maille plus fine les biomasses et leurs usages, ainsi que les projets de bioéconomie sur le territoire.

## La composante agronomique

Selon qu'il s'agisse de la mobilisation de coproduits agricoles et agroalimentaires ou de la production de nouvelles biomasses (cultures intermédiaires, chanvre, lin, etc.), l'approche agronomique sera différente.

Concernant **l'export de coproduits agricoles** et des matières qui sont habituellement épandues pour leurs propriétés amendante et fertilisante, comme les pailles, il sera essentiel d'étudier la durabilité des prélèvements, c'est-à-dire la capacité à prélever de la matière végétale sans altérer la capacité du milieu à produire de manière pérenne cette même biomasse, qualitativement et quantitativement. En valorisant les pailles hors du champ, le retour au sol de nutriments est diminué et une compensation extérieure doit être apportée pour assurer un apport suffisant en éléments nutritifs pour le sol. Il est nécessaire d'évaluer l'impact environnemental de cet export (comparaison de l'impact de l'apport d'amendement et de la valorisation de la paille en bioéconomie).

Pour la **production de cultures intermédiaires et de cultures dédiées** (lin, chanvre, etc.), ce sont surtout les impacts liés à l'insertion de la culture dans le cycle de rotation qui seront étudiés. Ces cultures intermédiaires peuvent avoir de nombreux

avantages agronomiques : structuration des sols, lutte contre l'érosion, gestion des adventices, lutte contre les maladies, maintien de la biodiversité, etc. Ce n'est pas seulement à la culture de cette ressource qu'il faut s'intéresser mais à l'ensemble des itinéraires techniques utilisés dans un système de culture.

### La composante éthique

Quelle attribution des hectares à l'alimentation humaine *versus* à l'utilisation de la biomasse à des fins énergétiques ou en substitution de matériaux fossiles générateurs de gaz à effet de serre ? La réflexion sur les besoins fondamentaux de l'humanité et les défis de la transition écologique constituent les principaux éléments de cette réflexion philosophique et éthique. Il est bien évident qu'il n'y a pas une réponse unique à cette question et on peut constater dans le temps et dans l'espace de fortes différences d'approche : l'Allemagne a fait très tôt le choix de dédier des terres à la culture de maïs pour alimenter des méthaniseurs, tandis que la France s'y refusait, du fait notamment d'une forte part d'énergie nucléaire dans le mix énergétique français.

Ces différentes questions font partie des préoccupations des pouvoirs publics et donnent lieu à des dispositifs d'accompagnement des transitions (taxations, aides publiques, etc.) (Ministère de la Transition écologique, 2021).

La stratégie nationale bas-carbone du 29 octobre 2020, acte la nécessité de dédier une partie de la biomasse à la production d'énergie et aux produits biosourcés : dans la synthèse de cette stratégie, il est ainsi indiqué : *« Pour atteindre la neutralité carbone, il est nécessaire : de décarboner totalement la production d'énergie à l'horizon 2050 et de se reposer en partie sur les sources d'énergie suivantes : les ressources en biomasse (déchets de l'agriculture et des produits bois, bois énergie) et la chaleur issue de l'environnement (géothermie, pompes à chaleur). »*

La directive européenne sur les énergies renouvelables (dite RED II), en cours de transposition à l'échelon national en 2021, comporte ainsi un volet durabilité qui met en place des critères de durabilité et de réduction des émissions de gaz à effet de serre pour la production de gaz, d'électricité, de chaleur et de froid à partir de combustibles solides ou gazeux issus de biomasse. Jusque là, seuls les biocarburants et bioliquides étaient concernés par ces obligations.

## L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

La biomasse doit être utilisée en tenant compte de la durabilité des écosystèmes. Sa mobilisation doit faire face à des défis tels que la préservation de la biodiversité ou la transition des systèmes alimentaires vers des modes de production durables.

Afin d'appréhender la durabilité des bioénergies et des produits biosourcés, il est nécessaire de garder à l'esprit une approche cycle de vie, c'est-à-dire d'analyser les impacts environnementaux tout au long du cycle de vie des produits :

- la production des matières premières ;
- la conception des produits biosourcés ;
- la distribution ;
- l'utilisation ;
- la fin de vie des produits.

L'analyse du cycle de vie est l'outil le plus abouti en matière d'évaluation globale et multicritère des impacts environnementaux. Cette méthode normalisée permet de mesurer les effets quantifiables de produits ou de services sur l'environnement (ADEME, 2018). Les analyses de cycle de vie des productions alimentaires démontrent qu'environ 80 % de l'impact environnemental est généré lors de la **phase de production**. Les choix réalisés en matière d'allocation des impacts environnementaux entre le produit comestible et les coproduits seront déterminants dans l'évaluation environnementale des produits biosourcés.

Les procédés et composants intervenant dans la **phase de conception** sont également décisifs pour obtenir des produits biosourcés ayant un faible impact environnemental. Dans la production de biomolécules, le respect des douze principes de la chimie verte permettra d'obtenir des produits plus respectueux de l'environnement.

Les stratégies d'écoconception relatives aux **phases de distribution et d'utilisation** varient beaucoup selon les produits et leurs secteurs d'application. Par exemple, dans le cas des bétons végétaux à destination du secteur de la construction, les fabricants de préfabriqués cherchent à implanter leurs unités de valorisation sur le périmètre de culture des biomasses utilisées, et à commercialiser les préfabriqués sur un périmètre géographique proche du lieu de production. Lors de la phase d'utilisation du produit, les bétons végétaux ont des qualités isolantes bien supérieures aux préfabriqués issus de ressources minérales, et la consommation énergétique des bâtiments en sera réduite. Enfin, il est essentiel de prendre en compte **la fin de vie** du matériau dès la conception du produit. Il est important de se questionner sur la possibilité de diriger le produit biosourcé vers les voies de recyclage existantes, ou sur sa compostabilité et sa biodégradabilité.

# Chapitre 2 :
# PANORAMA DE LA VALORISATION DES COPRODUITS

RETOUR AU SOMMAIRE

**INTRODUCTION** 60

**LES COPRODUITS** 61

Les pailles de céréales et d'oléagineux 61
Les issues de silos 66
La meunerie de blé tendre 70
L'amidonnerie-féculerie 75
La semoulerie de blé dur, pâtes alimentaires sèches et couscous 82
La semoulerie de maïs 86
La production d'huiles végétales 88
La transformation des fruits et légumes 92
L'industrie cidricole 95
La malterie 98
La brasserie 100
La production de sucre de betteraves 104
La filière viti-vinicole 111
La distillerie 115
L'industrie de la viande 120
L'industrie des ovoproduits 126
La transformation laitière 130
La fabrication de biscuits, pâtisseries et viennoiseries 135
La fabrication de plats préparés 138

# INTRODUCTION

Ce chapitre a pour objectif de présenter pour différentes filières agricoles et agroalimentaires françaises, les différents coproduits générés, ainsi que les voies de valorisations possibles pour chaque coproduit.

Les coproduits agricoles et des agro-industries sont indissociables des chaînes de valorisation alimentaires ou agroindustrielles des produits agricoles, et peuvent être générés tout au long des chaînes de production et de transformation. D'une part, les coproduits agricoles sont générés au champ et lors de la collecte des produits agricoles. Par exemple, les résidus issus du tri et du nettoyage du grain de céréales, d'oléagineux ou de protéagineux au sein des installations des organismes stockeurs sont couramment nommés «issues de silos». D'autre part, les coproduits des Industries AgroAlimentaires (IAA) sont générés de façon prévisible lors du procédé de transformation et en même temps qu'un ou des produits. On distingue classiquement les coproduits de première transformation des coproduits de deuxième transformation. Les premiers sont issus de la transformation d'une matière première agricole (production de sucre à partir de betteraves générant des pulpes de betteraves, par exemple). Les seconds sont le fait d'industries alimentaires utilisant différentes matières premières, brutes ou issues de la première transformation (production de bière à partir du malt générant des drêches, par exemple).

Dans certaines filières, le coproduit peut être considéré comme un produit à part entière, disposant d'un marché et d'une cotation. De fait, il est parfois délicat de faire la distinction entre le produit et le coproduit, celle-ci pouvant se faire selon les prix du marché et des opportunités de valorisation. La trituration de graines, telles que celles du tournesol génère par exemple quasiment autant de volumes d'huile que de tourteaux. La commercialisation des coproduits devient donc un pilier de l'équilibre économique de la filière.

RÉSÉDA

**Ce chapitre a été coécrit par La Coopération Agricole et Réséda. Réséda est le RÉseau des organisations professionnelles et interprofessionnelles pour la SÉcurité et la qualité sanitaire des Denrées Animales. Ce réseau aborde de manière transversale et globale les sujets relatifs à la chaîne de production des denrées alimentaires. Ce chapitre est en partie fondé sur les résultats d'enquêtes menées par Réséda entre 2017 et 2020 sur les gisements et valorisations des coproduits des industries agroalimentaires.**

RETOUR AU SOMMAIRE

# LES PAILLES DE CÉRÉALES ET D'OLÉAGINEUX

En France, la culture de céréales représente 9,2 millions d'hectares et celle des protéagineux 1,9 million d'hectares. Ces cultures génèrent un coproduit en grandes quantités : les pailles. La ressource en paille est aujourd'hui de plus en plus sollicitée dans les programmations territoriales. Que ce soit pour la production d'énergie, via notamment le développement de la méthanisation, ou pour la construction en tant que matériau biosourcé, la paille fait aujourd'hui l'objet de nombreuses réflexions au-delà de son usage agronomique et agricole.

## Les résidus de culture des céréales et oléagineux

Le **chaume** est un résidu de culture constitué par la partie basse des tiges de céréales qui reste sur le sol après la moisson. Il se dégrade dans le sol et n'est pas exporté de la parcelle.

Les **pailles** sont les parties résiduelles des plantes après récolte des grains ou fleurs. Elles sont constituées de la tige rigide de la plante récoltée à maturité. Après récolte du grain lors de la moisson, la paille est soit enfouie, soit laissée au champ, soit mise en andains pour être ensuite pressée pour former des balles de paille rondes ou rectangulaires.

Les **menues pailles** sont également générées lors de la moisson. Ce sont les résidus évacués à l'arrière de la grille supérieure lors du nettoyage du grain par la moissonneuse. Elles sont composées de glumes, glumelles, brindilles de paille, petits grains de la culture et graines d'adventices. Leur composition peut fortement varier d'une culture à une autre.

**Figure II.1. Morphologie des graminées**

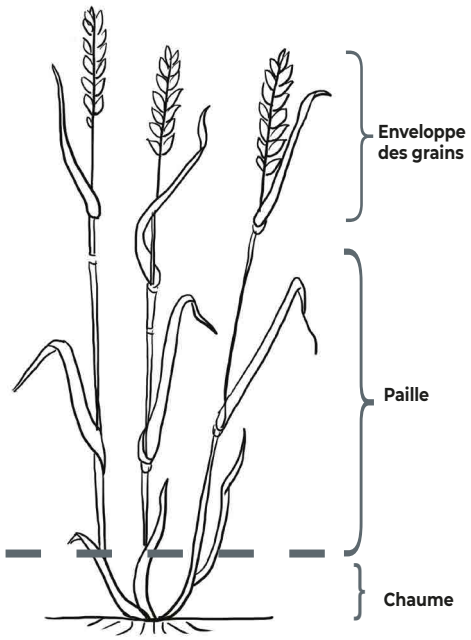


**Tableau II.1. : Composition des menues pailles**

(Cuma Ouest, d'après Centre de Développement des Énergies Renouvelables, 2014)

| | Menue paille de blé (%) | Menue paille d'orge (%) | Menue paille de colza (%) |
|---|---|---|---|
| **Grosse paille** | 11,8 | 5,9 | 3,8 |
| **Petite paille** | 14,5 | 77 | 24,6 |
| **Grains** | 3 | 3 | 3,6 |
| **Glumes** | 68,7 | 9,8 | 64 |
| **Poussières** | 2 | 4 | 4 |

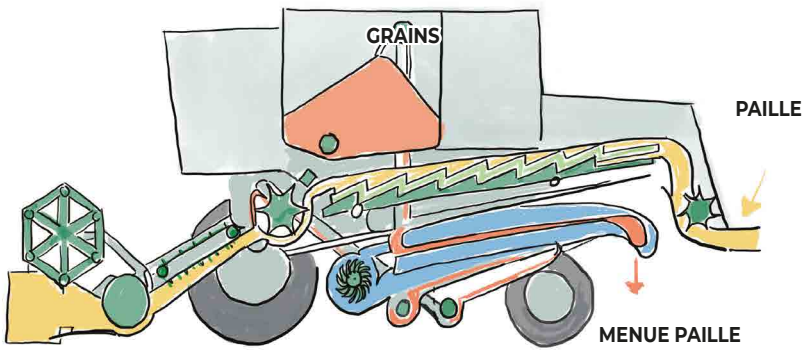
## Des rendements très variables

Le rendement paille des **céréales** produite varie entre 2,3 et 8,7 t de matière sèche (tMS) par hectare selon la région et l'espèce (FranceAgriMer, 2021). D'après le Bureau Commun des Pailles et Fourrages (BCPF), ce sont chaque année 25 millions de tonnes de pailles qui sont coupées. La moitié d'entre elles sont utilisées en litière pour animaux d'élevage. Le volume théorique disponible national de pailles de céréales est de 13,3 millions de tMS (FranceAgriMer, 2021).

Pour les **oléagineux,** le rendement en paille produite varie entre 2,9 et 13,8 tMS par hectare selon la région et l'espèce. Seules les pailles de colza sont considérées comme techniquement récoltables à 40 %, du fait d'importantes pertes de matière lors des opérations de fauchage. Le volume théorique disponible national est de 1,1 million de tMS, hors retour au sol agronomique (FranceAgriMer, 2021).

Pour le **maïs**, le rendement en canne produite varie entre 6 et 11 tMS par hectare selon la région. Seulement 50 % des pailles sont techniquement récoltables.

**Figure II.2. Production des pailles et menues pailles lors de la moisson**



Le volume national théorique disponible de cannes est estimé à 1,7 million de tMS, hors retour au sol agronomique (FranceAgriMer, 2021).

La quantité de **menues pailles** collectée est variable en fonction de l'année, de la température et de l'humidité au moment de la récolte (récolte en journée ou de nuit), des batteurs utilisés, de la maturité de la paille, etc. La production varie de 800 kg à 2,5 t/ha en fonction des années et des territoires, avec une moyenne à 1,5 (Douard, 2019).

## Une utilisation majoritairement dédiée au retour au sol et à l'élevage

Les résidus de culture restitués au sol représentent une source importante de matière organique et permettent de préserver la fertilité des sols.

Actuellement, la paille récoltée est majoritairement destinée aux besoins de l'élevage pour les litières dont on estime les besoins en France à 10,2 millions de tonnes. Ces deux voies majoritaires sont complémentaires, les litières combinées aux déjections animales donnant un fumier lui-même épandu ultérieurement. Les pailles ne sont utilisées en alimentation animale que de façon marginale, en période de sécheresse notamment, étant peu digestibles du fait de leur composition (parois végétales essentiellement), carencées en éléments minéraux et pauvres en vitamines. La valeur nutritive des pailles est donc très faible et variable (IAU IDF, 2018).

## Usages énergétiques : possibles mais assez peu développés

Les pailles peuvent être utilisées directement comme agro-combustibles ou entrer dans la fabrication de granulés pour chaudières. Leur utilisation reste marginale. Des coopératives de transformation de la luzerne choisissent par exemple d'utiliser leurs équipements de granulation pour valoriser les pailles de céréales de leurs adhérents en pellets pour chaudière biomasse.

▶ C'est le cas de la coopérative **San Miguel Tauste** en Espagne qui conçoit des granulés composés de 70 % de paille et 30 % de sciure. En France, la coopérative Luzéal a également expérimenté ce procédé dans le cadre du projet Sucellog.

Les pailles sont également utilisées en méthanisation, notamment dans les régions où il y a peu d'élevage, comme en Ile-de-France. La méthanisation peut aussi être un débouché pour les pailles qui n'ont pas une qualité suffisante pour l'élevage (humidité élevée, pourriture, etc.). Dans ce cas, un prétraitement peut être nécessaire. Certaines unités de méthanisation utilisent un broyeur de paille pour éviter le bourrage du conduit d'intrants vers le digesteur.

Les menues pailles représentent la fraction avec le plus haut potentiel méthanogène de la paille (plus de 200Nm$^3$ par tonne) et ont une granulométrie adaptée à la méthanisation. Ce coproduit est donc très apprécié par les unités de méthanisation (ADEME Bourgogne, 2014).

## Production de champignons de couche

Une enquête auprès de l'Association Nationale Interprofessionnelle du Champignon de Couche (ANICC) a permis de recenser 60 000 t de pailles de céréales consommées pour la production de champignons de couche. Cette consommation de paille se concentre sur sept départements. Les substrats de culture peuvent être composés de différents coproduits agricoles : de paille de blé, de fumier de cheval, de terre broyée et de tourbe.

## Des pailles à boire en paille de seigle

Le contexte réglementaire est de plus en plus strict envers la vaisselle en plastique à usage unique. Depuis le 1er janvier 2021, les pailles, touillettes et couverts en plastique jetable ne sont plus autorisés en France. La France consomme 3,2 milliards de pailles chaque année ; des solutions biosourcées se multiplient donc pour répondre à la demande du marché.

► En Normandie, le studio de design **Fertile** propose, avec la marque **La Perche**, des pailles à boire, en paille de seigle bio depuis 2018. Ces pailles sont adaptées aux boissons chaudes et froides, ne transfèrent aucun goût aux boissons et ne se délitent pas. Après utilisation, elles sont compostables. Il y a plus d'un siècle, il était habituel d'utiliser une tige de céréale pour boire, ceci avant la paille en carton dans les années 1930, puis l'avènement de la paille en plastique dans les années 1950.
La Perche remet au goût du jour ces pailles en paille ! L'entreprise a choisi le seigle car c'est une plante robuste, dont la tige est assez longue et avec un bon diamètre. Seuls les 40 premiers centimètres de la plante sont utilisés pour créer les pailles. Les chutes sont broyées et transformées en matériaux de construction pour faire des meubles ou de l'isolation. Un partenariat avec UniLaSalle a été créé pour développer un emballage issu de ces résidus.

## Des matériaux biosourcés à destination des marchés BTP

L'utilisation de pailles dans la construction de bâtiment n'est pas nouvelle. Le toit de chaume était un mode de couverture très répandu jusqu'à la fin du XIXe siècle en raison du faible coût du matériau et de l'isolation thermique qu'il procurait. Il était constitué majoritairement de paille de blé, de paille de seigle ou de tiges de roseaux. Les murs en torchis représentent également un système constructif ancien à base de paille. Tombés en désuétude, on constate aujourd'hui un regain d'intérêt pour le développement de matériaux de construction à base de paille, grâce à un cadre réglementaire favorable (RE2020) encourageant l'utilisation des matériaux biosourcés dans la construction. Le panorama de la construction en paille référence plus de 900 exemples en France. Il illustre la diversité des usages possibles (logement individuel, logement collectif,

bâtiments administratif, commercial, agricole, industriel, éducatif, de loisir, etc.).

La paille est utilisée dans la conception d'isolants, de béton végétal et de panneaux de particules.

▶ Le projet **BIP Colza** qui vise à développer des blocs isolants à base de paille de colza, associe les coopératives Cérèsia et Valfrance, en lien avec Point P et l'Université de Picardie Jules-Verne, La Coopération Agricole Hauts-de-France, sous la coordination du CODEM et avec les financements de l'ADEME, de la Région et du FEDER Hauts-de-France.

Les bétons végétaux (substitution de granulats minéraux par des granulats végétaux tels que des pailles broyées) représentent un matériau prometteur. Un groupe de travail nommé Sable Vert, dont fait partie La Coopération Agricole aux côtés de grands industriels du bâtiment, œuvre pour le déploiement de ces matériaux innovants (www.sable-vert.com).

## Des expérimentations avec d'autres types de pailles

Dans la filière des plantes à parfum, aromatiques et médicinales, la lavande et le lavandin sont utilisés à des fins de production d'huiles essentielles, et génèrent des pailles lors de l'arrachage des plantes pour leur renouvellement. 16 800 t de matières sèches seraient ainsi théoriquement disponibles (FranceAgriMer, 2020). Les seuls usages connus sont le compostage. Ponctuellement, on peut noter des usages énergétiques ou des essais d'utilisation dans le bâtiment en tant qu'isolant.

▶ En Espagne, la coopérative **Cocope Sociedad** utilise des pailles de lavande et des rafles de raisin pour satisfaire sa propre demande en chaleur et de quelques installations à proximité.

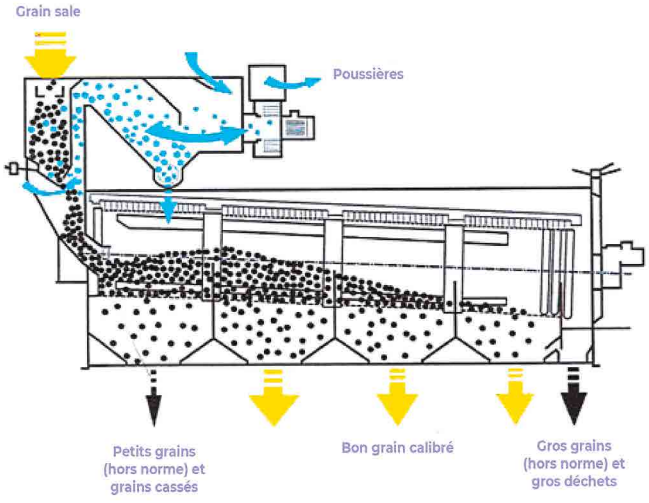
# LES ISSUES DE SILOS

En 2019, la culture de grains français a généré et stocké 53,8 millions de tonnes de matière brute de grains de céréales, dont 10,8 millions de tonnes de grains de maïs, 6,3 millions de tonnes de matière brute d'oléagineux, 523 000 tonnes de matière brute de protéagineux et 67 000 tonnes de matière brute de riz. Les grains sont produits à destination de multiples filières alimentaires et énergétiques mais nécessitent un travail préalable à la transformation industrielle, engendrant des coproduits désignés comme issues de silos. Cette biomasse représentait 377 000 tonnes de matière sèche en 2019 (France-AgriMer, 2020).

## Les issues de silos : résidus secs, humides et fonds de cellule

Lors de la collecte des grains, des tris et nettoyages sont effectués pour assurer la propreté et la bonne qualité du grain avant sa vente pour transformation industrielle. Ces tris engendrent une grande diversité de coproduits résiduels : grains cassés, poussières, lots considérés « hors normes » (jugés trop gros ou trop petits) ou défectueux.

**Figure II.3. Séparation des issues de silos dans le processus de nettoyage du grain** (Coop de France, 2012)



Deux distinctions majeures sont faites sur ces résidus (FranceAgriMer, 2020) :

- les **issues sèches, représentant environ 80 % des issues**, provenant des céréales à paille et oléoprotéagineux (blé, orge, colza principalement), elles sont généralement vendues pour l'alimentation animale et la méthanisation ;
- les **issues humides,** représentant environ 20 % des issues, provenant essentiellement des écarts de tri du maïs, elles peuvent être valorisées en alimentation animale, en méthanisation ou en compostage.

Les grains mal conservés devant être écartés de la vente, désignés comme **fonds de cellules** sont parfois également considérés comme catégorie d'issues de silos. Toutefois, les quantités associées produites sont très marginales.

Les issues de silos sèches présentent des propriétés avantageuses du fait de leur faible humidité, leurs bons pouvoirs calorifique et méthanogène. Les volumes générés sont réguliers et permettent une continuité d'approvisionnement pour les utilisateurs. Cependant, la qualité des résidus est variable d'une année à l'autre mais aussi d'un organisme de collecte à l'autre, du fait des processus de nettoyage du grain opérés et de la propreté de la récolte.

## Des gisements épars et difficiles à quantifier

Le gisement des issues de silos est souvent difficile à quantifier. D'une part, la définition des issues varie selon l'organisme stockeur et, d'autre part, la quantité d'écarts de tri produite par site de stockage est influencée par la qualité du grain exigée par les clients.

En outre, du fait d'une atomisation géographique des lieux de collecte et de stockage des grains, ainsi que des contraintes logistiques, la commercialisation des issues relève aujourd'hui plus d'opportunités locales que d'un marché structuré à l'échelle nationale (FranceAgriMer, 2020).

**Tableau II.1. Volumes** (FranceAgriMer, 2020) **et ratios** (ADEME, 2015) **de production des principales issues de silos**

| Nom | Ratios (%) de production d'issues de silos* | Volumes en 2019 (t brutes) |
|---|---|---|
| Issues de céréales (hors maïs) | Entre 1,10 (orge) et 0,35 (blé) | 199 000 |
| Issues de maïs | 0,80 | 79 000 |
| Issues d'oléagineux (Colza et Tournesol) | 1,7 | 97 000 |
| Issues de protéagineux | 1 | 4 700 |
| Issues de riz | 0,5 | 300 |

** Les ratios d'issues sont exprimés en tonne de matière brute (tMB) par tonne de grains mis en œuvre.*

## La valorisation en alimentation animale, une voie privilégiée et traditionnelle

En 2018, La Coopération Agricole a conduit une étude sur la maîtrise de la qualité des issues de silos et de leurs débouchés (projet MAQUIS). Les données ci-après sont issues de cette étude.

Actuellement, la filière principale d'utilisation des issues de silos est la filière nutrition animale qui représente plus de 56 % des volumes d'issues de céréales, oléagineux, protéagineux et riz produits et 49,5 % des issues de maïs sur l'année 2019.

L'utilisation des issues de silos constituent un apport protéique intéressant pour la qualité nutritionnelle des aliments. Ils sont donc depuis longtemps incorporés dans les aliments pour animaux de rente. Cependant, une production de plus en plus encadrée par des cahiers des charges rend l'utilisation des issues complexe : en les intégrant dans l'alimentation animale, leur statut passe de coproduits à matière première. Elles doivent alors respecter la réglementation propre aux matières premières utilisées dans la fabrication d'aliments pour l'élevage, qui englobe les exigences relatives à la sécurité sanitaire, les autorisations ou interdictions d'usage et les règles de commercialisation (Renaud, 2015).

Les issues de silos étant des résidus du travail et du processus de nettoyage du grain, elles peuvent présenter des traces de produits phytopharmaceutiques ou de mycotoxines. Or, ces composés indésirables sont respectivement soumis à des teneurs maximales par la directive 2002/32/CE pour les mycotoxines et le règlement (CE) n° 396/2005 pour les produits phytopharmaceutiques. Par conséquent les matières premières les moins bien caractérisées, dont la qualité est irrégulière et à risque sanitaire élevé sont écartées de la nutrition animale (La Coopération Agricole, 2018).

## Un fort potentiel méthanogène qui intéresse les unités de méthanisation

Environ 41 % des volumes d'issues de silos hors maïs et 36 % des volumes d'issues de silos de maïs sont utilisés pour la production de biogaz par méthanisation. Elles possèdent un pouvoir méthanogène élevé [250 $m^3$ de $CH_4$/tMB (FranceAgriMer, 2020)] : l'un des plus élevés parmi les coproduits agricoles et agroalimentaires. Par comparaison, le pouvoir méthanogène du fumier porcin est d'environ 75 $Nm^3$ $CH_4$/tMB et de 30 $Nm^3$ $CH_4$/tMB pour les pulpes de betteraves (Rouille et al., 2015).

## Un usage à la marge en chaudière biomasse

Les écarts de tri disponibles au niveau des sites de stockage du grain peuvent également être valorisés énergétiquement en chaudières à biomasse par combustion du fait de leur pouvoir calorifique suffisant (PCI variant de 4 à 5 MWh/tonne (La Coopération Agricole, 2018).

En France en 2019, environ 1 % des volumes d'issues de céréales, oléagineux, protéagineux et riz et 0,8 % des volumes d'issues de maïs étaient valorisés comme combustible pour la production d'énergie.

Cependant, la combustion des issues de silos de faible densité génère des cendres en grande quantité et la création de mâchefer. De plus, l'azote, le chlore et le soufre contenus dans les grains dégagent des fumées acides. Les issues de silos sont donc généralement mélangées à d'autres combustibles agricoles, permettant de pallier ces défauts, dans des chaudières équipées d'un foyer polycombustibles (FranceAgriMer, 2020).

▶ Aujourd'hui les issues de silo **Bioline d'Invivo** sont valorisées en totalité, via trois voies principales : la méthanisation, la nutrition animale et les biocombustibles. Les poussières obtenues après stockage et travail du grain sont compactées en agro-pellets avant valorisation par voie thermique.

## Le compostage, une voie de valorisation agronomique

Dans l'enquête conduite par La Coopération Agricole en 2018 auprès d'une cinquantaine de coopératives, moins de 4 % des issues générées par les sites de stockage trouvent une valorisation agronomique : 4 165 t étaient ainsi ajoutées à d'autres rebuts agricoles pour produire du compost. Ce sont majoritairement les issues humides, de maïs, qui sont valorisées pour le compostage, à hauteur de 12,5 % en 2019 (FranceAgriMer, 2020). Le compostage est un débouché moins intéressant d'un point de vue économique pour les organismes stockeurs ; sont donc orientées dans cette voie, les issues de silos difficilement valorisables en alimentation animale ou en filières énergétiques.

## Des projets de recherche pour la chimie verte et les matériaux biosourcés

De nouvelles voies de valorisation dans les domaines des matériaux biosourcés et de la chimie verte (agents de charges pour la cosmétique ou la santé, produits de nettoyage, emballage, etc.) sont en développement et permettraient d'étendre les débouchés des issues de silos.

# LA MEUNERIE DE BLÉ TENDRE

En 2019, la meunerie française a mis en œuvre 5 millions de tonnes de blé et produit 3,9 millions de tonnes de farine. Près de 400 moulins, de taille différente, sont implantés dans toutes les régions de France. Ils produisent, pour la plupart, de la farine de blé tendre essentiellement destinée à l'alimentation humaine pour la fabrication de pain et dans une moindre mesure pour la fabrication de biscuits, ainsi que pour la vente directe aux particuliers.

## Les issues de meunerie : sons, remoulages et farines basses

Le processus de production de farine comporte plusieurs phases (cf. figure II.4) : le blé est d'abord nettoyé, puis passé en phase de mouture qui comporte elle-même trois étapes : le broyage, le claquage, le convertissage. Ce processus génère principalement trois coproduits, les sons, les remoulages et les farines basses, appelés « issues de meunerie ».

Les **sons** sont constitués principalement de fragments d'enveloppes et de particules de grains dont la plus grande partie de l'endosperme a été enlevée. Riches en fibres et de faible valeur énergétique, les sons peuvent être pressés sous forme de pellets ou de bouchons. Ainsi présentés, ils ont un volume moins important, ce qui facilite leur transport.

Les **remoulages** sont constitués principalement de fragments d'enveloppes et d'une petite quantité d'amande du grain. Leur valeur énergétique est plus élevée que celle des sons.

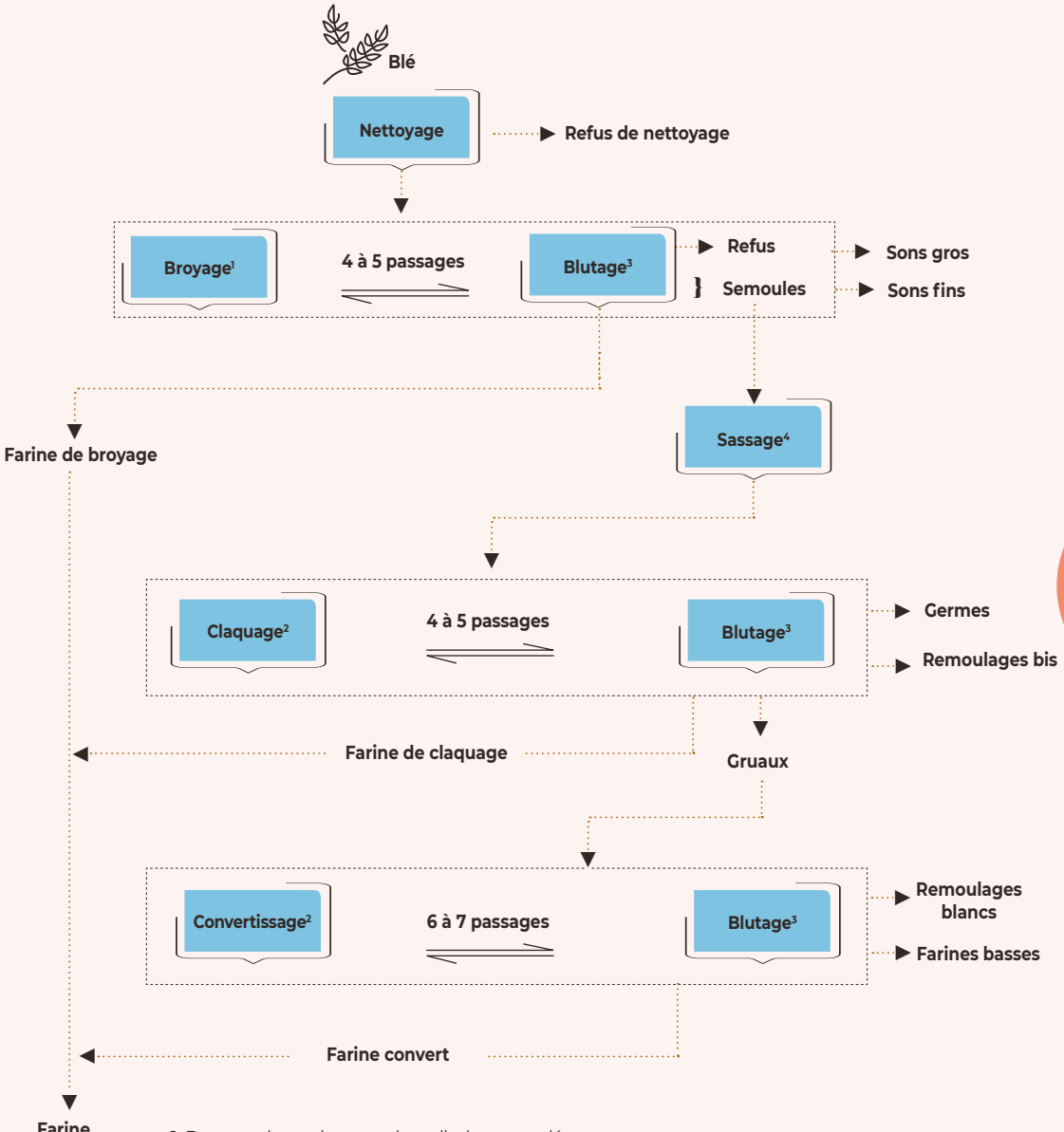
Les **farines basses** sont constituées principalement de particules d'endosperme et de fins fragments d'enveloppes.

Le process de meunerie génère également aux différentes étapes de nettoyage **des refus de nettoyage** (petit blé, blé cassé, autres graines, etc.). Après analyse de risque, ils peuvent être réincorporés dans les issues destinées à l'alimentation animale. Un plan de surveillance des issues de meunerie est mis en place afin de s'assurer du respect de la réglementation en vigueur. S'ils ne correspondent pas à la réglementation, ils peuvent être valorisés en méthanisation.

## Des gisements constants dans le temps

La filière meunerie produit environ 20 % d'issues par rapport à la quantité de blé mis en œuvre. Le tableau II.2. (page 70) présente les ratios de coproduits obtenus

**Figure II.4. Process général de la meunerie de blé tendre**




1. **Broyage** des grains avec des cylindres cannelés
2. **Claquage et convertissage** des grains avec des cylindres lisses
3. **Blutage** dans un plansichter (appareil) servant à classer les produits selon leur grosseur
4. **Sassage** dans un sasseur (appareil) servant à classer les produits selon leur densité et forme

par rapport au volume de blé transformé. Comme le processus de la meunerie a peu évolué, ces ratios sont relativement stables au cours du temps.

**Tableau II.2. Volume de coproduits de la meunerie** (ANMF, 2019)

| Nom | Ratios (%) par rapport au blé mis en œuvre* | Volumes en 2019 (t brutes) |
|---|---|---|
| Blé | 100 | 5 000 000 |
| Farine | 78,6 | 3 930 000 |
| Issues de meunerie dont : | 21,4 | 1 070 000 |
| · sons | 13 | 650 000 |
| · remoulages | 7,4 | 370 000 |
| · farines basses | 1 | 50 000 |
| Refus de nettoyage | 0,04 | 2 000 |

** Les ratios de produits et coprorduits de meunerie sont exprimés en tonne de matière brute par tonne de blé mis en œuvre.*

## Une valorisation majoritaire en alimentation animale

L'industrie de l'alimentation animale est le débouché majoritaire des coproduits de la meunerie. En effet, l'utilisation des issues de céréales comporte un intérêt à la fois nutritionnel pour les animaux et économique pour l'entreprise. Ces coproduits représentent ainsi environ 10 % des matières premières mises en œuvre par les fabricants d'aliments.

Chez les ruminants qui ont la capacité de transformer la cellulose en sucres, les sons et remoulages sont utilisés comme aliment concentré à valeur énergétique importante.

Chez les monogastriques (porc, volaille), à l'inverse, les sons sont utilisés comme lest car ils permettent de diminuer la densité énergétique des aliments composés grâce à leur richesse en fibres alimentaires.

Les farines basses sont des aliments énergétiques destinés à toutes les espèces (ruminants et monogastriques).

Plus récemment, une valorisation des coproduits de la meunerie et du son, notamment à destination de l'élevage d'insectes pour l'alimentation animale, se développe.

## Des farines plus complètes dans l'alimentation humaine

Ces dernières années, les pouvoirs publics préconisent d'intégrer plus de fibres dans l'alimentation humaine. Ainsi, de plus en plus de produits sont enrichis en sons. Cette évolution est notable mais pas forcément visible sur les volumes car les farines sont aussi plus complètes. Par exemple, la farine de type 65, c'est-à-dire contenant environ 0,65 % de cendres[7], est devenue majoritaire par rapport à la farine de type 55 contenant environ 0,55 % de cendres donc moins de sons.

7 Le « taux de cendres » correspond au taux de matières minérales contenues dans la farine. Les enveloppes extérieures du grain (le son) sont riches en matières minérales contrairement à l'amande. Plus une farine à un taux de cendre élevé, plus il y a de sons dans la farine, on parle de farine complète.

## Des matériaux compostables alternatifs aux plastiques

Certaines entreprises développent la fabrication de matériaux compostables. Ces initiatives sont fortement encouragées par une législation favorable à l'interdiction des plastiques à usage unique (directive EU 2019/904). Le marché des produits alternatifs, et notamment de la vaisselle biosourcée compostable, croît de 8 à 10 % par an à l'échelle mondiale.

▶ L'entreprise polonaise **Biotrem** produit de la vaisselle jetable à usage unique à partir de sons de blé. L'entreprise collecte des sons de blé auprès des meuneries proches de son site de production, 1 t de sons collectée permet la production d'environ 10 000 assiettes.

## La chimie verte s'intéresse aux sons de blé

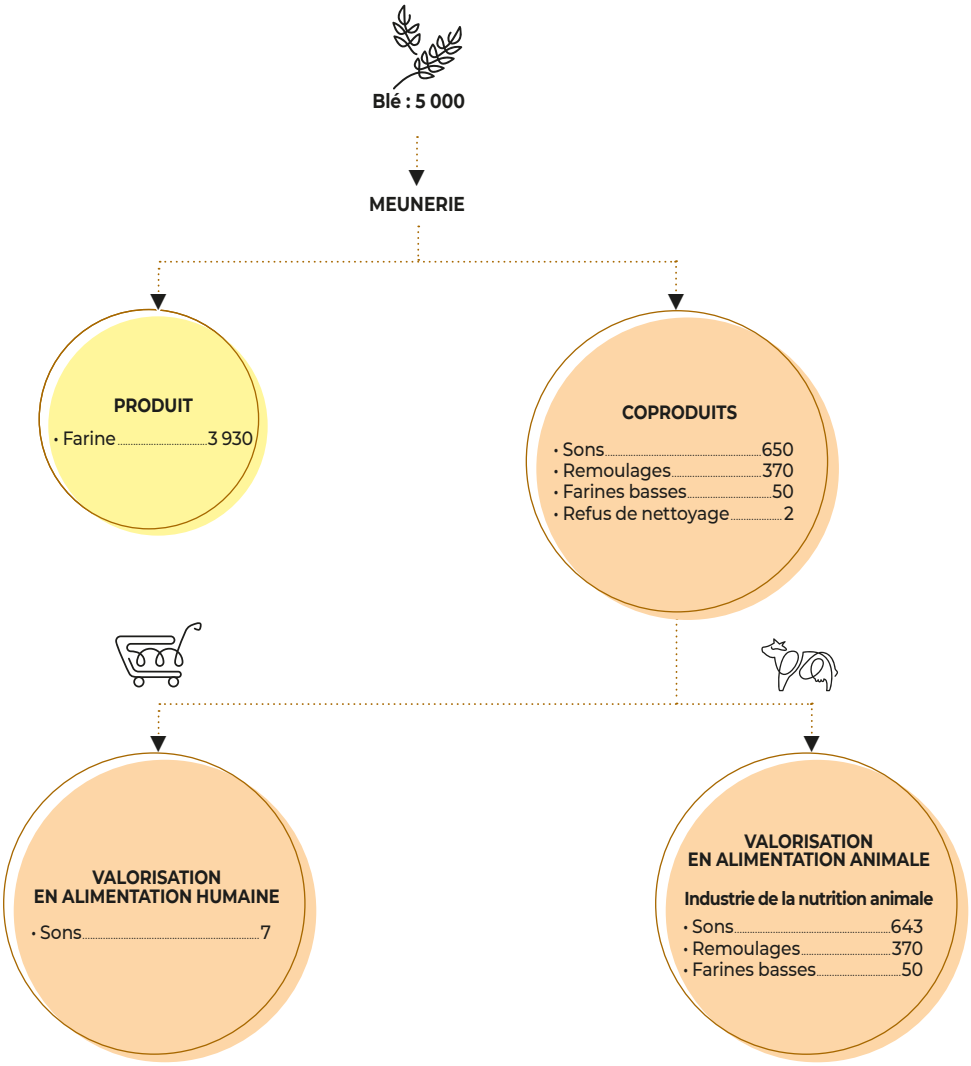
La meunerie s'intéresse également à de nouvelles voies de valorisation telles que l'extraction de molécules d'intérêts. Le son de blé permet par exemple l'extraction d'une molécule au large spectre d'applications : l'acide férulique qui, une fois extrait et soumis à l'action de différents enzymes, peut donner naissance à de nombreuses molécules d'intérêt : antioxydant à destination de l'industrie cosmétique ou agroalimentaire, arôme naturel de vanille par fermentation (vanilline), plastifiant, polymère ou encore en antimicrobien. Une autre molécule d'intérêt, l'acide lactique, peut être obtenue à partir du son de blé et permet de produire le PLA, une résine biosourcée utilisée pour la production de bioplastique.

▶ Une entreprise française, **Francofil**, utilise des issues de meunerie ainsi que plusieurs autres variétés de coproduits (drêches de bière, marc de café ou encore coquilles de moules, d'huîtres et de saint-jacques) pour colorer du PLA, une résine biosourcée issue de l'amidon de maïs, utilisée pour la production de bioplastique. Cette résine est vendue sous forme de filaments en bobine destinés à l'impression 3D.

▶ On peut également citer le **projet Valbran** (projet INTERREG de la Région Grand Est, de la Wallonie et de la Province West-Vlaanderen 2017-2020). Il vise à produire à partir des glucides du son de blé des tensio-actifs non ioniques d'origine végétale pour des applications en détergence, cosmétique, phytosanitaires, additifs alimentaires, etc., sans entrer en compétition avec la valorisation alimentaire. Le projet met en évidence le fort potentiel de la production de ces tensio-actifs par voies enzymatiques sans aucun prétraitement physico-chimique du son. Néanmoins, ces nouvelles voies biotechnologiques nécessitent une optimisation, pour limiter les coûts de production des tensio-actifs et être compétitives avec les voies chimiques classiques au stade industriel.

**Figure II.5. Schéma des voies de valorisation de la meunerie**

(Réséda, 2017 et ANMF, 2019)




*Unité : 1 000 t brutes.*

RETOUR AU SOMMAIRE

# L'AMIDONNERIE-FÉCULERIE

L'amidonnerie a pour objet d'extraire l'amidon des végétaux et d'en assurer la transformation tout en valorisant les coproduits fibreux et protéinés. Les constituants de la matière première (blé tendre, maïs ou pomme de terre) sont séparés et le cas échéant purifiés : l'amidon, la protéine, l'enveloppe cellulosique, les fractions solubles et, dans le cas du maïs, le germe dont l'huile sera extraite. Cette première phase fait intervenir une série d'étapes de séparation physique des constituants : broyage, tamisage, centrifugation, filtration, lavage, etc.

En moyenne, près de 3 millions de tonnes de blé tendre et plus de 2 millions de tonnes de maïs sont utilisées par l'amidonnerie française chaque année. La féculerie française met en œuvre 1 million de tonnes de pommes de terre de féculerie.

En 2019, 3,2 millions de tonnes d'amidon de céréales et fécule de pomme de terre ont été produites en France.

L'ensemble de ce processus conduit à la production d'une large gamme de produits destinés aux secteurs alimentaires (amidons, sirop de glucose, additifs alimentaires, protéines, etc.) et non alimentaires. Les valorisations non alimentaires de l'amidon concernent les secteurs de la chimie verte, de la plasturgie (polyuréthane et polyesters), de l'industrie papetière, des carburants (bioéthanol), de la cosmétique, ou encore de la pharmacie. Cette diversité des applications de l'amidon découle de sa composition chimique. En effet, l'amidon n'est autre qu'un polymère de glucose – assemblage de molécules de sucres simples- permettant l'obtention de glucoses grâce à une étape d'hydrolyse. Par conséquent, l'ensemble des voies de valorisation du sucre, dont la plus connue est la fermentation en éthanol – molécule plateforme de grand intérêt en industrie –, sont des voies de valorisation de l'amidon. Si ces nombreuses valorisations non alimentaires de l'amidon ont un intérêt en bioéconomie, ce guide prend pour périmètre la valorisation des coproduits agricoles et agroalimentaires. L'amidon étant le produit principal de la filière amidonnerie, nous ne développerons pas dans le détail ces productions.

Les coproduits de ces filières diffèrent selon les matières premières mises en œuvre (blé tendre, maïs ou pomme de terre), selon les procédés de séparation ou de transformation propres à chaque usine (cf. figures II.6, 7, 8).

RETOUR AU SOMMAIRE

## Différents coproduits selon les produits initiaux

### ► Coproduits de l'amidonnerie de blé

**Les sons de blé** sont les coproduits obtenus lors de la première étape du procédé de fabrication de l'amidon de blé, qui consiste à transformer le blé en farine (comme en meunerie) avant extraction de l'amidon et de la protéine.

**Les solubles de blé** sont obtenus par concentration des eaux de process contenant les constituants solubles de blé.

**Le wheat gluten feed** (aliment de gluten de blé) est le mélange des deux coproduits précités ci-dessus. Il est le principal coproduit issu de la fabrication d'amidon et de gluten de blé. Il est constitué de son, partiellement dégermé ou non, et de gluten (incorporation des protéines solubles extraites de la séparation humide amidon et gluten). Il se présente le plus souvent sous la forme de granulés. Il peut aussi, dans le cadre d'une chaîne de distribution de proximité, être livré sous forme humide, améliorant ainsi le bilan carbone de la filière.

**Les drêches** correspondent à la matière cellulosique obtenues au cours de l'extraction de l'amidon. Lorsqu'une amidonnerie de blé est couplée à une fermentation, les compositions des coproduits fibreux évoluent du fait de la présence de levures dans les pellets. Ils sont alors nommés drêches de blé.

### ► Coproduits de l'amidonnerie de maïs

**Le corn gluten feed** est le principal coproduit de l'amidonnerie de maïs. Il comprend les drêches de maïs auxquelles peuvent être ajoutés les autres coproduits du maïs (tourteaux de germe, protéines, solubles de maïs) avant une étape de séchage et de granulation.

**Les solubles de maïs ou corn steep liquor** sont obtenus par concentration de l'eau de trempe du maïs. Ils contiennent les constituants solubles du maïs.

**Les drêches** sont la matière essentiellement cellulosique obtenue au cours de l'extraction de l'amidon.

### ► Coproduits de la féculerie de pomme de terre

**La protéine de pomme de terre** possède un très bon équilibre nutritionnel.

**Les solubles de pomme de terre** sont un concentré obtenu par évaporation des eaux de végétation des pommes de terre desquelles ont été extraites préalablement les protéines coagulables.

**Les pulpes de pomme de terre** sont séparées puis pressées pour augmenter le taux de matière sèche.

**Figure II.6. Process général de l'amidonnerie de blé**
(Réséda, 2017)

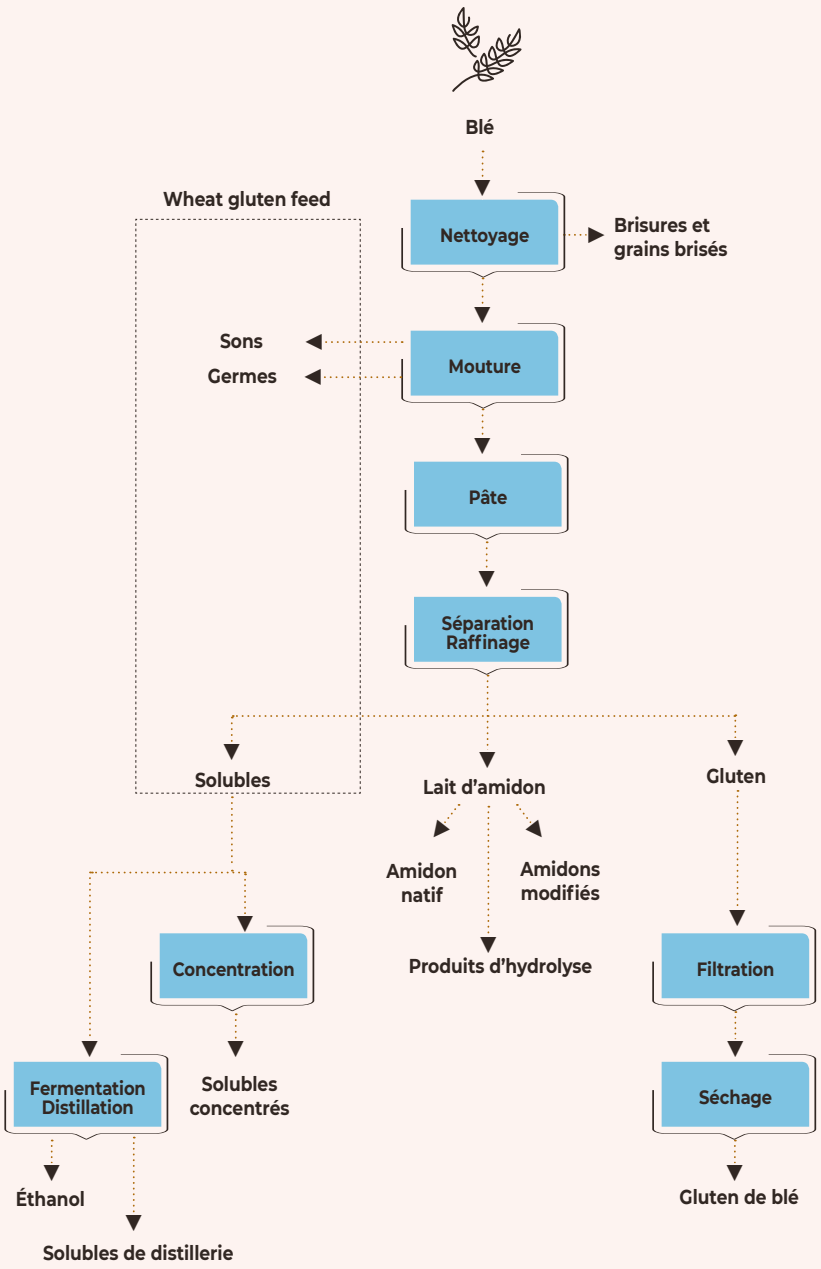


**Figure II.7. Process général de l'amidonnerie de maïs**

(Réséda, 2017)

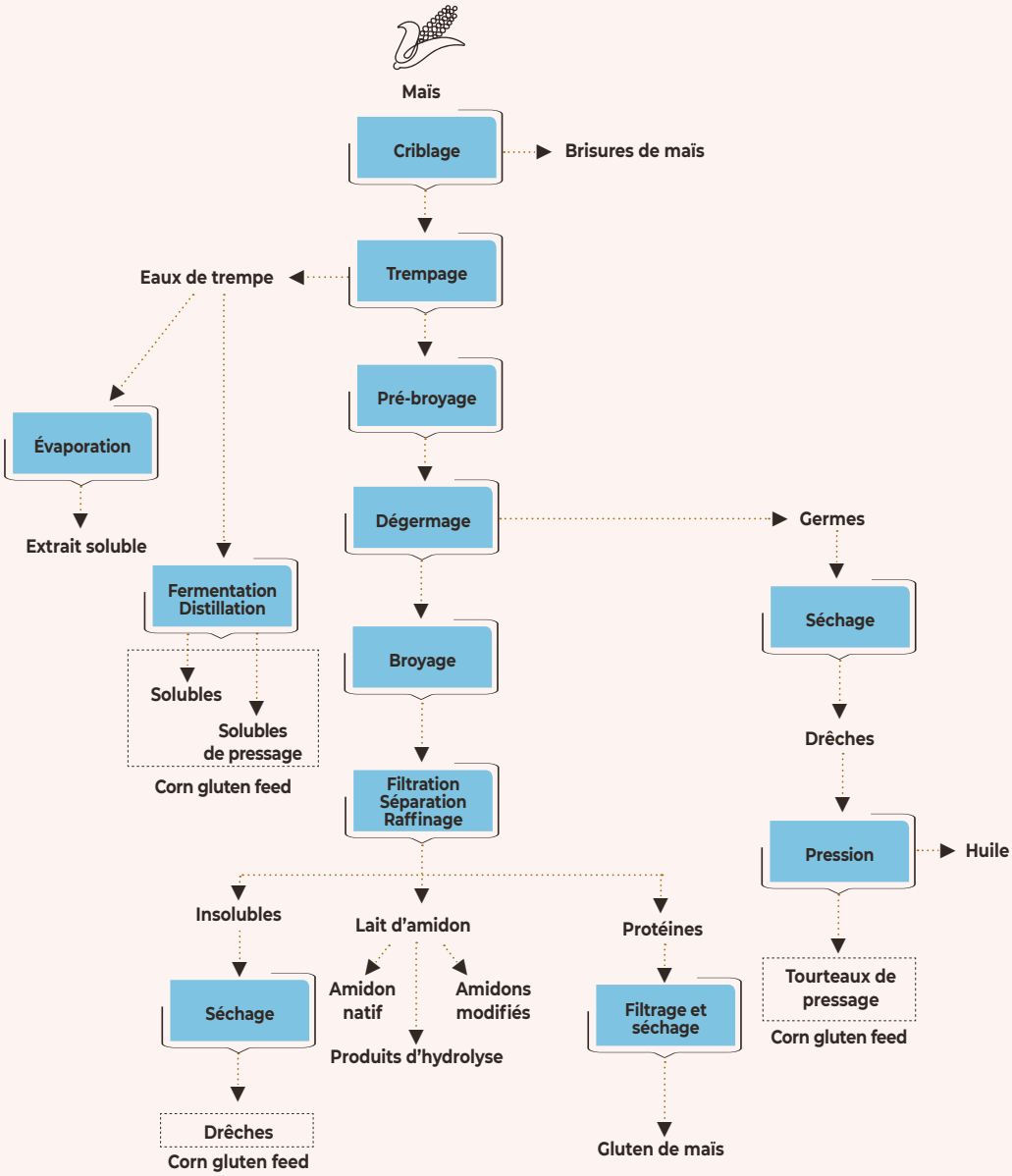
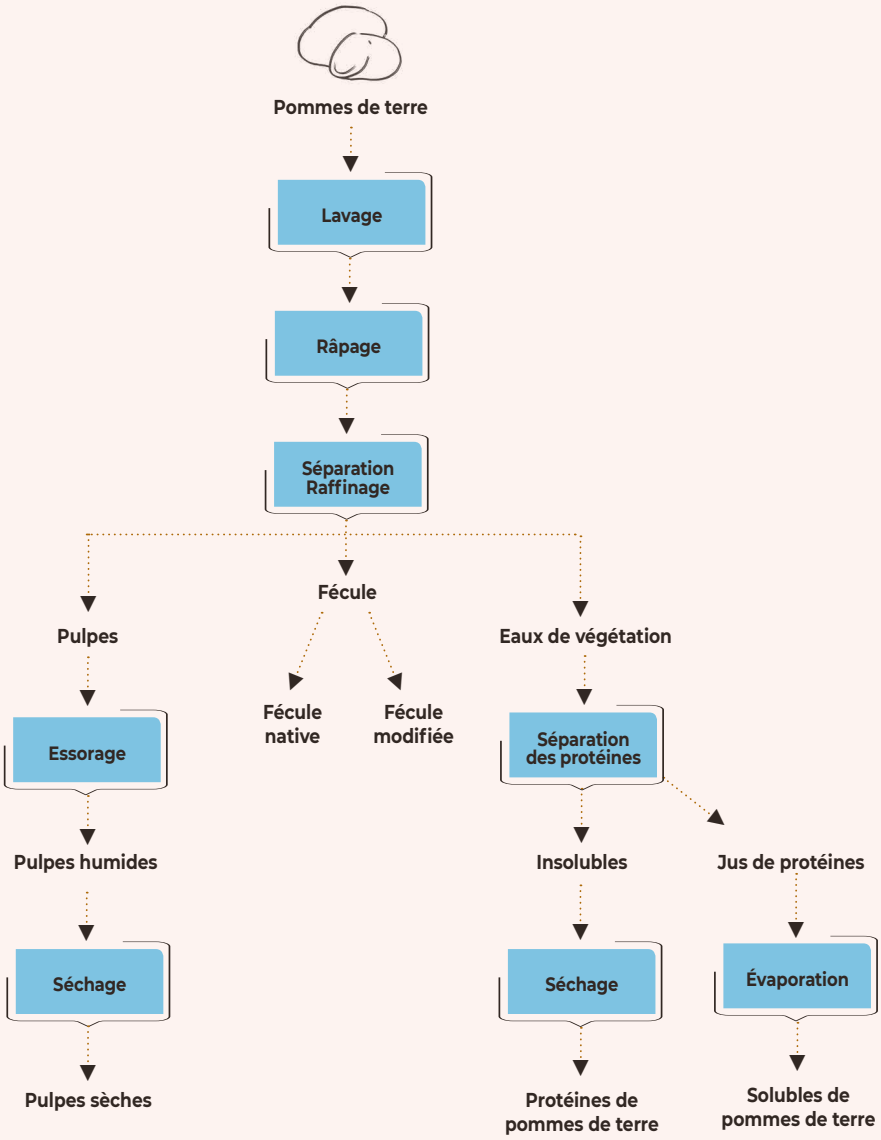


**Figure II.8. Process général de la féculerie**
(Réséda, 2017)



## L'alimentation animale, une destination de choix

Les coproduits de la filière amidonnerie de maïs et de blé tendre sont majoritairement valorisés pour l'alimentation des animaux de rente ou de compagnie. Ils sont considérés comme des produits à part entière : leur valorisation participe pleinement à l'équilibre économique de la filière.

Ajouté à des sons de blé, le wheat gluten feed entre dans de nombreuses formulations pour porcs, mais peut également être utilisé pour l'alimentation des bovins. Pour l'amidonnerie de maïs, les valeurs énergétique et protéique très élevées du corn gluten feed ainsi que sa forte appétence, le rendent très intéressant pour toutes les espèces animales, particulièrement les bovins. Il en est de même pour le corn steep riche en protéines.

La protéine de pomme de terre entre dans la composition de produits à haute valeur ajoutée, destinés principalement aux veaux et aux porcelets. Les pulpes de pomme de terre sont destinées à l'alimentation animale, soit sous forme de pulpes fraîches, soit après déshydratation sous forme de pellets.

**Tableau II.3. Volumes de coproduits de l'amidonnerie-féculerie**
(estimation des ratios d'après Réséda, 2017)

| Nom | Ratios (%) de coproduits générés par rapport à la matière première mise en œuvre* | Volumes en 2019 (t brutes) |
|---|---|---|
| **Blé** | 100 | 3 000 000 |
| • son de blé | 21 | 621 000 |
| • wheat gluten feed, solubles de blé | 21 | 621 000 |
| **Maïs** | 100 | 2 000 000 |
| • corn gluten feed, solubles de maïs | 23 | 454 000 |
| **Pomme de terre de féculerie** | 100 | 1 000 000 |
| • pulpes et solubles de pomme de terre | 10 | 100 000 |

* Les ratios de coproduits d'amidonnerie-féculerie sont exprimés en tonne de matière brute par tonne de matière première mise en œuvre.

## D'autres voies de valorisation à la marge

Outre l'alimentation animale, la corn steep liquor peut être utilisée par l'industrie de la fermentation (production d'acides aminés, levures, antibiotiques, etc.).

Les solubles de pomme de terre sont valorisés par épandage ou en fertilisation.

## Les rafles de maïs utilisées comme biomasse énergie

Bien que les rafles de maïs ne soient pas considérées comme un réel coproduit de l'amidonnerie, elles font néanmoins partie des résidus agricoles produits au champ. Plusieurs voies de valorisation des rafles existent.

Elles peuvent être utilisées directement par l'agriculteur en les enfouissant dans le sol pour contribuer au maintien de la teneur en humus, ou encore pour la fabrication de litière pour animaux grâce à leurs propriétés absorbantes.

Elles peuvent également être utilisées comme combustibles pour alimenter une chaudière biomasse.

▶ Ce mode de valorisation est utilisé par la coopérative **Limagrain** en Rhône-Alpes afin de produire la vapeur nécessaire au process de production de farine de maïs et produits intermédiaires. Les rafles sont issues des coproduits de premières transformations du maïs réalisées par les adhérents de la coopérative. Ces coproduits bénéficient de propriétés intrinsèques intéressantes pour un usage de type biomasse-énergie. En effet, les rafles ont un pouvoir calorifique deux fois supérieur à celui des plaquettes forestières et présentent des caractéristiques bien spécifiques en matière de fusibilité. Ce mode de chauffage permet à la coopérative Limagrain de limiter fortement sa consommation de gaz, permettant ainsi la réduction de son empreinte carbone de plus de 2 600 t de $CO_2$ par an.

Enfin, les rafles sont parfois utilisées par des industries de transformation qui en extraient du furfurol utilisé pour le raffinage des huiles minérales, ainsi que pour synthétiser des résines très dures employées dans des matériaux anticorrosifs et dans la fabrication des moules de fonderies. D'autres industries tirent parti de la rafle en produisant des granulés ou des farines incorporées à des colles, des plastiques, des abrasifs, des produits cosmétiques et pharmaceutiques.

# LA SEMOULERIE DE BLÉ DUR, PÂTES ALIMENTAIRES SÈCHES ET COUSCOUS

Avant d'être transformé sous forme de pâtes alimentaires ou de couscous, le blé dur doit d'abord subir une première transformation qui consiste à récupérer son amande sous forme de semoule, débarrassée des parties périphériques du grain. Ce n'est que lors de la seconde transformation que cette semoule est ensuite convertie en pâtes alimentaires ou couscous.

En 2019, les semouleries françaises de blé dur ont mis en œuvre environ 600 000 t de blé dur et fabriqué 440 000 t de semoule.

Les industries de la seconde transformation des pâtes alimentaires sèches et du couscous ont mis en œuvre 362 000 t de cette semoule pour fabriquer 254 000 t de pâtes et 84 000 t de couscous (CFSI – SIFPAF, 2020).

En France, ce secteur se caractérise par une forte concentration des acteurs et donc des volumes, en un petit nombre d'usines de grande taille au sein de groupes agroalimentaires importants : 7 entreprises employant au total 1 300 salariés.

## Nature et caractéristiques des issues et autres coproduits de blé dur

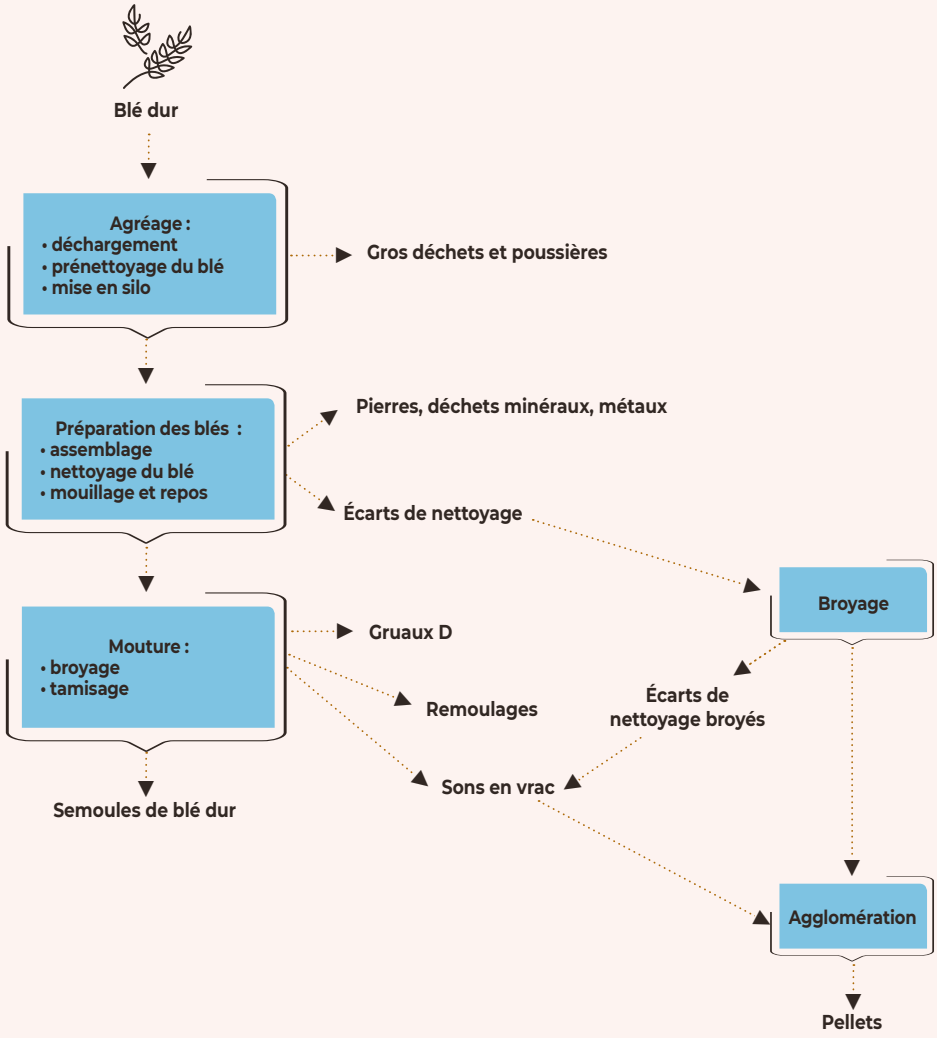
Les **issues et autres coproduits de blé dur** correspondent aux parties résiduelles du grain de blé dur provenant de la trituration après extraction de l'amande réduite en semoule, dont les dénominations commerciales varient en fonction des teneurs relatives en amidon et en cellulose (cf. figure II.9). Classées par ordre décroissant de leur teneur en amidon, ces produits sont les **gruaux D**, les **remoulages** et **sons de blé.** Définis dans le décret n° 86-1037 du 15 septembre 1986 modifié, les sons et remoulages issus de la semoulerie sont les mêmes coproduits que pour la meunerie.

Les **gruaux D**, non définis réglementairement, correspondent à la partie la plus « noble » des coproduits de blé dur et sont spécifiques au process semoulier. Ils correspondent aux farines basses du blé dur.

**Les sons** sont constitués principalement de fragments d'enveloppes et de particules de grains dont la plus grande partie de l'endosperme a été enlevée. Riches en fibres et de faible valeur énergétique, les sons peuvent être pressés sous forme de pellets ou de bouchons. Ainsi présentés, ils ont un volume moins important qui facilite leur transport.

**Les remoulages** sont constitués principalement de fragments d'enveloppes et d'une petite quantité d'amande du grain. Leur valeur énergétique est plus élevée que celle des sons qui contiennent davan-

**Figure II.9. Process général de la semoulerie de blé dur**
(Alpina Savoie, 2021)




tage de fragments d'enveloppes donc de fibres.

Les gruaux D et les remoulages de blé dur sont généralement commercialisés en l'état, sous forme de farine. Le son de blé dur est commercialisé, soit en l'état, soit sous forme de granulés composés d'issues agglomérées à l'aide d'une presse.

## La semoulerie de blé dur valorise ses coproduits exclusivement en alimentation animale

Le Guide de bonnes pratiques d'hygiène et d'application des principes (HACCP) dans l'industrie de la semoulerie de blé dur précise les ratios techniques permettant de faire une estimation des volumes d'issues et autres coproduits de blé dur (SIFPAF – CFSI, 2012). Le tableau II.4. présente ces estimations à partir de ratios techniques pour la semoulerie de blé dur :

**Tableau II.4. Volumes estimés de coproduits du secteur semoulerie de blé dur, 2019**

| Nom | Ratios (%) de production par rapport au blé dur mis en œuvre | Volumes en 2019 (tonnes brutes) |
|---|---|---|
| **Blé dur** | 100 | 592 747 |
| **Semoule pure** | 74 | 438 633 |
| **Gruaux D** | 6 | 35 565 |
| **Issues dont :** | 20 | 118 549 |
| • sons et remoulages | 95 | 112 622 |
| • écarts de nettoyage | 5 | 5 927 |

En 2019, l'industrie de la semoulerie a produit près de 150 000 t brutes d'issues et autres coproduits de blé dur. Les sons et remoulages sont destinés aux fabricants d'aliments pour animaux de rente alors que les gruaux D sont plutôt utilisés par les fabricants d'aliments pour animaux de compagnie. L'utilisation des issues de céréales comporte un intérêt à la fois nutritionnel pour les animaux et économique pour l'entreprise.

## Une seconde transformation en pâtes et couscous générant des coproduits valorisés en alimentation animale

L'industrie des pâtes alimentaires sèches génère deux types de coproduits : d'une part, les coproduits secs (fin de production et casses) qui sont le plus souvent broyés et réincorporés aux matières premières (recyclage interne) ; d'autre part, les coproduits humides qui sont les débuts de production et qui ne peuvent pas être réintroduits dans le process du fait de leur instabilité. Ces coproduits humides représentent environ 0,8 à 1 % du volume de produits fabriqués, soit un volume estimé de 2 300 t en 2019.

La valorisation en alimentation animale de la totalité de ces coproduits est réalisée par les intermédiaires (négoce et préparation du produit) qui se chargent de stabiliser le produit et de trouver un acheteur. Cette valorisation est locale en raison du taux d'humidité du produit.

## Une filière engagée dans la recherche de nouveaux débouchés pour les coproduits

Grâce à l'engagement des producteurs et de toutes les parties prenantes à travers la plateforme Blé Dur créée en 2013, qui rassemble R&D et acteurs économiques (sélectionneurs semenciers, organismes stockeurs, recherches publique et privée, industriels, établissements d'enseignement, ministère de l'Agriculture, interprofession des semences, pôles de compétitivité), de nombreux programmes de recherche ont été lancés pour une production française compétitive, de qualité et durable de blé dur, semoule, pâtes et couscous (CFSI-SIFPAF & ARVALIS Institut du Végétal, 2017).

Parmi les projets en cours, le projet DEFI Blé Dur (2016/2022 Durabilité, EFficience et Innovation) comporte un axe sur la meilleure valorisation des coproduits dans un contexte prenant en compte la préservation des ressources et la durabilité : la mise au point de nouvelles voies de valorisation à haute valeur ajoutée des coproduits de la filière (ARVALIS – Institut du Végétal, 2017).

# LA SEMOULERIE DE MAÏS

La semoulerie de maïs transforme le grain de maïs en semoule. Les semoules obtenues sont utilisées pour l'alimentation humaine (bières, céréales de petit déjeuner, biscuits apéritifs, polenta, etc.).

En 2019, environ 300 000 t de maïs grain ont été mises en œuvre et ont permis d'obtenir 169 000 t de semoule et 44 000 t de farine de maïs. 64 % de la production de semoule de maïs est exportée.

Les volumes de coproduits de la filière semoulerie de maïs sont détenus par peu d'acteurs et sont géographiquement concentrés.

## Les coproduits de la semoulerie de maïs

Les coproduits de la semoulerie de maïs sont décrits en figure II.10. Il s'agit de :

- **la farine de dégermage** est obtenue à partir de grains de maïs dégermés par le procédé de mouture au cours duquel le grain est broyé à un degré adéquat de finesse et presque entièrement débarrassé du son et du germe ;
- **le son de maïs** est un coproduit de la transformation du maïs. Cette appellation recouvre une vaste gamme de coproduits allant de la farine basse aux sons proprement dits. La teneur en protéines est inférieure à 20 % et la teneur en matières grasses est inférieure à 15 % ;
- **le tourteau de germes de maïs** est un coproduit de la transformation du maïs constitué de germes ayant subi une extraction de l'huile, et de fragments d'amande farineuse. Il contient généralement plus de 18 % de protéines et plus de 7 % de cellulose brute.

## Stabilité dans le temps des volumes et des valorisations en nutrition animale

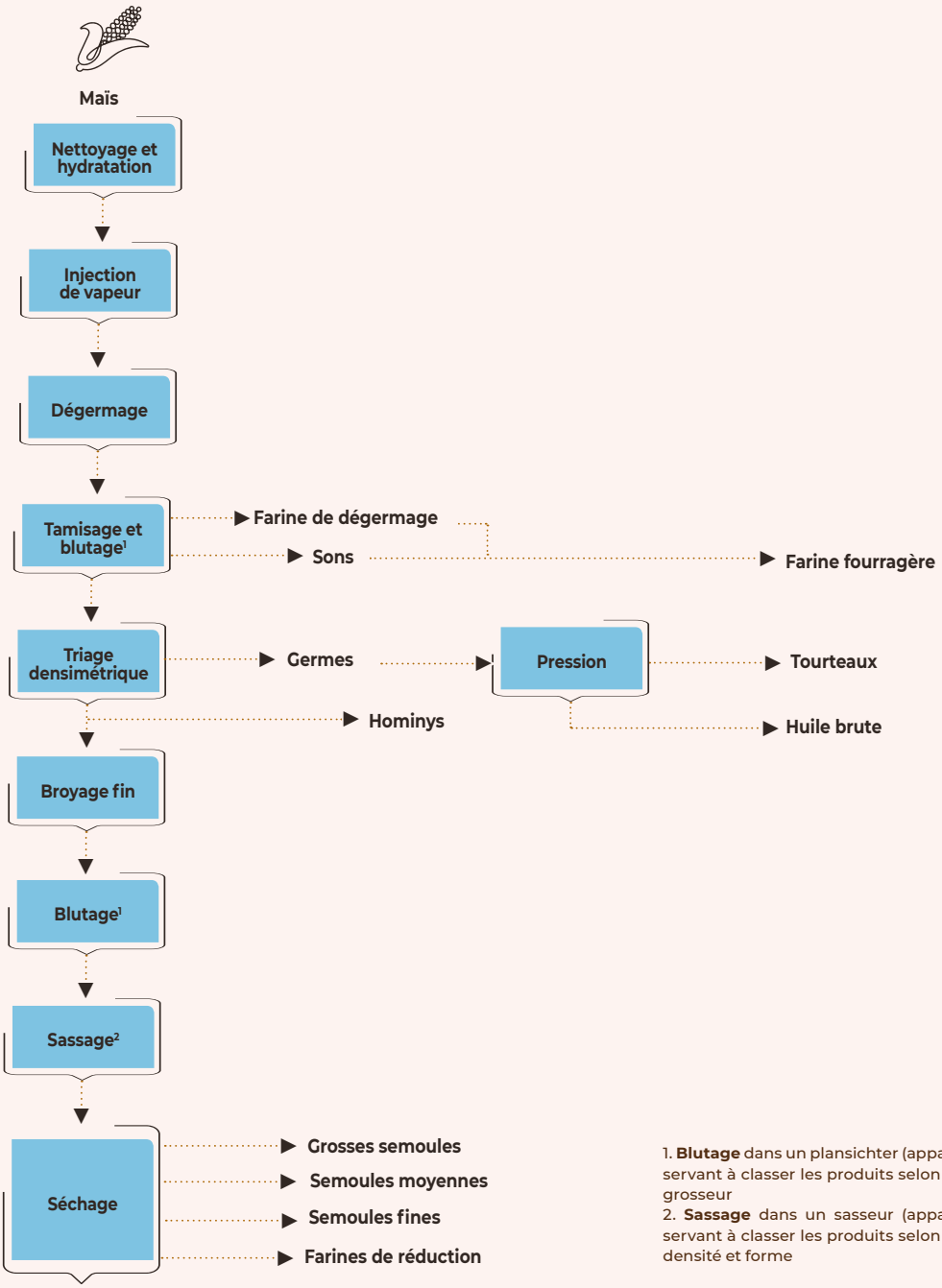
Depuis quelques années, le maïs mis en œuvre dans l'industrie de la semoulerie de maïs varie peu, de l'ordre de 300 000 t par an. Les volumes de coproduits générés restent assez stables, autour de 40 % du volume de maïs mis en œuvre, soit environ 120 000 t brutes.

Les coproduits de l'industrie de la semoulerie de maïs sont valorisés par les fabricants d'aliments pour animaux de rente et pour les aliments secs destinés aux animaux de compagnie.

Les coproduits de cette filière sont bien valorisés et sont considérés par les industriels comme des produits à part entière.

**Figure II.10. Process général de la semoulerie de maïs**

(d'après AGPM, 1994)




1. **Blutage** dans un plansichter (appareil) servant à classer les produits selon leur grosseur
2. **Sassage** dans un sasseur (appareil) servant à classer les produits selon leur densité et forme

# LA PRODUCTION D'HUILES VÉGÉTALES

L'industrie de la trituration produit des huiles et tourteaux par pressage des graines d'oléagineux (tournesol, colza, soja) puis, généralement, une extraction par un solvant (hexane) est réalisée. En 2019, l'industrie de la trituration a mis en œuvre 5,6 millions de tonnes de graines d'oléagineux dont (ONRB, 2020) :

- 3,9 millions de tonnes de graines de colza ;
- 1,1 million de tonnes de graines de tournesol ;
- 0,6 million de tonnes de graines de soja.

2,3 millions de tonnes d'huiles brutes et 2,1 millions de tonnes d'huiles raffinées ont été produites.

Les coproduits sont essentiellement des tourteaux issus du déshuilage des graines (cf. figure II.11).

Deux process prévalent pour l'extraction de l'huile des graines oléagineuses :

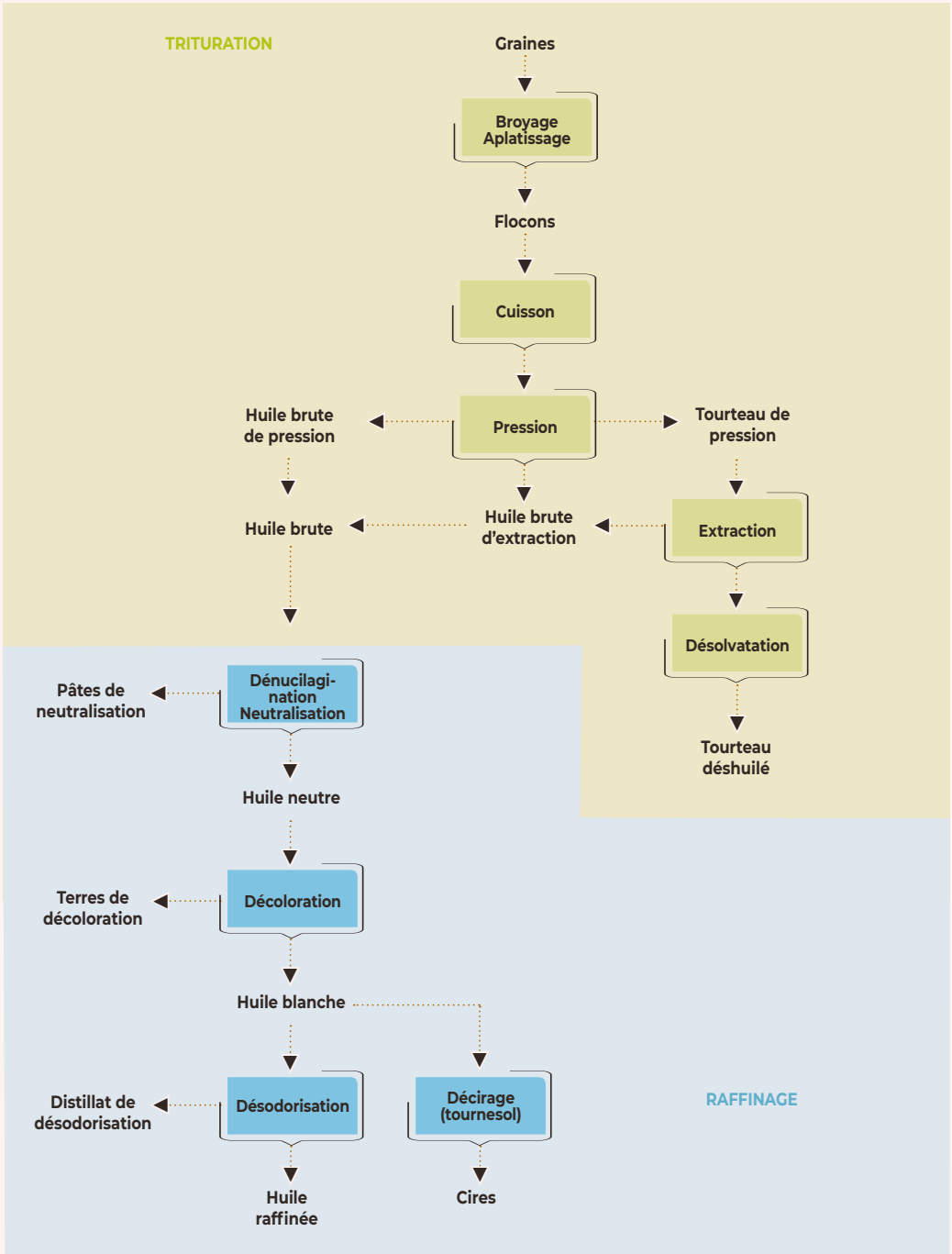
- **l'extraction par pression et solvant** : c'est la technique aujourd'hui la plus répandue, qui vise à maximiser la quantité d'huile extraite de la graine. Le tourteau obtenu contient peu de matières grasses, de 1 à 2 % d'huile résiduelle ;
- **l'extraction par pression à chaud** : le coproduit est alors un tourteau gras, contenant 7 à 10 % de matières grasses. Cette technologie a tendance à se développer actuellement en France avec le développement de la production de soja à destination de l'alimentation animale et des filières biologiques.

## Les tourteaux, principaux coproduits de la trituration

**Les tourteaux de colza** sont les coproduits de l'extraction de l'huile des graines de colza par pression puis par un solvant. Après désolvatation, les écailles de colza peuvent être granulées pour donner un tourteau contenant 1 à 2 % d'huile résiduelle et 10 à 12 % d'eau. Le tourteau de colza possède des facteurs antinutritionnels comme les glucosinolates, cependant les taux résiduels dans les tourteaux sont relativement bas et ne constituent plus un réel frein à leur incorporation. Les taux d'incorporation sont généralement limités à moins de 20 % dans les aliments pour volailles et porcs. Les deux tiers des volumes en tourteau de colza sont utilisés dans l'alimentation pour ruminants.

**Les tourteaux de tournesol** sont issus de la trituration des graines de tournesol. Le tourteau après séchage contient entre 10 et 12 % d'eau. Le tourteau représente environ 60 % du poids de la graine et sa composition protéique en fait une bonne matière première pour l'alimentation animale. Possédant un fort taux de fibres, le tourteau de tournesol est surtout utilisé dans l'alimentation des ruminants. Les tourteaux de tournesol décortiqué, à forte teneur en protéines, sont plus polyvalents et sont intéressants aussi pour les volailles.

**Figure II.11. Process général de l'extraction de l'huile**
(Terres Univia, 2015)



**Les tourteaux de soja** correspondent, après extraction de l'huile, à 80 % du poids des graines de soja. Ils contiennent jusqu'à 47 % de protéines riches en lysine et ont une bonne valeur énergétique. Ils constituent ainsi une matière première très complète pour les animaux. Le tourteau de soja peut être utilisé pour toutes les espèces. Le premier débouché est l'alimentation des volailles, car elles ont besoin de régimes très concentrés en protéines. Le second débouché est l'alimentation des vaches laitières, sa richesse en protéines en fait un bon complément des rations à base de maïs.

**D'autres coproduits** sont générés lors de la fabrication des huiles :

- les **pâtes de neutralisation** sont générées lors de la phase de neutralisation de l'huile. Cette phase permet d'enlever l'acidité, qui rend l'huile instable ;
- les **terres de décoloration** sont les coproduits issus de la phase de décoloration après la neutralisation. La décoloration permet d'éliminer les pigments de l'huile. Elles contiennent la terre décolorante (contenant les colorants), le charbon actif, pigments et matières grasses (environ 30 %) ;
- le **distillat de désodorisation** résulte de la désodorisation de l'huile, qui permet de rendre sa saveur et son odeur la plus neutre possible.

Les pâtes de neutralisation et terres de décoloration peuvent être valorisées en méthanisation. Le distillat de désodorisation est valorisé pour sa teneur en molécules d'intérêt (stérols, tocophérols, etc.) pour des applications alimentaires ou cosmétiques.

## Des tourteaux valorisés en alimentation animale

En 2019, environ 2,3 millions de tonnes brutes de tourteaux de colza ont été produites en France, 660 000 t brutes de tourteaux de tournesol et 480 000 t brutes de soja (cf. tableau II.5). À ce jour, l'alimentation animale est la voie majoritaire de valorisation. Les aliments composés pour animaux contiennent environ 25 % de tourteaux dont 11 % de tourteaux de soja, 8 % de tourteaux de colza et 6 % de tourteaux de tournesol (LCA Nouvelle-Aquitaine, 2020).

**Tableau II.5. Volumes de coproduits du secteur oléagineux**
(estimation d'après Résèda, 2017)

| Coproduits | Ratio de coproduits par rapport à la matière première mise en œuvre (%) | Volumes estimés 2019 (t brutes) |
|---|---|---|
| Tourteaux de colza | 60 | 2 340 000 |
| Tourteaux de tournesol | 60 | 660 000 |
| Tourteaux de soja | 80 | 480 000 |
| Total | - | 3 480 000 |

À court et moyen termes, la valorisation en alimentation animale devrait rester la voie de valorisation prédominante des tourteaux car elle est la seule capable d'exploiter les volumes importants en jeu. La filière oléagineuse est un atout pour l'élevage car elle fournit des sources de protéines concentrées nécessaires à l'alimentation animale. De plus, la valorisation des tourteaux fait partie de l'équilibre économique des entreprises produisant des huiles végétales. Certaines entreprises de trituration se concentrent d'ailleurs sur la production de tourteaux pour l'alimentation des animaux, les huiles deviennent ainsi le coproduit de la trituration. Cette production de tourteaux permet de limiter les importations de matières premières (par exemple, le soja) et apporte ainsi plusieurs avantages : sécurisation des approvisionnements, plus de transparence et absence d'OGM.

De nouveaux usages des tourteaux pourraient émerger avec l'extraction de protéines et permettre des voies de valorisation plus rémunératrices pour différents usages en alimentation humaine ou non alimentaires.

## Utilisation dans la fabrication de matériaux biosourcés

▶ L'entreprise **Evertree** a développé une solution adhésive à base de tourteaux d'oléo-protéagineux issus de la trituration des graines françaises de colza et de tournesol (Groupe Avril). Cette solution adhésive est intégrée dans la fabrication de panneaux de fibres moyenne densité, en substitution du formaldéhyde. Le formaldéhyde habituellement utilisé conduit à un relargage de COV (Composés Organiques Volatiles) dans l'air intérieur. Ce produit irrite les yeux, le nez et la gorge et est reconnu par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) comme cancérigène. Ainsi, la solution adhésive formulée à partir de protéines des tourteaux de colza et de tournesol, permet d'apporter une solution face à l'impact des panneaux de fibres sur les enjeux de la qualité de l'air et de la toxicité humaine.

## Valorisation en chimie verte

Les tourteaux oléagineux sont riches en protéines, en polysaccharides, en vitamines et en minéraux. Cette composition biochimique et leur structure physique en font des substrats de choix pour la culture des champignons filamenteux. Ils peuvent également transformer les composés phénoliques des tourteaux en molécules plateformes à partir desquelles il est possible de synthétiser d'autres molécules plus complexes.

▶ La start-up **OleoInnov** travaille à améliorer la valeur ajoutée des coproduits des filières agricoles par voie biotechnologique en produisant des molécules hautement valorisables. Elle propose notamment un biocatalyseur utilisé pour le blanchiment de jeans et la biorémédiation d'effluents colorés.

# LA TRANSFORMATION DES FRUITS ET LÉGUMES

Il existe deux filières distinctes pour les fruits et légumes : le frais et le transformé. La filière du transformé s'appuie sur des productions agricoles dédiées aux industries. Elle représente 35 % du total de la production nationale de légumes soit 1,9 million de tonnes et 20 % du total de la production nationale des fruits soit environ 0,5 million de tonnes (FAM, 2020).

En France, les principaux légumes transformés sont les haricots verts, les pois, les carottes, les pommes de terre, les tomates ; et pour les fruits, les pommes, les poires, les cerises et les pêches. Les modes de transformation sont la conserverie, la surgélation, la déshydratation, la 4e gamme (légumes ou fruits crus parés et découpés sous atmosphère contrôlée), la 5e gamme (légumes cuits avant ou après conditionnement) et la fabrication de jus et compotes, notamment à partir de pommes.

## Des coproduits en proportion importante

Les coproduits issus de la transformation des fruits et légumes sont les suivants :

- **les écarts de tri** correspondent aux fruits et légumes dont l'aspect ou le calibre ne satisfont pas les normes de commercialisation ;
- **les résidus de parage et de découpe** ;
- **les déchets de transformation** n'entrant pas dans le produit final (peaux, pulpes, parties abîmées, éléments non consommables, etc.). Leur composition est très variable et dépend du procédé de fabrication.

Cette filière est caractérisée par un grand nombre de produits et de modes de transformation. De plus, les volumes sont variables selon les années et peu prévisibles. Il est donc difficile d'avoir une approche globale des volumes.

On peut donner ici l'exemple des haricots verts et pois, pour lesquels une étude réalisée par le Cabinet Gressard, en partenariat avec l'INRAE (Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement), a estimé les ratios de coproduits à 18 % du volume mis en œuvre dans la filière haricots verts et 13 % dans la filière pois (FranceAgriMer, Interfel, UNILET, & ANICC, 2015).

Ainsi, le volume de coproduits dans ces filières peut être relativement important par rapport aux fruits ou légumes mis en œuvre. En effet, il comprend toutes les parties non consommables par l'homme comme les tiges et les feuilles mais contient également des corps étrangers (terre, cailloux, etc.), auquel il faut ajouter les écarts de tri et résidus de parage et de découpe.

## Des coproduits humides valorisés à proximité

Les coproduits sont nombreux et de natures diverses (plus ou moins humides, plus ou moins riches en fibres, etc.). Leur valorisation est peu organisée, et se fait souvent au cas par cas. Ces coproduits peuvent être cédés à des prix souvent faibles, voire gratuitement. Leur coût de transport étant limitant, leur valorisation se fait préférentiellement de manière locale.

Ainsi, les coproduits issus de la transformation des fruits et légumes sont valorisés majoritairement en alimentation animale, directement en élevage. Ces coproduits peuvent également faire l'objet de dons à des associations d'aide alimentaire, être utilisés pour des élevages d'insectes, être épandus, compostés, ou méthanisés.

## Valoriser les écarts de tri de légumes frais dans l'industrie du transformé

▶ La branche légumes et fruits frais d'**Agrial** a mis en place différentes initiatives pour limiter le gaspillage des tonnages collectés. Les légumes qui correspondent aux cahiers des charges de la distribution approvisionnent le marché du frais, les autres sont transformés par l'industrie agroalimentaire.
Ainsi, les légumes présentant des traces de chocs mécaniques, une coloration au collet ou tout autre défaut superficiel sont écartés lors des opérations de tri. Entre 15 et 20 % des tonnages réceptionnés sont ainsi vendus à des industriels agroalimentaires pour la production de soupes, purées, carottes râpées et arômes ; des transformations pour lesquelles l'aspect visuel du légume n'influe pas sur les caractéristiques organoleptiques ou sanitaires des aliments. C'est avec la carotte que **Primeurs de France** a, en premier, mis en place un circuit alternatif pour les légumes présentant seulement des défauts visuels. Un circuit qu'empruntent aussi poireaux, asperges, choux et céleris « hors standard ».

## L'extraction de molécules d'intérêt, une voie de valorisation à haute valeur ajoutée encore peu développée

La plupart des végétaux contiennent des molécules de la famille des polyphénols ayant un fort intérêt industriel. Ces polyphénols sont connus pour leurs propriétés antioxydantes préservant les cellules de la dégradation. Ils sont utilisés par les industries pharmaceutique, parapharmaceutique, alimentaire et cosmétique, généralement sous leurs formes synthétiques.
Des études ont été menées afin d'envisager l'extraction de ces antioxydants à partir de coproduits, tels que les pelures de pomme de terre, permettant ainsi l'approvisionnement des industries en antioxydants d'origine naturelle.

▶ Une partie des écarts de tri de la coopérative **Végafruits** est valorisée en alcools de bouche. Par exemple, les écarts de mirabelles entrent dans la composition de l'eau-de-vie de mirabelle de Lorraine, qui bénéficie d'une Appellation d'Origine Réglementée depuis 1953 et d'une AOC depuis 2015, et de la liqueur de mirabelle. Végafruits oriente les parts non comestibles, comme les feuilles et les tiges, vers une plateforme de compostage.

## Des noyaux de fruits aux valorisations multiples

▶ Dans la Vallée du Rhône, l'entreprise **Biogranulats** collecte des noyaux de pêches et d'abricots auprès d'industries agroalimentaires locales. Les noyaux sont lavés, séchés, concassés et polis pour obtenir un granulat qui peut être utilisé en gravier d'ornement ou en paillage. Ce gravier végétal représente une alternative intéressante au gravier minéral puisqu'il est plus facile à installer, résiste aux intempéries et conserve une température constante.

D'autres entreprises utilisent ces noyaux de fruits en combustibles ou produisent de l'huile par trituration.

Les noyaux et coques de noix sont reconnus pour leurs propriétés abrasives. Ainsi, les noyaux d'abricots sont souvent utilisés, finement broyés, comme exfoliant dans la formulation de produits cosmétiques. Outre cette utilisation *BtoC*, les noyaux et coques broyés peuvent être utilisés comme abrasifs industriels. Projetés à haute pression, ils peuvent servir à nettoyer ou polir des revêtements, des machines, décaper des surfaces, éliminer des peintures ou graffitis pour le nettoyage de bâtiments ou encore nettoyer des moteurs.

▶ L'entreprise **BioPowder** s'est spécialisée dans ce domaine et propose des poudres de noyaux d'olives, de coques de pistache, de noyaux de pêches, de noyaux d'abricots, etc.

# L'INDUSTRIE CIDRICOLE

La filière cidricole réunit plus de 500 cidriers élaborant 125 000 t de cidre, dont 59 % en Bretagne, 24 % en Normandie et 16 % en Pays de la Loire.

La production de pommes à cidre concourt également à la fabrication de jus de pomme (60 000 t) et d'eaux-de-vie de cidre dont le calvados (40 000 t) (FNAM –ONRB, 2020).

## Le marc de pomme, principal coproduit

Le processus de fabrication du cidre détaillé figure II.12 permet d'obtenir entre 700 et 800 litres de cidre à partir de 1 tonne de pommes.

Le calvados, quant à lui, est obtenu par distillation du cidre dans un alambic. Un litre de calvados s'obtient à partir de 14 litres de cidre à 5 % d'alcool.

La production de cidre et de calvados génère trois types de coproduits :

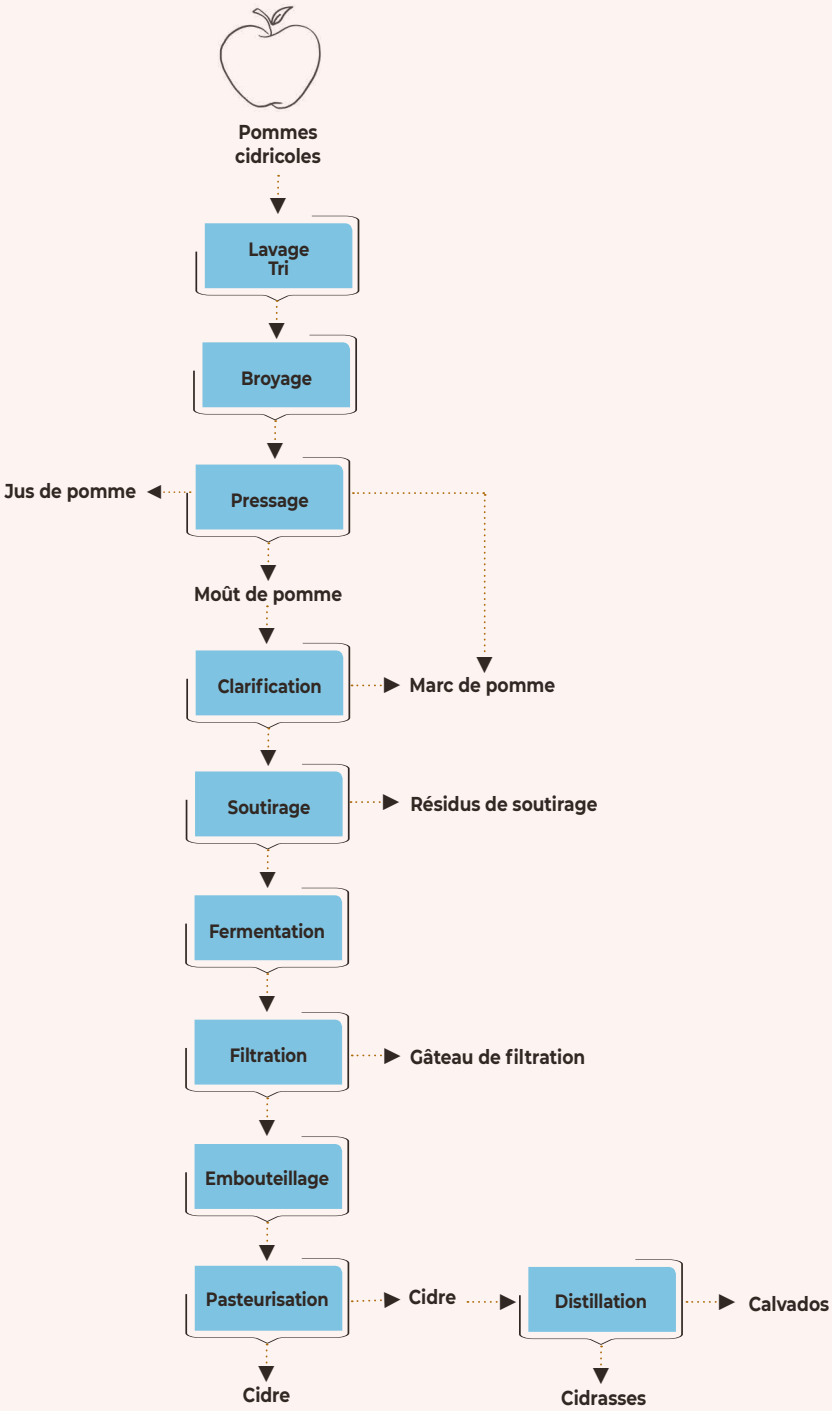
- **le marc de pomme** est constitué des pommes pressées et broyées dont le jus a été extrait. Il représente 30 % du poids initial des pommes. Il peut contenir entre 15 et 20 % de jus. Le marc de pomme est ainsi le principal coproduit généré ; il représente 85 % des coproduits cidricoles. Il peut être valorisé en alimentation animale, compostage ou encore méthanisation. Cette dernière représente la principale voie de valorisation. Elle est le plus souvent réalisée sur place par l'exploitant ou l'entreprise elle-même (Réséda, 2020) ;
- **les cidrasses** sont un coproduit liquide issu de la distillation du cidre, qui ne contient ni arôme ni alcool. Les cidrasses peuvent être épandues en suivant un plan d'épandage. Elles ne présentent pas d'apport significatif pour le sol mais cette pratique permet aux exploitants de les éliminer ;
- **les résidus de soutirage** correspondent aux fonds de cuve. Ils représentent entre 10 et 15 % du volume d'une cuve, et sont épandus, comme les cidrasses.

## Une valorisation dépendant du mode de production du cidre

Deux modes de production coexistent dans la filière cidricole. Le premier est artisanal avec de faibles productions de l'ordre de quelques milliers de bouteilles par exploitation. Le second mode est industriel avec la production de dizaines de millions de bouteilles par site.

Les tailles et conditions de production des produits cidricoles déterminent le type de valorisation et laissent donc peu de marge de manœuvre dans la voie choisie. En Normandie, par exemple, les petits producteurs de cidre sont généralement des exploitants agricoles. Ils peuvent donc valoriser eux-mêmes leur marc de pomme en alimentation animale ou en épandage pour les exploitations ne disposant pas d'élevage.

**Figure II.12. Process général de la cidrerie**



Les producteurs industriels génèrent d'importants volumes de marc de pomme. Une fois le jus totalement éliminé, le marc est séché et vendu à des pectineries. En effet, les variétés de pommes à cidre font partie des plus riches en pectine. Les résidus de soutirage contiennent un élément gélatineux appelé « chapeau de défécation » riche en pectine : ils sont également destinés à la valorisation en pectinerie.

## Une pectinerie en Bretagne pour valoriser le marc de pomme et la pulpe de citron

La pectine est un sucre complexe présent en grande quantité dans le marc de pomme et la pulpe de citron et qui est apprécié pour ses propriétés gélifiantes.

▶ Basée en Bretagne, la seule et unique pectinerie française appartient à Cargill et produit plusieurs milliers de tonnes de pectine chaque année. Une fois formulée, la pectine est vendue à des groupes de l'agro-alimentaire comme texturant, pour donner de la tenue aux mousses, confitures, laitages allégés, génoises, bonbons, et autres desserts et boissons.
Dans un souci de réduction de son empreinte environnementale et de valorisation de ses coproduits, la **pectinerie de Bretagne** possède une unité de production de biométhane alimentée par ses coproduits des pectines de pomme et de citron, associée à une unité de traitement des digestats qui sont épandus comme fertilisants dans les champs.

## Utilisation du marc de pomme pour la formulation de produits cosmétiques

Quelques entreprises explorent de nouvelles valorisations pour les molécules présentes dans le marc de pomme.

▶ **Pomone Paris** fabrique des cosmétiques contenant des polyphénols, de la quercétine ou encore de l'huile de pépins extraits de la pomme pour lutter contre les mécanismes de vieillissement de la peau.

▶ La coopérative **Agrial** a développé, avec IP Brokers, un produit cosmétique à partir de coproduits de la pomme et du cidre. Il s'agit d'un savon saponifié à froid enrichi à l'huile de pépin de pomme, et tourteau de pépin de pomme servant d'agent exfoliant. Ce produit répond à des attentes sociétales de plus en plus marquées de produits cosmétiques biosourcés. Suite à cette initiative, la coopérative a pu mettre en place un projet collaboratif avec des partenariats complémentaires : IP Brokers (choix des extraits végétaux, formulation et production des produits cosmétiques, veille et stratégie de valorisation), Laboratoire Cobra (développement de méthodes d'extraction et optimisation, identification des molécules d'intérêt et proposition de nouvelles applications) et Laboratoire Urcom (analyse des matières premières sur le plan réglementaire, évaluation des propriétés physicochimiques et fonctionnelles, définition des allégations possibles). L'objectif est de développer une gamme, de produits cosmétiques à base d'extraits issus de coproduits végétaux de la coopérative.

# LA MALTERIE

La malterie consiste à faire germer et sécher de l'orge par le procédé dit de maltage. Ceci aboutit à la formation du malt qui sera ensuite utilisé par les brasseurs à 93 % (cf. fiche brasserie, p. 98), il est aussi utilisé pour la production de whisky (environ 6 %) et pour d'autres applications alimentaires.

La France produit plus de 3,5 millions de tonnes d'orge de brasserie par an, dont plus de la moitié est exportée. En 2019, la malterie française a transformé 1,8 million de tonnes d'orge brassicole[8] en 1,45 million de tonnes de malt[9] dans 14 unités de production sur le territoire français (Agreste, 2020). La France exporte 80 % de sa production de malt soit environ 1,2 million de tonnes par an. Les 20 % restants sont utilisés dans les brasseries françaises.

8. Ce volume comporte également environ 5 % de blé.
9. Ce volume comporte également environ 5 % de malt de blé.

## Un faible volume de trois catégories de coproduits

Les coproduits de la filière malterie (cf. figure II.13) représentent 5 % du volume d'orge de brasserie mis en œuvre, soit environ 90 000 t par an.

**Les radicelles (ou touraillons)** apparaissent sur les grains d'orge lors de la phase de germination. Elles sont séparées du malt lors de la phase de dégermage.

**Les particules d'enveloppes (ou granules de malterie)** correspondent à des issues d'orge ou du malt d'orge.

**Les orgettes** issues du nettoyage de l'orge correspondent aux grains de calibres inférieurs (< 2,5 mm) non utilisés dans le processus de fabrication du malt. Elles sont constituées à 86 % de matière sèche.

**Tableau II.6.**
**Répartition des coproduits de la malterie** (estimation d'après Réséda, 2017)

| Coproduits | Répartition (%) |
|---|---|
| Radicelles | 65 |
| Particules d'enveloppes | 26 |
| Orgettes | 9 |

## L'alimentation animale en direct ou par les fabricants d'aliments : débouché majoritaire

La valorisation des coproduits de la malterie (orgettes, radicelles et particules d'enveloppes) se fait très majoritairement auprès des industries de la nutrition animale.

Les radicelles ont un intérêt en alimentation animale pour leur qualité protéique, leur équilibre protéine-cellulose-amidon, ainsi que leur appétence qui permet d'augmenter l'ingestion d'autres aliments.

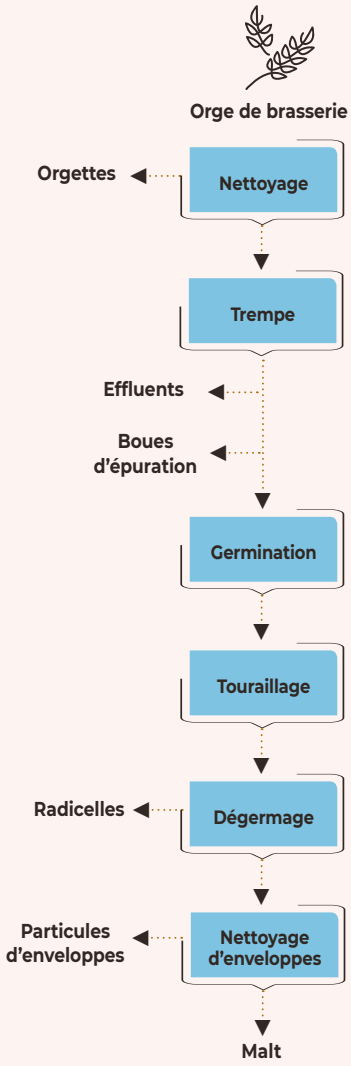
La panification et la pharmacie utilisent également des radicelles : ces voies de valorisation représentent environ 5 % du volume de coproduits.

## Les orgettes pour produire de l'énergie

La transformation de l'orge en malt est une activité énergivore car elle demande une phase importante de séchage de l'orge trempé et germé, appelée touraillage.

▶ Le site **Boortmalt** d'Issoudun dans l'Indre produit 160 000 t de malt par an. Le séchage du malt vert était une étape réalisée grâce à du gaz (chaufferie gaz de 18 MW et cogénération gaz de 4 MWe). En 2013, la malterie s'est dotée d'une chaudière biomasse de 4 MW, qui couvre 25 % des besoins thermiques du site. L'installation permet de valoriser chaque année 5 000 t de coproduits issus du process de malterie pour produire une eau chaude entre 70 et 105 °C.

**Figure II.13. Process général de la malterie** (Réséda, 2017)



# LA BRASSERIE

La bière est obtenue par fermentation d'un moût préparé à partir du malt de céréales, de houblon, d'eau et de levure. En 2017, en France, ce sont 21,5 millions de litres de bière qui ont été produits grâce à un renouvellement de l'offre, tant des acteurs historiques du secteur que des brasseurs de création récente.

Avec environ 300 créations de brasseries par an, la France compte aujourd'hui 2 000 brasseries. Le marché est toujours dynamisé par le mouvement des bières artisanales (Brasseurs de France, 2020).

## Les drêches, principal coproduit de la brasserie

Les **drêches** constituent le principal coproduit de brasserie (cf. figure II.14). Elles correspondent aux enveloppes du grain d'orge ou d'autres céréales. Les drêches de brasserie se présentent sous 2 formes, qui vont orienter leur utilisation ultérieure :

- **sous forme humide**, les drêches contiennent 80 % d'eau et ne se conservent pas en l'état. Elles doivent être utilisées dans les 7 jours qui suivent leur fabrication ou être conservées sous forme d'ensilage. L'ensilage est un bon moyen de conserver des drêches fraîches sur une longue période, qui ne modifie pas leur valeur nutritionnelle ;
- **sous forme déshydratée**, elles peuvent être agglomérées en granulés et conservées en l'état.

Les drêches de brasserie sont un coproduit très variable dont la composition et la valeur nutritionnelle dépendent de la céréale utilisée, du procédé industriel (température, procédé de fermentation, etc.) et du mode de conservation. Elles sont majoritairement valorisées en alimentation animale (cf. figure II.15), dans l'alimentation des ruminants et des monogastriques : en effet, elles sont appétentes, et possèdent des teneurs en protéines et en fibres intéressantes (IDELE).

Les entreprises de taille importante valorisent majoritairement leurs coproduits dans les industries de la nutrition animale. Les entreprises de taille plus modeste cèdent le plus souvent leurs drêches à des éleveurs à proximité des sites de production.

La déshydratation, malgré son coût énergétique élevé, facilite la distribution des drêches de brasserie au-delà de leur zone de production, car les drêches séchées sont moins volumineuses et moins coûteuses à transporter. Elles sont le plus souvent valorisées par les industriels de la nutrition animale.

**Figure II.14. Process général de brasserie**
(d'après Réséda, 2017)

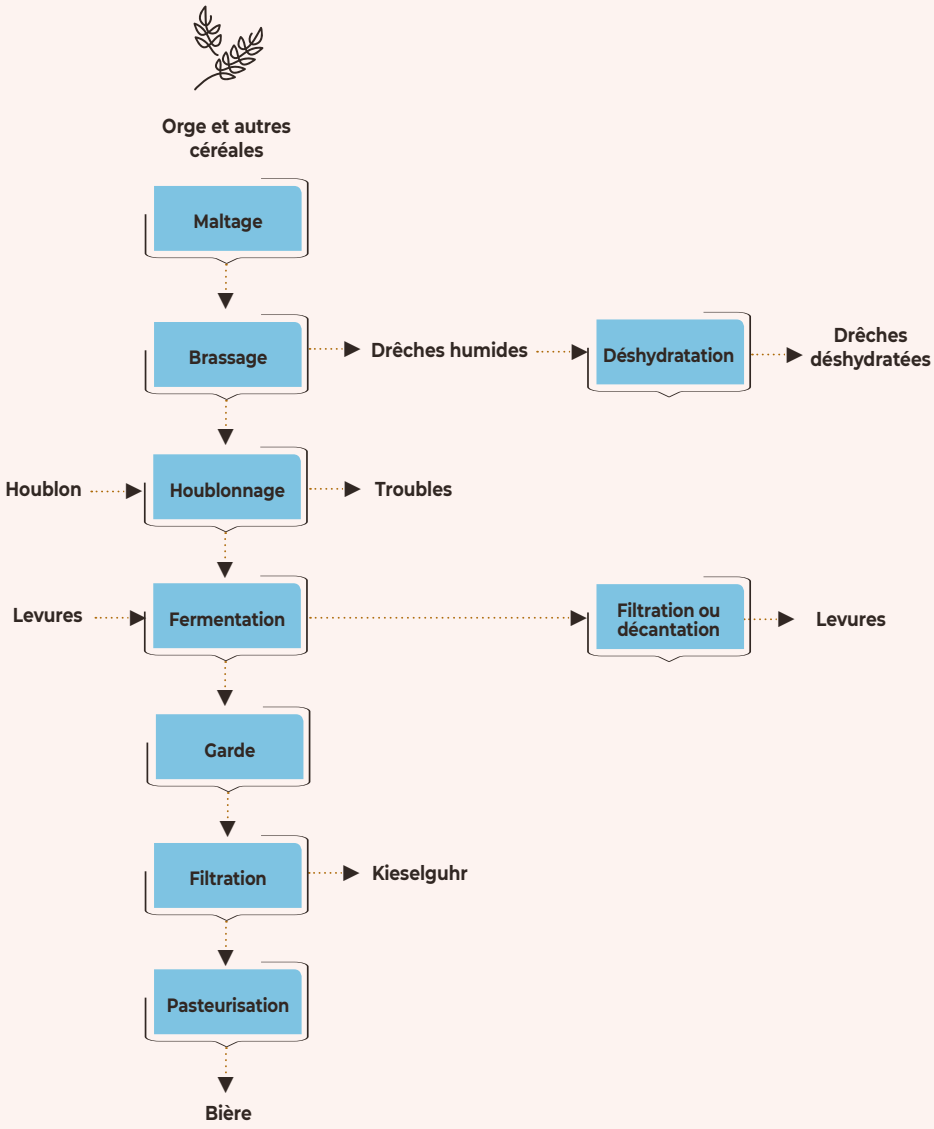
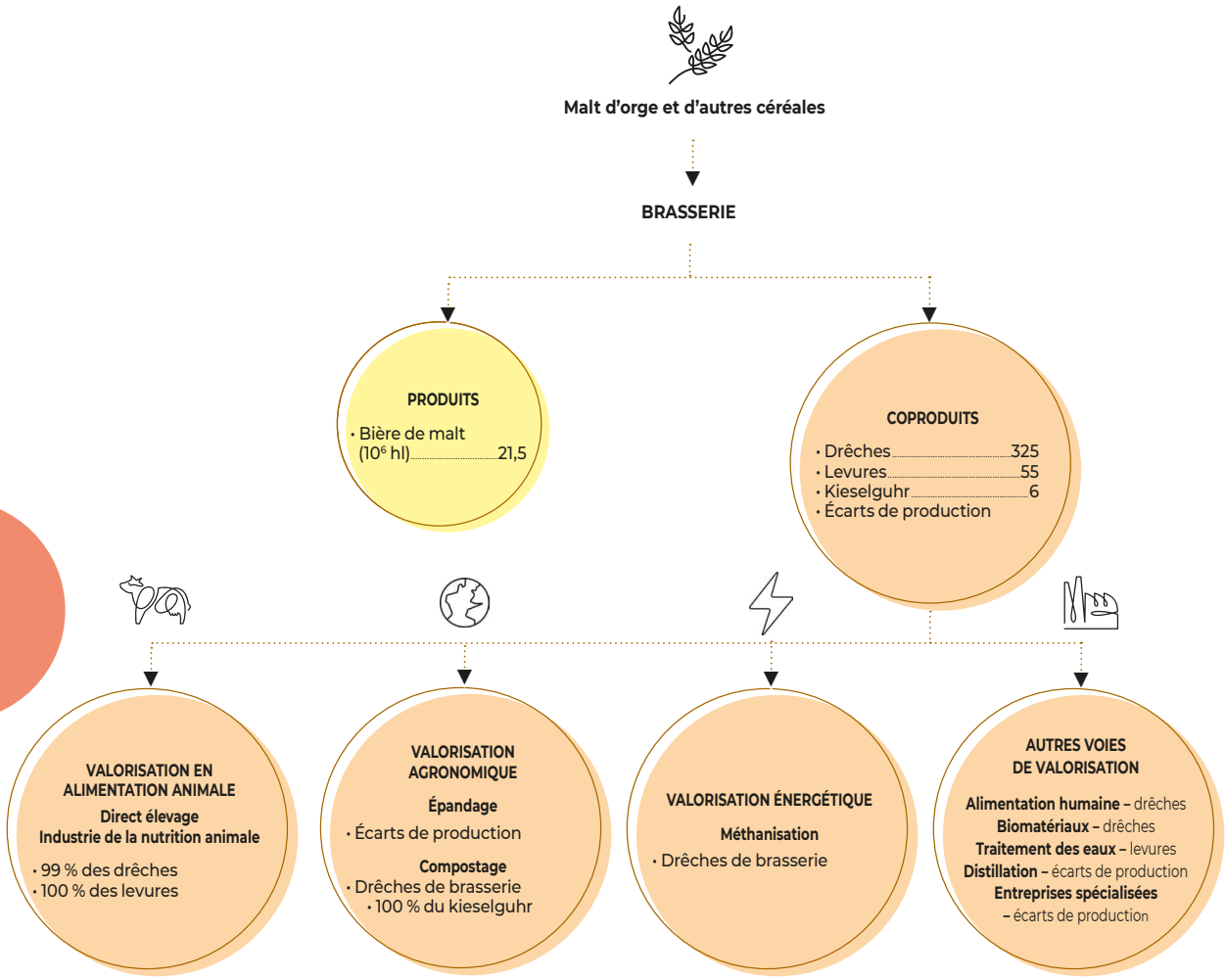


**Figure II.15. Schéma simplifié des voies de valorisation des coproduits de brasserie**

(Réséda, 2017 et Brasseurs de France, 2019)




*Unité : 1 000 t brutes.*

## Les autres coproduits de la brasserie : Levures & Kieselguhr

Les **levures** de brasserie utilisées lors de la fermentation du moût sont récupérées par filtration ou décantation. De l'ordre de 55 000 t brutes en 2019, elles peuvent être valorisées par les industriels de la nutrition animale, sous forme désactivée (« morte ») comme matière première ou sous forme active comme additifs. Les levures de brasserie sous forme activée sont aussi parfois valorisées en alimentation humaine ou encore être traitées dans les stations de traitement des eaux.

Coproduit minoritaire en brasserie, le **kieselguhr** est une variété de roche siliceuse d'origine organique tendre et poreuse, utilisée en brasserie comme support de filtration. Le kieselguhr est valorisé en compostage.

**Tableau II.7. Volume de coproduits du secteur de la brasserie**
(estimation d'après Réséda, 2017)

| Coproduits | % MS | Volumes estimés 2019 (t brutes) | Répartition (%) |
|---|---|---|---|
| Drêches de brasserie | 20 – 25 | 325 000 | 83 |
| Levures | 10 | 55 000 | 14 |
| Kieselguhr | - | 6 000 | 2 |
| Écarts de production (en hl) | - | 6 700 | 2 |
| | | 392 700 | 100 |

## Des innovations poussées par le développement des brasseries

Le secteur de la brasserie est en plein développement. Le nombre de brasseries ne cesse d'augmenter, de 13 dans les années 1990 à plus de 2 000 aujourd'hui. Ce fort développement mène à une augmentation du volume de coproduits et à leur dispersion sur tout le territoire.

▶ Depuis fin 2020, installée dans les Landes, **Waste Me Up** propose aux brasseurs un service de collecte de drêches adapté à leur planning de brassage, pour éviter le départ en fermentation des drêches fraîches, qui sortent à 80 % d'humidité et à environ 80 °C. Une fois collectées, ces drêches sont stabilisées. Ensuite, d'autres étapes de transformation sont mises en œuvre afin d'obtenir des fractions concentrées en molécules d'intérêts (protéines et fibres) et ainsi proposer une gamme d'ingrédients adaptés à différents marchés : agroalimentaire, biomatériaux et cosmétique.
Dans le domaine alimentaire, Waste Me Up commercialise une gamme de produits d'alimentation humaine salés aux drêches de brasserie de type gâteaux apéritifs, ainsi que des ingrédients alimentaires contenant des drêches. L'entreprise propose également une gamme d'objets (injectés ou thermoformés) contenant des drêches destinées à des secteurs comme ceux de la vaisselle jetable.

▶ Une autre entreprise, **Ramen tes drêches**, commercialise des nouilles et de la farine issues de drêches coproduites lors du brassage de bières biologiques. Il existe d'autres initiatives de valorisation de drêches par l'incorporation dans des produits destinés à l'alimentation humaine (pains, biscuits, barres de céréales, etc.) ; pour autant, cette ressource apparaît encore sous-exploitée.

# LA PRODUCTION DE SUCRE DE BETTERAVES

Sur la campagne 2018-2019, ce sont 38 millions de tonnes de betteraves sucrières qui ont été récoltées (exprimé en tonnes de betteraves à 16 % de sucre). Essentiellement situées dans le nord et le nord-est de la France, 25 usines ont produit 5,1 millions de tonnes de sucre de betteraves (ONRB, 2020).

Ce sucre est destiné à l'alimentation humaine, directement ou indirectement (utilisation dans les boissons, produits laitiers, biscuits, chocolats, petits déjeuners, etc.) ou à d'autres usages alimentaires ou non alimentaires (levures, chimie, pharmacie, et bioéthanol).

Le procédé d'extraction du sucre de betterave, détaillé figure II.16 (p. 105), génère des pulpes de betteraves, des mélasses, des sirops de basse pureté et des feuilles et radicelles. Les voies de valorisation des coproduits sont présentées en figure II.17 (p. 106).

## Les pulpes de betteraves, un classique en alimentation animale

La **pulpe de betterave** résulte de l'extraction par diffusion du sucre contenu dans les cossettes de betteraves à sucre. Ces cossettes, une fois « épuisées », correspondent principalement aux fibres constitutives de la betterave. La pulpe peut se présenter sous forme humide, surpressée ou encore déshydratée :

- la **pulpe humide** contient environ 10 % de matière sèche. Cette forme représente une quantité marginale. Du fait de sa forte humidité, l'utilisation reste locale. Lorsqu'elle est valorisée en alimentation animale, elle est conservée par ensilage et distribuée aux animaux de rente en hiver essentiellement pour les bovins ;
- la **pulpe surpressée** contient 20 à 30 % de matière sèche. Une partie de l'eau a été extraite par pressage à l'usine. Cette pulpe est une excellente matière première pour les ruminants du fait de sa richesse en énergie, de sa bonne conservation par ensilage et de son appétence. La valorisation reste locale compte tenu de sa teneur en eau. La conservation de cette pulpe est assurée par ensilage à la ferme ;
- la **pulpe déshydratée** est un produit dont l'essentiel de l'eau est éliminé jusqu'à obtenir près de 90 % de matière sèche. Elle se présente souvent sous forme de pellet. Ce traitement permet la conservation du produit sur de longues périodes et le transport sur de grandes distances. Ce produit possède une très bonne valeur nutritive et est très appétent pour les animaux.

En 2019, 1,9 million de tonnes de pulpes humides ont été produites ; environ 70 % des pulpes ont été déshydratées. Les volumes, exprimés en tonnes de matière sèche, se répartissent donc comme suit :

- 6 000 t de pulpes humides ;
- 640 000 t de pulpes surpressées ;
- 1 293 000 t de pulpes déshydratées.

L'alimentation animale est la voie de valorisation de la quasi-totalité des pulpes de betteraves. D'une bonne digestibilité, riche en énergie, contenant environ 10 % de matières azotées et 7 % de minéraux, les pulpes conviennent pour l'alimentation des animaux de rente et plus particulièrement des ruminants.

Alors que l'Union européenne est fortement dépendante des importations de protéines végétales OGM destinées à l'alimentation animale, la production de pulpes de betterave non-OGM permet de limiter cette dépendance.

**Tableau II.8. Volumes de coproduits issus de la sucrerie**
(ONRB, 2020)

| Coproduits (unité : 1 000 t brutes) | Volumes totaux 2019 | Alimentation animale | Fermentation | Fertilisation | Biochimie | Distillation |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Feuilles et radicelles | 776 | 776 | | | | |
| Pulpes de betteraves* | 1 939 | 1 939 | | | | |
| Écumes | 1 164 | | | 1 164 | | |
| Mélasse | 1 474 | 590 | 368 | | 221 | 295 |

** Pulpes de betteraves exprimées en 1 000 tMS.*

## Les autres coproduits de la sucrerie trouvent de multiples usages

**La mélasse** est le résidu sirupeux recueilli après cristallisation de la liqueur sucrée formée durant le procédé d'extraction du sucre. À noter que, communément, la cristallisation est réalisée en trois étapes appelées « jets », la mélasse étant issue du troisième jet. Elle est utilisée en alimentation animale pour son appétence et son pouvoir liant. Elle peut aussi être employée pour favoriser l'ingestion d'aliments peu appétents.

Elle sert aussi à la production de levures et comme matière première pour les industries de la boulangerie, de la chimie, à la production de glutamate, d'acide citrique, d'acides aminés, de levures de panification et de vitamines. Ces usages ne sont pas suffisants pour absorber tous les volumes de mélasse qui restent en grande partie utilisés en distillerie pour la production d'alcool et de bioéthanol.

**Les sirops de basse pureté** sont les produits issus de la deuxième étape de cristallisation (deuxième jet). Ces coproduits contiennent environ 50 % de sucre extractible et 50 % de sucre non extractible principalement distillés pour la production d'alcools et de bioéthanol. En vertu de la Directive européenne pour la promotion des énergies renouvelables [directive (UE)2018/2001], le bioéthanol produit à partir de « résidus de transformation » que sont par exemple la mélasse et les sirops issus du deuxième jet de process sucrier dit « EP2 », permet de réduire encore plus les émissions de gaz à effet de serre que le

bioéthanol produit à partir de betterave ou céréales.

**Les feuilles et radicelles,** appelées « verts de betteraves », sont issues du lavage des betteraves. Ils sont broyés et incorporés aux pulpes.

**Les écumes** proviennent de la purification du jus sucré avec de la chaux vive (CaO) et du dioxyde de carbone ($CO_2$). Elles sont principalement composées de carbonate de calcium précipité ainsi que d'éléments minéraux et de matières organiques issus de la betterave sucrière.

**L'eau** : la betterave contient environ 75 % d'eau, ce qui fait de l'eau un enjeu important en terme de valorisation pour les sucreries. Au fil du temps, les sucreries ont appris à utiliser cette eau apportée par les betteraves en la stockant dans des bassins de stockage dédiés et en la recyclant dans le procédé sucrier. Cela leur a permis de réduire à zéro le prélèvement d'eau dans le milieu naturel. Ainsi, les eaux propres, issues de l'évaporation puis de la condensation, sont majoritairement recyclées dans le procédé, tandis que les eaux de lavage des betteraves terreuses sont orientées vers les parcelles des agriculteurs proches des sucreries, en tant qu'amendement organique ou apport hydrique, sur de la luzerne notamment.

## Pour l'équilibre économique de la filière, les acteurs sont à la recherche de nouveaux débouchés à forte valeur ajoutée

La fin des quotas sucriers intervenue en octobre 2017 a conduit à une chute de l'ordre de 50 % des prix du sucre dans l'Union européenne. Ainsi, la diversification des débouchés est un enjeu majeur pour les sucriers et amidonniers français et européens afin de rester compétitifs face aux producteurs internationaux comme les États-Unis et le Brésil.

Dans ce contexte, la valorisation des coproduits est un enjeu majeur pour la filière sucrière. La production de pulpes de betterave valorisées en alimentation animale ainsi que tous les autres coproduits fait partie intégrante de l'équilibre économique des sucreries dans une logique d'économie circulaire où toute la betterave est valorisée.

## Le développement des biocarburants

Dans les années 2000, l'Union européenne s'est engagée dans la promotion des énergies renouvelables avec trois objectifs : réduire sa dépendance énergétique, réduire ses émissions de gaz à effet de serre (GES) et soutenir l'agriculture. Depuis lors, les énergies renouvelables dont le bioéthanol se développent dans l'Union européenne et particulièrement en France qui a un grand potentiel.

L'adoption du Pacte Vert Européen vise la neutralité carbone en 2050 et une réduction de 55 % du total des émissions d'ici 2030 par rapport à 1990.

**Figure II.16. Process général de sucrerie**
(d'après Cristal Union, 2021)

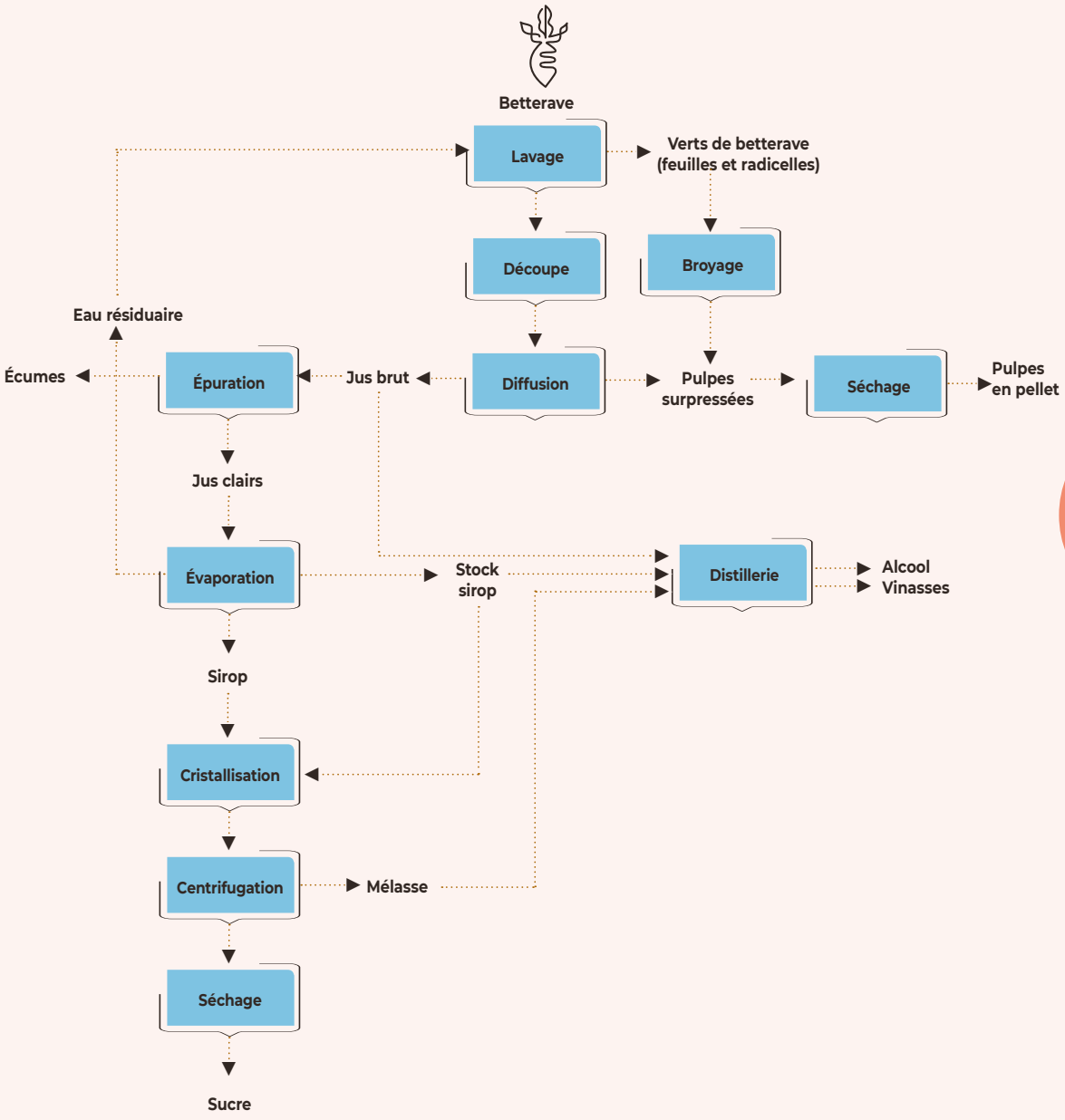
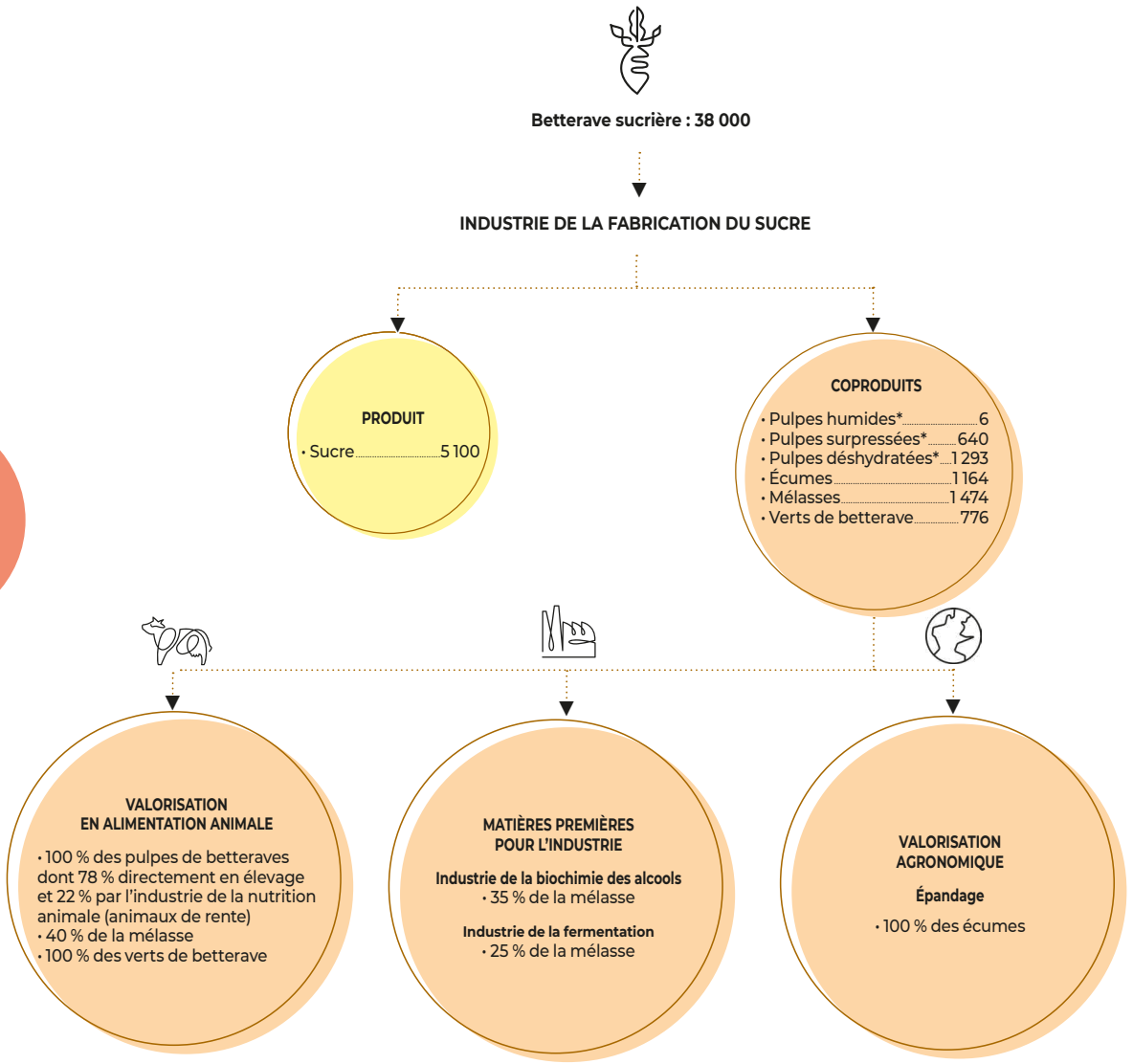


**Figure II.17. Schéma des voies de valorisation des coproduits du secteur sucre de betteraves** (Réséda, 2017 et ONRB, 2020)




*Unité : 1 000 t brutes*

** Sauf pour les pulpes de betteraves (humides, surpressées et déshydratées) en 1 000 tMS.*

Décarboner le transport est devenu une urgence française et européenne pour atteindre ces objectifs, sachant que le transport représente environ un quart (30 % pour la France) du total des émissions de GES et que ce secteur est le seul dans lequel les émissions continuent de croître. En outre, selon les prévisions de la Commission (SWD (2020) 331 final), le parc de véhicules en circulation en 2030 sera majoritairement (environ 90 %) composé de véhicules thermiques. Des biocarburants liquides et durables seront donc nécessaires pour décarboner cette flotte.

En France, le développement des biocarburants constitue un axe important de la transition écologique en contribuant à répondre à l'obligation communautaire d'atteindre un minimum de 14 % d'énergies renouvelables dans les transports en 2030. Le Gouvernement a mis en place un dispositif fiscal visant à encourager l'incorporation de bioéthanol dans l'essence. La part de l'incorporation du bioéthanol dans l'essence augmente régulièrement (de 7 % en 2016 à 8,6 % en 2021 et 9,2 % en 2022).

## La valorisation énergétique envisageable pour certains coproduits

La valorisation énergétique des pulpes est envisageable pour la production de biogaz par méthanisation. Ce nouveau débouché pourrait capter une part importante du volume des pulpes surpressées de betterave pour produire plus de 600 $m^3$ de biogaz par tonne de matière brute.

La mélasse est fermentée pour produire de l'alcool (vin de betterave de 10° ou 11°). Celui-ci est distillé pour produire, d'une part, de l'alcool et, d'autre part, un vin sans alcool appelé « la vinasse ». La vinasse peut aussi être utilisée en méthanisation.

▶ La sucrerie **Tereos d'Artenay** a ouvert une unité de méthanisation en 2014 pour traiter la totalité des vinasses du site, soit 300 000 t par an, et assurer 50 % des besoins en gaz de la distillerie. Cela permet une réduction des émissions de $CO_2$ de 12 500 t par an. Ce projet permet ainsi de répondre à la volonté de l'établissement de :

– substituer partiellement l'utilisation d'un combustible fossile (gaz naturel) par celle d'une ressource renouvelable, à savoir le biogaz ;

– améliorer son autonomie énergétique (deuxième poste de charges dans les établissements du Groupe) en limitant sa dépendance vis-à-vis de l'utilisation de gaz naturel.

Toujours dans cette logique de décarbonation et de production d'énergies renouvelables, la filière betteravière-sucrière participe à des projets de méthanisation collectif. Tereos contribue à alimenter la nouvelle unité de méthanisation de Vol-V dans la Somme.

## Les écumes commercialisées comme amendement

Les écumes sont séparées des jus sucrés par filtration et sont stockées dans des bassins drainés. Elles sont ensuite livrées à l'exploitant agricole qui les stocke en bout de champ pour les épandre après la récolte. Les écumes sont commercialisées comme amendement du sol (sous la norme réglementaire NFU 44 001) en raison de leur action neutralisante sur les sols acides et de leurs facultés à en améliorer la structure. Elles représentent un substitut aux amendements minéraux. En effet, les sols ont tendance naturellement à s'acidifier, du fait notamment du lessivage des éléments par les précipitations et de l'exportation par les récoltes. La granulométrie fine des écumes de sucrerie permet une correction rapide du pH trop acide des sols. En plus d'apporter du calcium, les écumes de sucrerie sont aussi une source d'acide phosphorique et de magnésie assimilables pour la plante.

La vinasse peut elle aussi être utilisée comme fertilisant grâce à sa teneur en azote.

## La mélasse utilisée comme liant dans différentes industries

Les mélasses de sucre de betterave sont employées en association avec de la chaux pour l'agglomération de matériaux finement divisés. La soude, présente dans les mélasses, mélangée à la chaux, produit un complexe de saccharate de calcium (Brevet EP0427602B1) qui permet l'agglomération de matériaux, comme le minerai de fer.

La mélasse peut également être utilisée en tant que liant dans la conception de matériaux à destination du secteur de la construction.

## Des projets de R&D en industries papetières

S'appuyant sur la richesse en fibres des pulpes, des projets de recherche de valorisation pour des débouchés tels que des opacifiants pour les industries du papier ou isolants pour la construction, sont en cours ; cela concernerait potentiellement de faibles volumes.

Par ailleurs, d'autres voies prometteuses sur l'extraction des microfibres cellulosiques, l'arabinose et l'acide galacturonique suscitent de vifs espoirs dans la chimie verte.

# LA FILIÈRE VITI-VINICOLE

En 2019, la filière viti-vinicole a produit 42 millions d'hectolitres de vins : 41,3 % de vins rouges, 14,3 % de vins rosés, 20 % de vins blancs et 25 % de cognac-armagnac (Intervin, 2019).

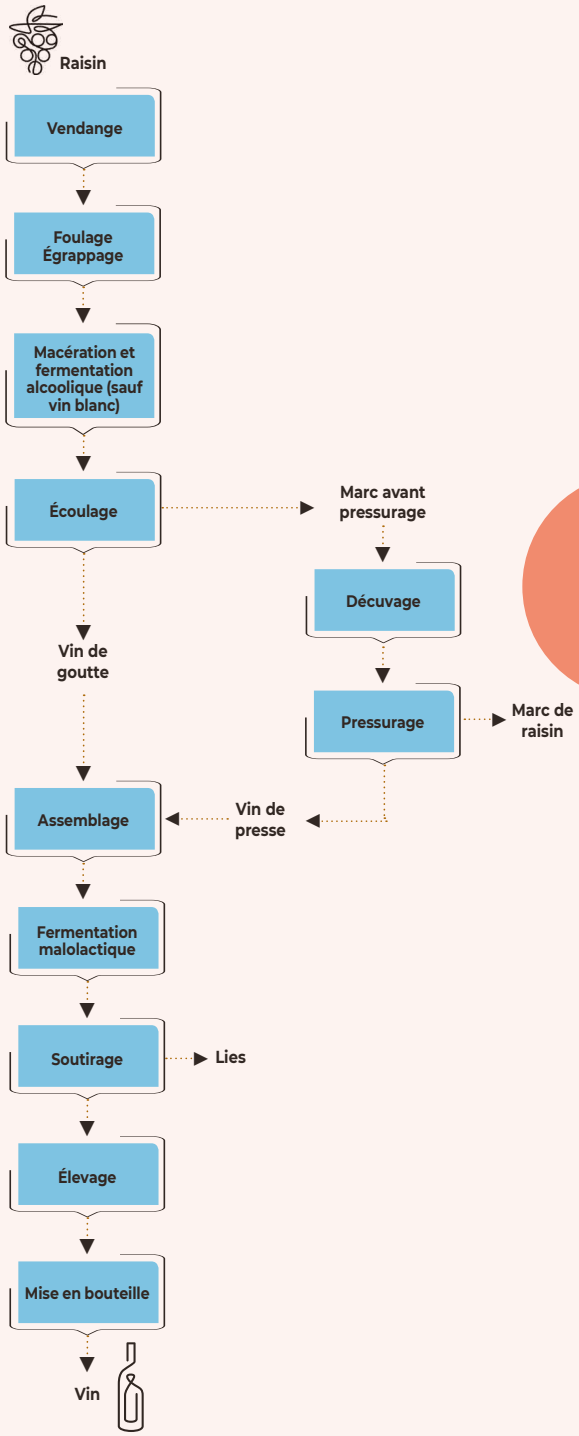
## Des coproduits bien définis par la réglementation

Après la récolte, la transformation du raisin en vin génère différents coproduits : les marcs de raisin et les lies de vin (cf. figure II.18).

Ces coproduits, résidus de vinification, sont définis par l'Institut Français du Vin (IFV, 2013) :

- les **marcs de raisin** sont les résidus de pressurage des raisins frais, fermentés ou non ;
- les **lies de vin** sont les résidus se déposant dans les récipients contenant du moût de raisin lors du stockage du vin après la fermentation ou lors du stockage, les résidus obtenus lors de la filtration ou de la centrifugation de ces derniers ;
- les **bourbes** correspondent aux résidus qui se déposent dans les récipients contenant du moût (avant la fermentation) et ceux issus du stockage des moûts de raisin ;
- les **lies et bourbes** sont stockées dans les mêmes cuves sur les exploitations. Ce mélange est appelé **lies**.

**Figure II.18. Process général de la production de vin (pouvant varier selon les spécificités régionales)**




RETOUR AU SOMMAIRE

La fabrication du cognac-armagnac génère des **vinasses de cognac-armagnac**, qui constitue le résidu de la distillation charentaise à l'origine de l'élaboration des eaux-de-vie de cognac-armagnac. Ce process génère également des marcs de raisin blanc.

## Les gisements de coproduits

Les volumes de coproduits vinicoles peuvent être estimés à partir de ratios présentés dans le tableau II.9 (IFV, 2017). Ils varient selon les types de raisin mis en œuvre.

**Tableau II.9. Volumes des coproduits du secteur vin**

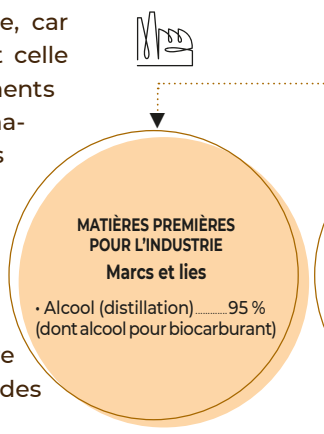
(Volumes issus de Intervin, 2019 et ratios issus de IFV, 2017)

| Nom | Volume de vins (hl) | Ratio de production des marcs (kg/hl) | Volume de marcs (t brutes) | Ratios de production des lies et bourbes (hl/hl) | Volume de lies et bourbes (hl) | Ratio de production des vinasses de cognac (hl/hl) | Volume de vinasses de cognac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vins rouges | 17 325 000 | 18 | 311 850 | 0,04 | 693 000 | | |
| Vins rosés | 8 190 000 | 18 | 147 420 | 0,04 | 327 600 | | |
| Vins blancs | 5 985 000 | 30 | 179 550 | 0,04 | 239 400 | | |
| Cognac-armagnac | 10 500 000 | 14 | 147 000 | | | 1 | 10 500 000 |
| TOTAL | 42 000 000 | | 785 820 | | 1 260 000 | | 10 500 000 |

## Une législation qui ouvre la voie à de nouvelles voies de valorisation

Jusqu'en 2014, l'obligation communautaire d'éliminer les marcs de raisin et lies de vin se traduisait, pour les viticulteurs français, par l'obligation de livraison de la totalité des coproduits en distillerie vinicole agréée. Depuis août 2014[10], à la suite de l'évolution de la réglementation, cette obligation peut être satisfaite par distillation, méthanisation, compostage ou épandage.

La filière distillation reste la voie de valorisation majoritaire, car elle est la plus établie et celle qui possède les équipements nécessaires pour l'analyse des taux d'alcools des coproduits vinicoles indispensables à la valorisation. De plus, la logistique pour la collecte des marcs et lies est un avantage proposé par la filière distillerie. La valorisation des

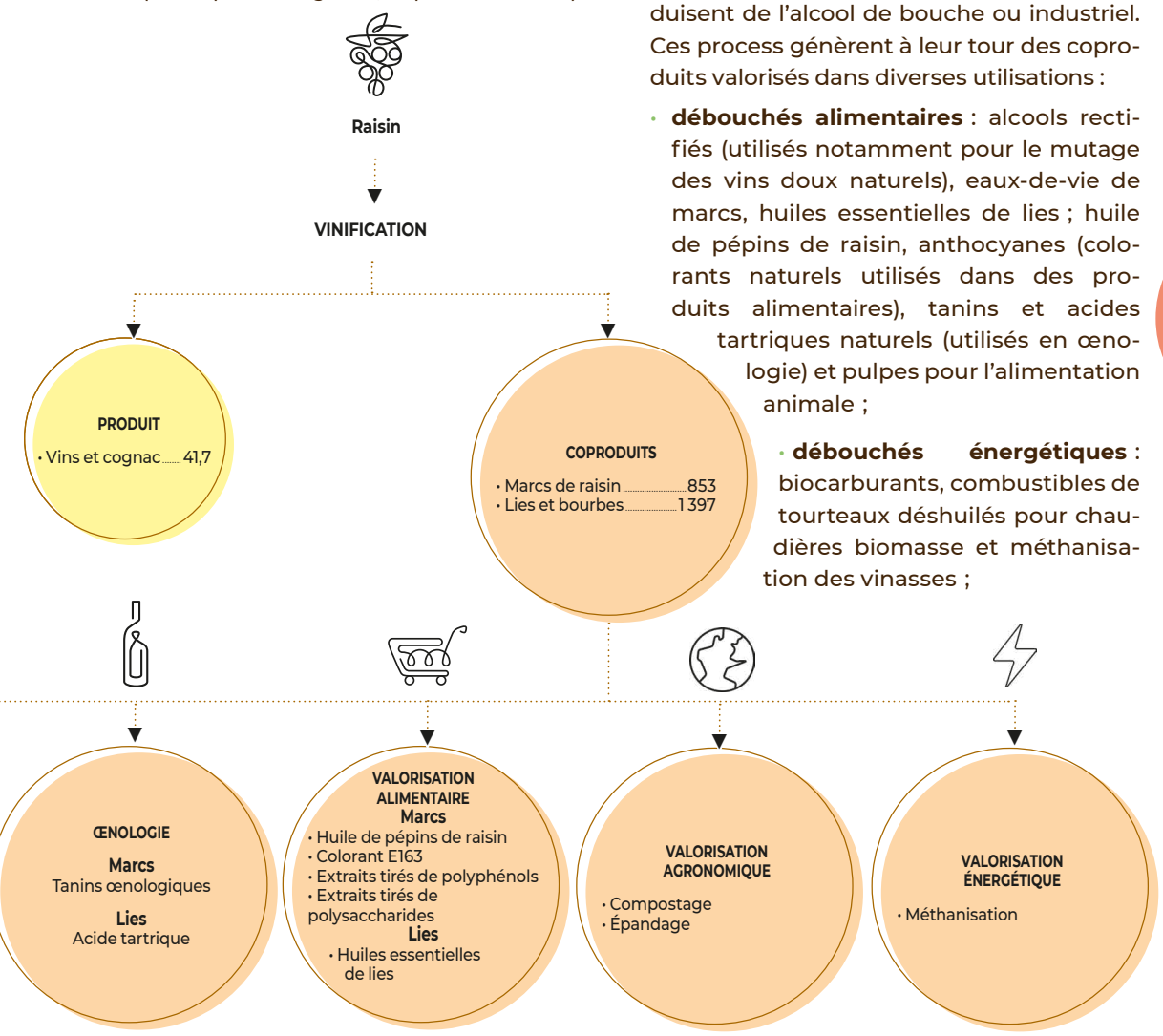



10. Décret n° 2014-903 du 18 août 2014 relatif à la valorisation des résidus de la vinification & Arrêté du 18 août 2014 relatif aux modalités de déclaration et de contrôle de la valorisation des résidus de la vinification.

marcs de raisin et lies de vin par méthanisation, compostage ou épandage peuvent constituer des alternatives intéressantes pour les viticulteurs qui ne se situent pas à proximité d'une distillerie.

## La valorisation en cascade par les distilleries reste la voie privilégiée

**Figure II.19. Schéma des voies de valorisation des coproduits de vinification**
(La Coopération Agricole, d'après ONRB 2020)




*Unité : 1 000 t brutes*
** Sauf pour le vin en millions d'hectolitres.*

Près de 95 % des coproduits de la vinification, marcs de raisin et lies, sont valorisés en distillerie (cf. figure II.19). Les distilleries produisent de l'alcool de bouche ou industriel. Ces process génèrent à leur tour des coproduits valorisés dans diverses utilisations :

- **débouchés alimentaires** : alcools rectifiés (utilisés notamment pour le mutage des vins doux naturels), eaux-de-vie de marcs, huiles essentielles de lies ; huile de pépins de raisin, anthocyanes (colorants naturels utilisés dans des produits alimentaires), tanins et acides tartriques naturels (utilisés en œnologie) et pulpes pour l'alimentation animale ;
- **débouchés énergétiques** : biocarburants, combustibles de tourteaux déshuilés pour chaudières biomasse et méthanisation des vinasses ;

- **débouchés agricoles** : amendements organiques (le marc de raisin distillé est un produit normé NF U 44-051) et engrais organiques (les engrais liquides potassiques d'origine viticole sont des engrais organiques conformes à la norme NF U 42-001/A11) ;
- **débouchés industriels** : alcools (formulation des peintures, des liquides lave-glaces, des parfums, de l'alcool ménager, des produits pharmaceutiques avec un pouvoir désinfectant, lampes à alcool ou pour les cheminées d'agrément), acide tartrique (traitement de surface des métaux, retardateur de prise dans l'industrie du ciment et du plâtre), huile de pépins de raisin (applications cosmétiques pour ses propriétés nourrissante, réparatrice et hydratante) et tanins (applications pharmaceutiques, cosmétologie).

Depuis quelques années, de plus en plus de distilleries proposent une collecte avec une séparation des coproduits (séparation des marcs blancs et rouges, séparation des coproduits biologiques et conventionnels) afin d'obtenir des flux plus homogènes et produire ainsi des composés à plus haute valeur ajoutée. Cette dernière est en partie redistribuée aux caves sous la forme de primes de qualité lorsque les conditions de collecte sont respectées.

Cette valorisation en cascade des coproduits de la vinification par les distilleries permet d'optimiser la valorisation des ressources, tout en assurant des valorisations à forte valeur ajoutée.

## Des pistes intéressantes dans le biocontrôle

De nombreux travaux de recherche ont montré l'intérêt des coproduits de la vigne pour le biocontrôle (Aliaño-González, Richard, Cantos-villar, 2020).

▶ Créée en 2014, **Antofénol** s'est spécialisée dans l'extraction de végétaux destinés à la mise au point de conservateurs naturels aux propriétés antifongiques. Elle produit notamment à partir de résidus de la vigne, un extrait naturel antimicrobien destiné à protéger les fruits et légumes et à améliorer leur conservation. Il peut être utilisé au champ, en arboriculture et en culture légumière. Des recherches pour une valorisation en cosmétique sont en cours.

## Des recherches sur la valorisation des sarments de vignes

À ce jour les sarments de vigne ne sont pas collectés, sans intérêt économique pour le viticulteur. Il est possible d'extraire des molécules d'intérêt de ces sarments.

▶ La marque **Caudalie**, par exemple, utilise le resvératrol issu des sarments comme antioxydant anti-âge et protecteur de la peau dans ses soins cosmétiques.

# LA DISTILLERIE

La distillation se base sur la fermentation de matières premières issues de deux filières principales : d'une part, les alcools agricoles issus des filières de la betterave et des céréales et, d'autre part, sur l'extraction de l'alcool contenu dans les sous-produits de la viticulture (marcs de raisin et lies de vin) pour la filière vinicole.

En 2016, l'industrie de la distillation a produit 18,2 millions d'hectolitres d'alcool. L'alcool est valorisé en alcool industriel, dans la production de biocarburant, ou plus rarement en alcool de bouche.

Les process de fabrication des distilleries présentés en figures II.20, II.21 (p. 114-115) et II.16 (p. 105) permettent d'identifier les coproduits de la filière. La figure II.20 présente la synthèse des voies de valorisation des coproduits de la distillation.

## Distillerie de betteraves : les vinasses en fertilisation

La filière distillerie de betteraves réalise la fermentation des jus sucrés issus de la betterave (cf. fiche Sucre de betteraves). En 2016, 8,9 millions hl AP (équivalent alcool pur) ont été produits.

La distillation des jus sucrés fermentés génère des vinasses de betteraves généralement concentrées avant valorisation. Elles contiennent environ 50 % de matière sèche. La production des vinasses a lieu durant 8 à 9 mois par an.

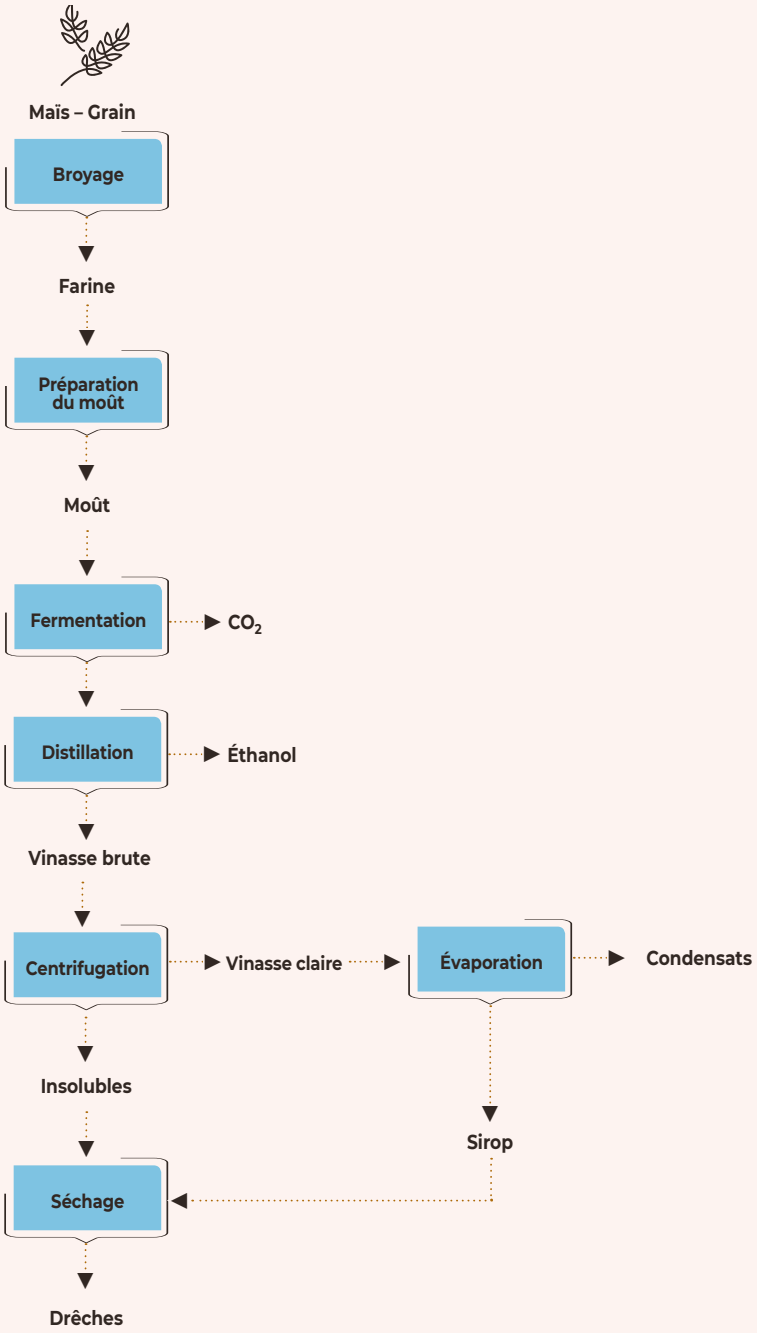
Les vinasses de betteraves, riches en potasse, sont valorisées en majorité pour la fertilisation. Elles peuvent également être valorisées en alimentation animale après dépotassification, ou encore en méthanisation. Dans ce dernier cas, la valorisation en fertilisation est toujours possible, la teneur en potasse n'étant pas impactée par la méthanisation. Dans tous les cas, du fait de leur fort taux d'humidité, les vinasses sont valorisées de manière très locale, dans un rayon de 10 kilomètres autour des distilleries.

## Distillerie de céréales : une valorisation en alimentation animale

La filière distillerie de céréales (maïs, blé, orge, seigle) met en œuvre des céréales et des coproduits de l'amidonnerie et de la glucoserie. 8,5 millions hl AP (équivalent alcool pur) ont été produits en 2016.

Les drêches sont les principaux coproduits. Riches en protéines, elles correspondent aux enveloppes des grains de céréales auxquelles sont ajoutées les vinasses. Elles sont généralement séchées avant valorisation pour atteindre 95 % de matière sèche, puis majoritairement valorisées en nutrition animale.

**Figure II.20. Process général de la distillation de céréales** (Réséda, 2017)

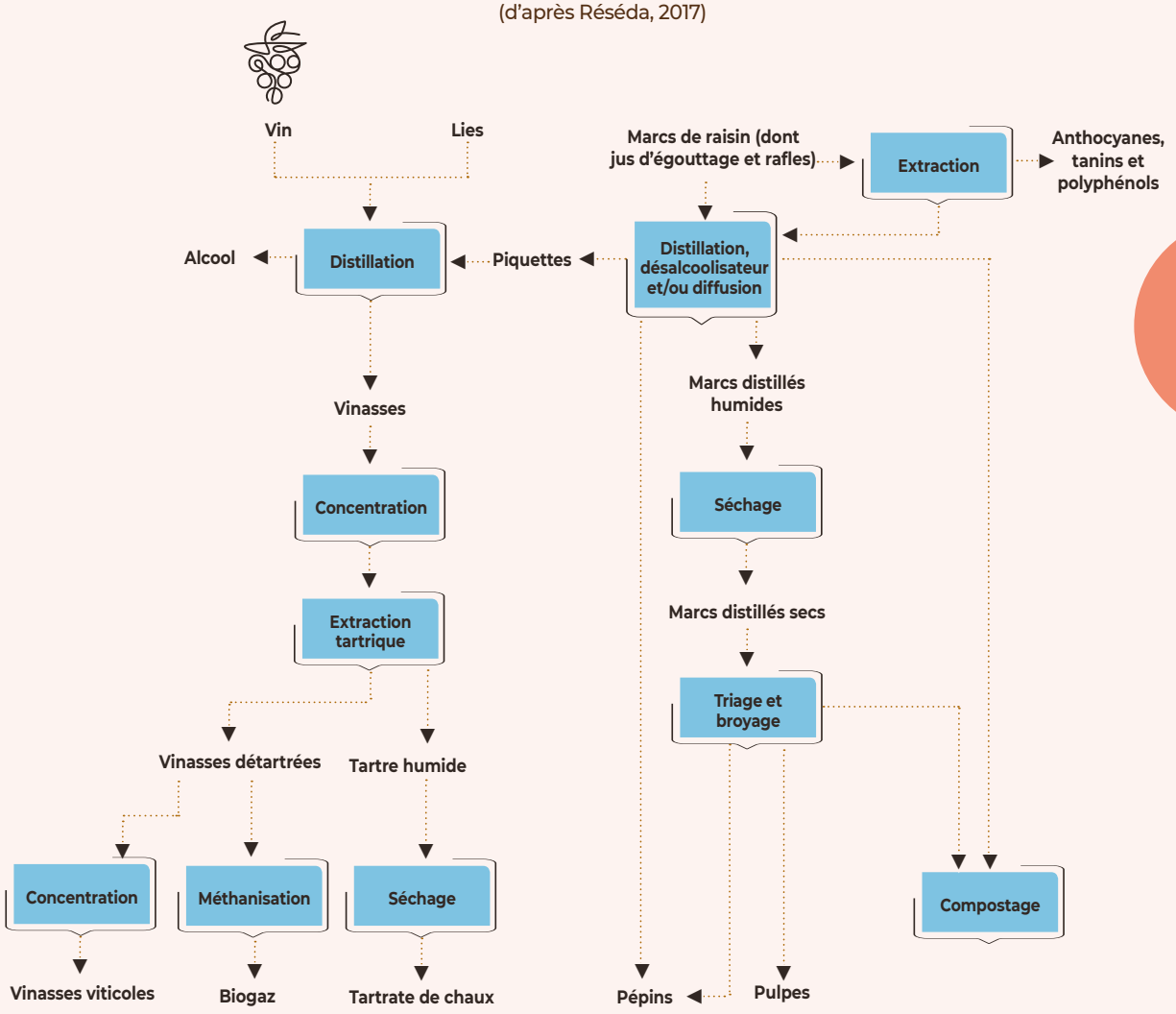


## Distillerie vinicole : de multiples coproduits aux destinations variées

La filière des distilleries vinicoles (également appelées « distilleries viticoles ») transforme les sous-produits de la vinification (marcs de raisin et lies de raisin). Les tonnages de marcs et les volumes de lies sont directement liés aux niveaux de récolte des vins et varient donc chaque année. Ainsi, lors des campagnes 2017 à 2020, les tonnages de marcs ont varié entre 685 000 et 980 000 t et les volumes de lies entre 785 000 et plus de 1 million d'hectolitres pour la même période.

**Figure II.21. Process général de distillerie du vin et des coproduits du vin**

(d'après Réséda, 2017)



Entre 90 et 95 % des marcs de raisin, lies de vin et bourbes issus de la vinification sont valorisés par l'industrie de la distillation pour la production d'alcool. Les viticulteurs n'ont plus l'obligation d'apporter leurs coproduits en distillerie depuis 2014 mais ont toujours l'obligation d'éliminer les résidus de vinification.

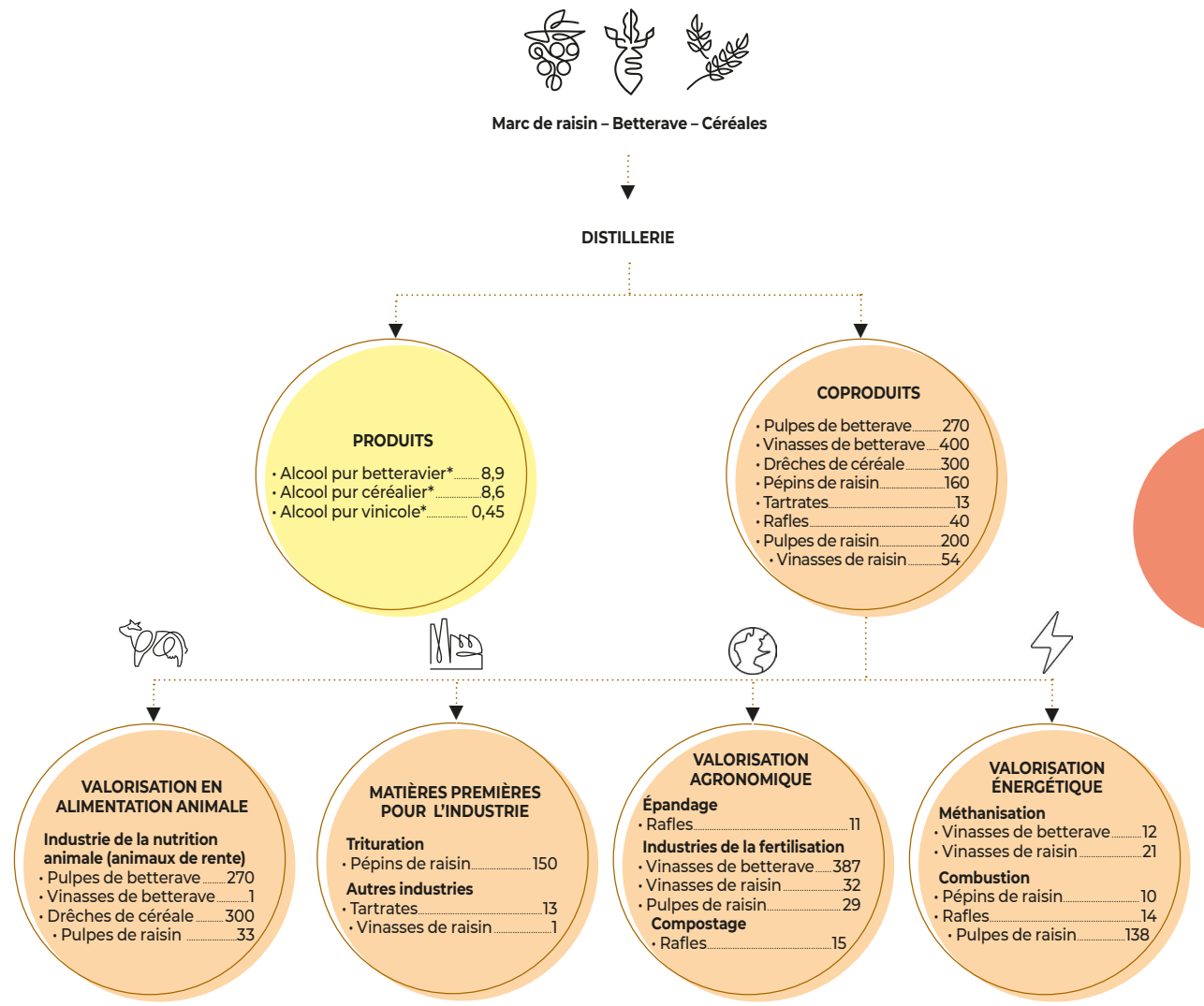
Toutefois, l'ouverture des voies de valorisation des coproduits à d'autres voies de valorisation a eu un impact modéré sur les volumes traités par les distilleries vinicoles (cf. fiche Vin).

La filière distillerie vinicole génère différents types de coproduits, classés ci-après par ordre d'importance de volume :

- **les pulpes** sont les peaux des baies de raisin. Elles sont séchées sur les sites de distillation avant valorisation et utilisées principalement en tant qu'engrais organique, combustible ou à destination de l'alimentation animale ;
- **les pépins de raisin** sont extraits du marc de raisin. Ils peuvent être pressés pour extraire l'huile. Environ trois quarts des pépins de raisin sont utilisés pour la fabrication d'huile. Des polyphénols (antioxydants) sont extraits des pépins de raisin et sont valorisés dans les industries cosmétique et alimentaire. Les tourteaux de pépins de raisin, après extraction de l'huile, peuvent être valorisés comme combustibles ;
- **les vinasses viticoles** sont les coproduits issus de la fermentation du moût après extraction des composés d'intérêt (alcool, etc.). Ce sont des produits valorisés au sein des industries de la fertilisation en tant qu'engrais organiques potassiques liquides. Les vinasses sont de plus en plus utilisées en méthanisation. Le digestat peut être séché et mélangé à d'autres matières pour obtenir un fertilisant ;
- **les rafles** sont les matières fibreuses issues des marcs de raisin. Elles sont épandues directement en amendements organiques (NFU 44051) ou compostées. Cette valorisation est très locale, et se fait dans un rayon de 10 km autour des distilleries ;
- **le tartrate de calcium**, ou tartrate de chaux, est une substance naturelle extraite des vinasses viticoles et sera transformé en acide tartrique naturel. Il connaît de nombreuses applications dans différents domaines tels que :
  - l'alimentaire (acidifiants et stimulateurs de goût utilisés dans la fabrication de bonbons, gelées, confitures) ;
  - l'acidification des vins (obligation d'utiliser de l'acide tartrique naturel et non synthétique dans l'Union européenne) ;
  - les antioxydants (pour les conserves, les huiles et graisses, les émulsifiants et conservateurs) ;
  - la pharmaceutique (obligation d'utiliser de l'acide tartrique naturel dans l'Union européenne : excipients, correcteur de basicité, agents acidifiants pour produits effervescents, etc.) ;
  - les matériaux (retardateur de prise des ciments et plâtres, polissage et nettoyage des métaux, etc.).

**Figure II.22. Schéma des voies de valorisation des coproduits du secteur de la distillerie de céréales, betterave et marc de raisin**

(Réséda, 2017 et UNGDA, 2016)




*Unité : 1 000 t brutes*

** Sauf pour les alcools purs exprimés en millions d'hectolitres*

# L'INDUSTRIE DE LA VIANDE

L'abattage d'animaux d'élevage et la découpe des carcasses constituent l'industrie de la viande. En 2019, en France, 4,56 millions de bovins, 4,86 millions d'ovins-caprins et 23,54 millions de porcs ont été abattus, pour un volume global de 3,72 millions de tec (tonnes équivalent carcasse).

S'ajoutent les 1 027 millions de volailles, 29 millions de lapins et 7 970 chevaux abattus pour un volume de 1,87 million de tec.

La production totale de viande s'élève donc à 6,43 millions de tec (ONRB, 2020).

## Différents coproduits animaux

L'abattage des animaux (bovins, porcs, volailles) génère en plus de la viande et des abats consommés par l'homme :

- **des Denrées Alimentaires d'Origine Animale (DAOA)** : il s'agit de parties de l'animal consommables par l'homme mais après une transformation. Ainsi, les os et les couennes permettent de produire de la gélatine et du collagène, le sang est transformé en produits sanguins tels que le boudin, et les gras sont fondus et utilisés en alimentation humaine (suif, saindoux, graisse de volailles) ;
- **des coproduits, appelés réglementairement sous-produits animaux** : il s'agit des parties des animaux habituellement non consommées par l'homme, telles que les peaux, les plumes, le sang, les graisses, les os ou encore les chutes de parage[11]. La filière volaille génère également des coproduits spécifiques, tels que les plumes et duvets. Une fois qualifiées en sous-produits animaux par nature ou n'ayant pu être valorisées en alimentation humaine (par exemple, les os, le sang), ces matières sont de fait exclues définitivement de l'alimentation humaine. Ces coproduits représentent 30 % du poids des porcs et des volailles et 42 % des bovins après abattage. Issus de tous les maillons de la filière (élevages, abattoirs et ateliers de découpe, industries agroalimentaires, boucheries et enseignes de distribution), ces coproduits sont principalement transformés par les industries de transformation des coproduits animaux. Il existe également d'autres voies de valorisation, telles que les peaux vers les tanneries et mégisseries, c'est-à-dire la préparation des cuirs pour la ganterie par exemple.

11. En boucherie, le parage désigne l'action de préparer la viande (parer la viande) en lui enlevant les parties non comestibles (excès de graisse d'enveloppe, aponévroses, faisceaux vasculaires et tendineux) avant son piéçage (tranchage des muscles en fonction de leur destination finale : rôti, escalope, steak, côte, etc.).

RETOUR AU SOMMAIRE

**Tableau II.10. Volume de coproduits animaux et leurs voies de valorisation** (SIFCC, 2020)

| | C1 & C2 | | C3 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Coproduits animaux | Farines animales | Graisses animales | Protéines animales transformées | Corps gras animaux | Os à gélatine dégraissés |
| **Volumes totaux** | 223 | 98 | 486 | 410 | 31 |
| **Alimentation animale**<br>– animaux de rente<br>– animaux de compagnie | | | <br>47<br>397 | <br>38<br>65 | |
| **Incinération** | 177 | | | | |
| **Combustion** | | | 0,7 | 2 | |
| **Biodiesel** | | 98 | | 81 | |
| **Fertilisation** | 46 | | 37 | | |
| **Alimentation humaine, y compris gélatine** | | | 5 | 31 | 31 |
| **Oléochimie** | | | | 193 | |

*Unité : 1 000 t MS*

## Un encadrement réglementaire fort, identifiant trois catégories selon le risque sanitaire

Dès l'abattoir et tout au long du circuit jusqu'à l'expédition des produits transformés, les coproduits sont séparés en trois catégories définies selon le risque sanitaire défini dans le règlement (CE) n° 1069/2009 relatif aux sous-produits animaux :

- la **catégorie 3** ne présente aucun risque sanitaire pour l'homme ou l'animal puisqu'issue des animaux dont la viande est consommée par l'homme ;
- la **catégorie 1** correspond aux sous-produits animaux présentant des risques E.S.T (Encéphalopathies Spongiformes Transmissibles), résidus de substances interdites (hormones de croissance, etc.), contaminants pour l'environnement (dioxine, PCB, etc.), ou provenant de matériels à risque spécifiés de ruminants (MRS). Cette catégorie de sous-produits est destinée à la destruction par incinération ou à la production de chaleur par combustion. La valorisation des coproduits des ruminants est fortement encadrée par la réglementation, notamment à cause de la crise de l'ESB (Encéphalopathie Spongiforme Bovine) dite de la « vache folle ». Leur encadrement réglementaire est donc plus strict que pour les autres filières animales ;
- la **catégorie 2** correspond aux sous-produits animaux présentant un risque de contamination par d'autres maladies, résidus de produits vétérinaires, sous-produits non classés en catégorie 1 ou 3. Cette catégorie de sous-produits est interdite en alimentation animale mais peut être valorisée dans d'autres voies (engrais organiques, conversion en biogaz, compostage, etc.).

Les coproduits contiennent, dans des proportions variées en fonction de l'espèce et de la matière, trois composants qu'il faut séparer :

- **de l'eau** – séparation par cuisson/évaporation ;
- **de la matière grasse** – séparation par pressage ;
- **de la matière déshydratée et dégraissée**, contenant de la protéine/azote et des matières minérales dont le phosphore.

Les coproduits animaux et leurs voies de valorisation autorisées par la réglementation ainsi que les volumes en jeu sont présentés en tableau II.10.

## Les coproduits de catégories 1 et 2 valorisés principalement en énergie et fertilisation

La transformation des sous-produits des catégories 1 et 2 conduit à la production de farines et de graisses animales (cf. figure II.23).

Les 223 000 t de farines animales de catégorie 1 sont utilisées en tant que combustible en cimenteries ou usines d'incinération. Les farines de catégorie 2 entrent principalement dans la formulation de fertilisants.

La principale valorisation des graisses animales de catégories 1 et 2, soit 98 000 t par an, est la fabrication de biodiesel. Ces graisses peuvent également servir de combustibles.

## Les Protéines Animales Transformées de catégorie 3 principalement valorisées en pet food

Les Protéines Animales Transformées (PAT) sont issues entièrement de matières de catégorie 3 traitées conformément au règlement (CE) n° 1069/2009, afin de les rendre propres à être valorisées dans les destinations autorisées par la réglementation. Les PAT peuvent être obtenues exclusivement à partir d'une espèce animale spécifique (PAT de volaille, PAT de porc), ou être issues d'un mélange de différentes espèces incluant des ruminants (on parle de PAT « multi-espèces »).

En 2019, 486 000 t de PAT ont été produites. Ces PAT sont valorisées à près de 82 % dans l'alimentation des animaux de compagnie. En effet, elles constituent des protéines de qualité pour l'alimentation des chiens et chats. Elles peuvent également être valorisées dans les industries de la fertilisation ou, pour les PAT issus des coproduits d'animaux monogastriques (porc, volaille), en aquaculture.

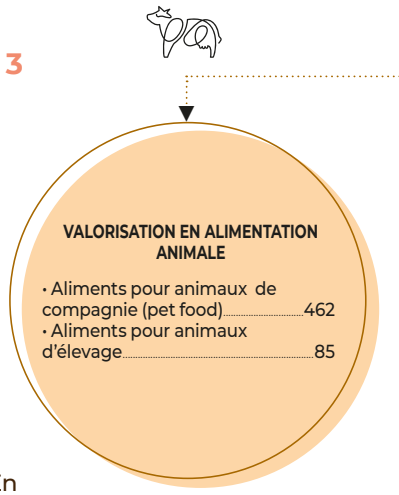
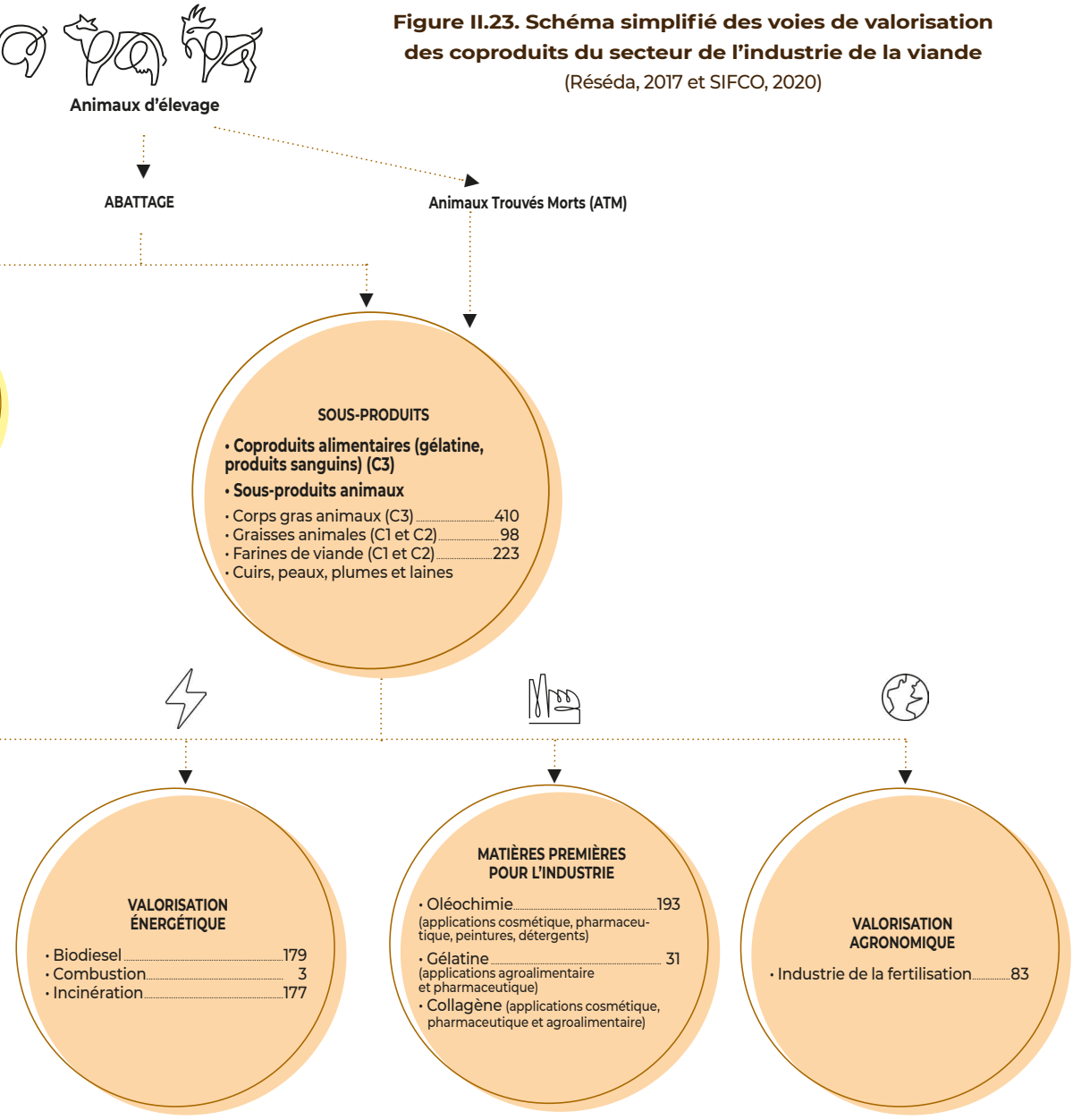


**Figure II.23. Schéma simplifié des voies de valorisation des coproduits du secteur de l'industrie de la viande**
(Réséda, 2017 et SIFCO, 2020)




*Unité : 1 000 tMS*

## Les corps gras de catégorie 3 valorisés en pet food et oléochimie

Les corps gras de catégorie 3 sont les graisses de volailles, de porcs et les graisses multi-espèces provenant en partie de ruminant.
On appelle « suif » la graisse issue de la fonte des tissus adipeux de ruminants, et « saindoux » celle issue de la fonte des tissus adipeux du porc.

En 2019, 410 000 t de corps gras ont été produites et valorisées pour environ 50 % en oléochimie pour la fabrication de savons, détergents, peintures, etc. Ces corps gras sont aussi valorisés en alimentation animale, majoritairement hors de France. En effet, bien qu'autorisés en alimentation animale par la réglementation, la plupart des cahiers des charges français excluent leur usage.

Les corps gras sont également utilisés dans la fabrication de biodiesel. Cette voie valorise en grande partie des graisses animales de catégories 1 et 2, mais se développe également à partir de coproduits de catégorie 3.

## La chimie verte pour valoriser les plumes de volailles

Les plumes de volailles sont en grande majorité transformées en farine de plumes destinée à l'alimentation animale. Cependant, des voies de valorisation à plus haute valeur ajoutée existent.

▶ Créée il y a trente-cinq ans par le groupe Guyomarc'h, l'entreprise **BCF Life Sciences** (anciennement Bretagne Chimie Fine) implantée dans le Morbihan, valorise les plumes de volailles des abattoirs du secteur sur des marchés à haute valeur ajoutée. On trouve dans la plume de volailles une protéine en grande quantité : la kératine. BCF Life Sciences valorise chaque année des milliers de tonnes de plumes humides. Le procédé d'hydrolyse utilisé permet d'extraire de la L-Cystine de la L-Tyrosine (utilisées notamment pour les compléments alimentaires) et des mix d'acides aminés libres. Ceux-ci sont produits en liquide ou en poudre et utilisés en tant que biostimulants pour l'amélioration des rendements, l'accroissement de la biomasse végétale, la lutte contre le stress abiotique et permettent ainsi la diminution du recours aux produits phytosanitaires et engrais minéraux.

## Valorisation des coproduits dans l'industrie textile

La filière volaille génère des coproduits spécifiques, tels que les plumes et duvets, qui peuvent faire l'objet d'une valorisation matière en industrie textile où ils sont recherchés pour leurs qualités d'isolation thermique (literie, habillement, ameublement, sport de plein air). La filière abattage produit des volumes importants de peaux, valorisés en tannerie. Une petite dizaine de tanneries sont présentes en France et sont

spécialisées en maroquinerie de luxe. La majorité des peaux sont exportées (principalement en Italie) et sont utilisées pour la fabrication de chaussures, maroquineries, vêtements, meubles et l'aménagement de véhicules.

Bien qu'il ne s'agisse pas d'un coproduit de l'abattage, il est à noter que la laine issue de la tonte des moutons représente également un coproduit de l'élevage des ovins à destination du secteur textile. Actuellement, la majorité de la laine est exportée brute et représente une très faible valeur ajoutée pour les producteurs. Cependant, de nouveaux projets émergent pour relocaliser la transformation de la laine en France où seule 4 % de la laine produite est transformée dans le pays.

▶ Le collectif TRICOLOR œuvre en ce sens et a pour objectif de parvenir à un quart de production transformée en France en 2024 et créer de la valeur ajoutée sur le territoire. La laine est appréciée pour ses différentes propriétés : résistante, isolante, thermorégulatrice, insonorisante, hypoallergénique, hydrophobe, antistatique et biodégradable. En moins de deux ans, ce sont 20 marques qui ont mis en collection des laines françaises, soit près de 15 t de laines brutes qui ont été transformées par le biais du projet TRICOLOR en 2020 (par exemple, Le Slip Français, De Bonne Facture, Saint James).

# L'INDUSTRIE DES OVOPRODUITS

En 2019, 13,4 milliards d'œufs de consommation ont été produits en France dont environ 40 %, soit 5,4 milliards d'œufs, ont été destinés à la production d'ovoproduits. Celle-ci s'est élevée à 301 168 t équivalent liquide (tEL) (ONRB, 2020).

Les œufs peuvent être transformés afin de fabriquer des produits élaborés qui diffèrent selon leur composition (œufs entiers, blanc, jaune), leur mode de traitement (liquide, congelé, concentré, séché, cuit, etc.) ou leur forme de conditionnement. Ces produits sont commercialisés auprès de la Restauration Hors Domicile (RHD) ou d'autres industries agroalimentaires et entrent dans la composition de produits contenant de l'œuf.

## La coquille, principal coproduit des casseries

L'industrie des ovoproduits aussi appelée « casserie d'œufs », met en œuvre un procédé visant à séparer les constituants de l'œuf entier. Ainsi, d'un côté, sont récupérés les blancs et jaunes d'œufs et, de l'autre, les coquilles et le liquide résiduel appelé « blanc technique ». La centrifugation permet de séparer le blanc technique des coquilles.

Le schéma en figure II.24 identifie les coproduits de cette filière :

- **la coquille** correspond à l'enveloppe calcaire rigide de l'œuf. C'est une barrière qui assure la protection de l'œuf contre toutes pénétrations microbiennes susceptibles de le contaminer. L'intégrité de la coquille est donc déterminante pour le maintien de la qualité sanitaire de l'œuf. Ainsi, les coquilles viennent du déclassement des œufs pour défaut de coquilles et des casseries d'œufs. Les coquilles d'œufs sont constituées à 95 % de minéraux (essentiellement des cristaux de carbonate de calcium), de 3 % de matières organiques (protéines) et de 2 % d'eau. Les coquilles d'œufs sont les principaux coproduits de la filière ovoproduits. Elles doivent être la plupart du temps hygiénisées avant réutilisation. Des entreprises proposent des techniques d'hygiénisation par traitement thermique permettant d'obtenir des carbonates de calcium ;
- **le blanc technique** est le liquide résiduel qui adhère aux coquilles après la casse. L'extraction de composés d'intérêt tel que le lysozyme peut être réalisée à partir du blanc technique (Coudurier, 2015). Ces composés peuvent ensuite être utilisés en pharmaceutique ou en cosmétique. L'alimentation des animaux de compagnie, après séchage, et l'épandage sont

également des voies de valorisation des coproduits de cette filière ;

- **les écarts de production** correspondent à des résidus issus de la fabrication d'ovoproduits ou à des ovoproduits non-conformes. Ils peuvent être valorisés par les industries de la nutrition animale, pour les animaux de compagnie ou directement en élevage. La méthanisation peut également être une voie de valorisation de ces écarts.

On peut souligner ici que les coproduits issus des casseries étant soumis à la réglementation sur les sous-produits animaux, les aspects réglementaires et sanitaires sont majeurs dans le choix des voies de valorisation.

Le tableau ci-contre présente les volumes de coproduits issus de la fabrication d'ovoproduits. Les volumes et voies de valorisation des coproduits sont présentés en figure II.25.

**Figure II.24. Process général de préparation des ovoproduits** (d'après Condurier, 2015)

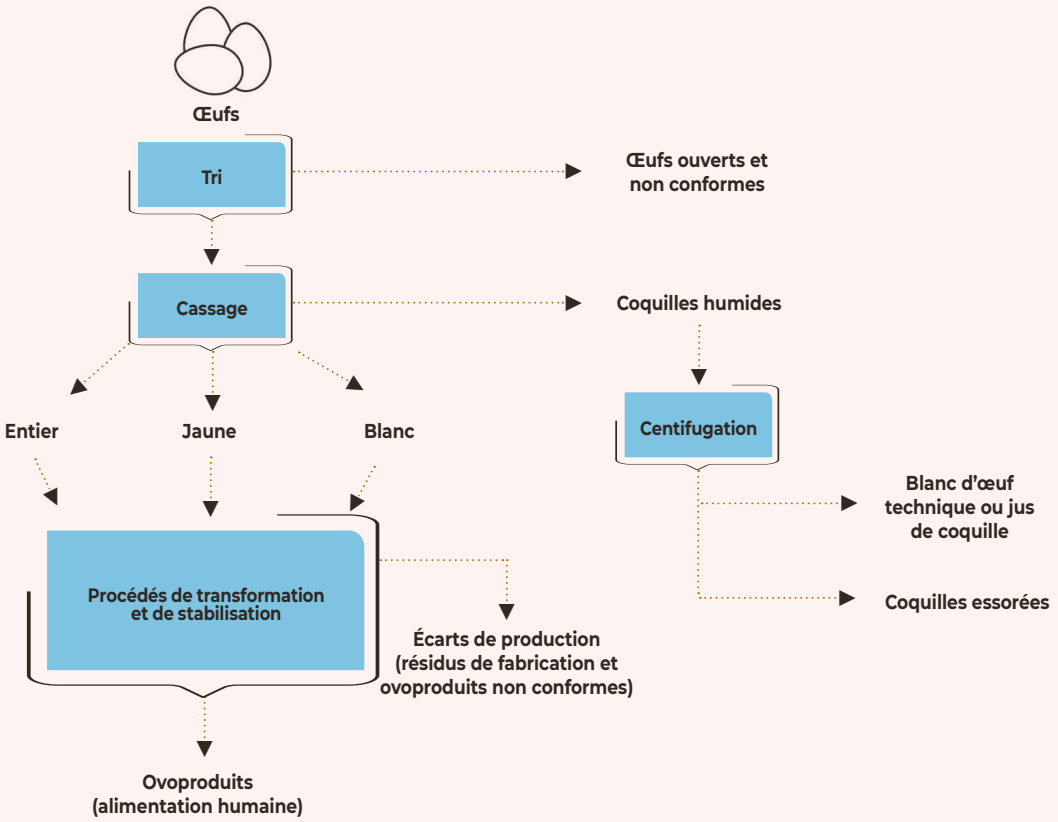


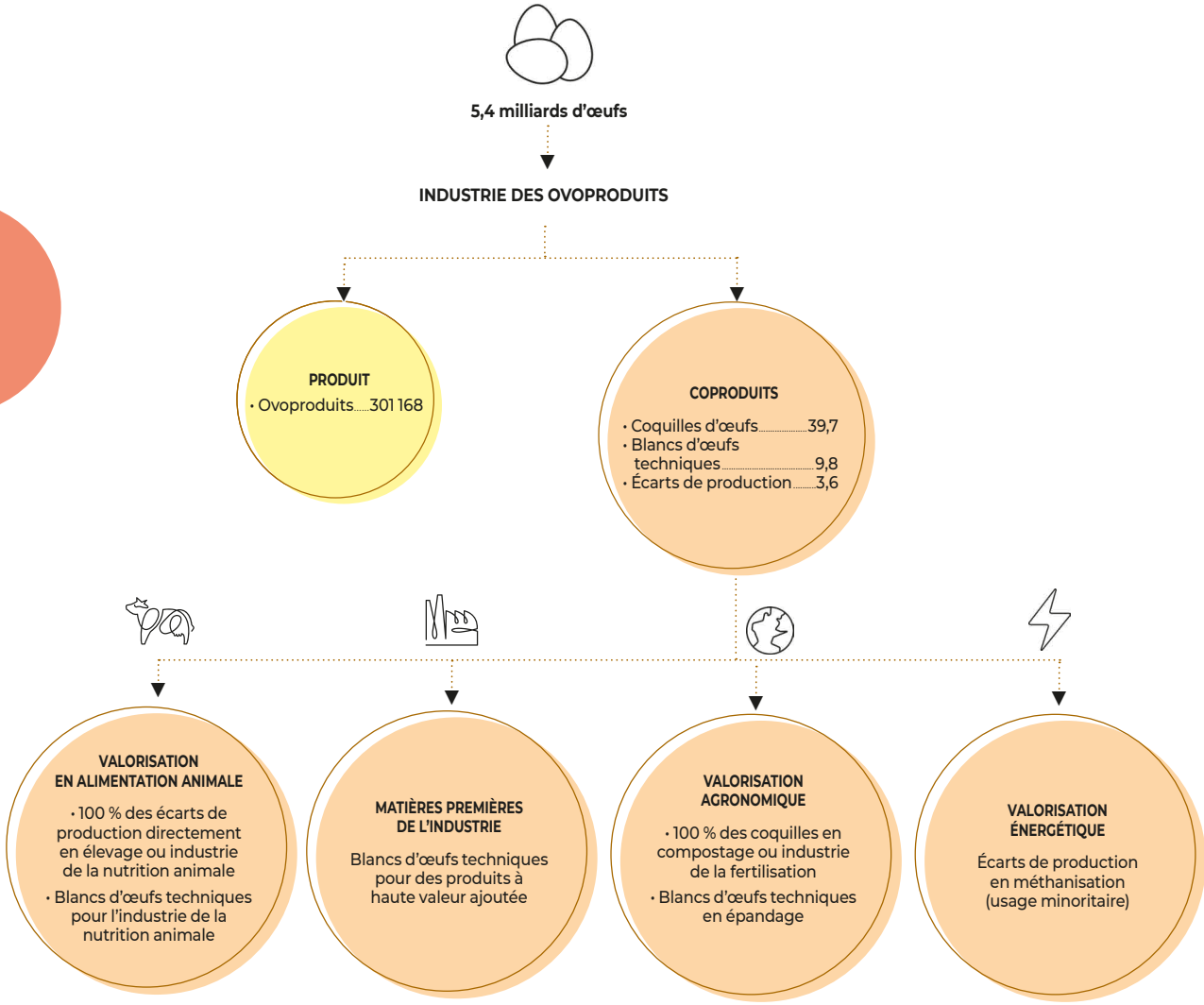
**Tableau II.11. Volumes des coproduits du secteur des ovoproduits**

(ONRB, 2020)

| Coproduits | Volumes 2019 (en milliers de tonnes équivalent liquide) |
|---|---|
| Blanc d'œuf technique | 39,7 |
| Coquilles d'œufs | 9,8 |
| Écarts de production | 3,6 |

**Figure II.25. Schéma des voies de valorisation des ovoproduits**

(Réséda, 2017 et ONRB, 2020)




*Unités : 1 000 tonnes Équivalent liquide (tEL)*

## Valorisation des coquilles en amendements en Bretagne

En Bretagne, région au sol acide, pour remonter le pH (potentiel hydrogène), les agriculteurs utilisent de la chaux des carrières ou du maërl issu de gisement marin[12]. La coquille d'œuf, riche en calcium, est aussi intéressante à utiliser. Mais sans traitement, il peut y avoir des problèmes sanitaires et olfactifs. Il est d'ailleurs interdit d'épandre directement les coquilles d'œufs depuis 2000. Un traitement thermique pour permettre l'hygiénisation des coquilles est donc nécessaire.

▶ En Bretagne, l'entreprise **Terremo'logic**, lauréat breton du trophée de la bioéconomie 2021, collecte les coproduits d'une casserie locale, réalise un traitement thermique en four et sépare la coquille de la membrane. Environ 5 000 t de coquilles sont commercialisées en vrac par la coopérative bretonne **Eureden**, auprès des maraîchers et arboriculteurs de la région et en jardineries. Les coquilles sont utilisables en agriculture biologique.

12. Maërl : Sable calcaire des estuaires de Bretagne, formé des débris d'une algue rouge (lithothamnium).

## Des coproduits, source de molécules d'intérêt

▶ **Circul'Egg** développe une solution de valorisation des coquilles d'œufs issues des casseries. Ces coquilles sont une source abondante de minéraux, dont le carbonate de calcium de la coquille externe, et de biomolécules d'intérêt issues de la membrane coquillière, que le procédé, breveté par Circul'egg, permet de séparer. Après broyage et hygiénisation, plusieurs produits sont obtenus sous forme de poudres destinées notamment à l'industrie de la nutrition animale pour les animaux de rente et de compagnie. Le carbonate de calcium assure la solidité des os des animaux et des coquilles des œufs, tandis que la membrane, riche en protéines et autres biomolécules, apporte un soutien à la fonction articulaire et à la bonne santé de la peau et des poils. Pour ces mêmes propriétés, la membrane est aussi valorisée en cosmétique et en nutraceutique. Le carbonate de calcium est aussi utilisé, mélangé à de la chaux, pour la fabrication d'amendements.

# LA TRANSFORMATION LAITIÈRE

En 2020, les entreprises laitières ont collecté environ 24,7 milliards de litres de lait toutes espèces confondues, dont 23,9 milliards de litres de lait de vache, 501 millions de litres de lait de chèvre et 296 millions de litres de lait de brebis (CNIEL, 2021).

Ces laits sont utilisés pour la fabrication de différents produits laitiers : fromages, laits conditionnés, laits en poudre, crèmes, yaourts et desserts, matières grasses laitières, etc.

## De multiples coproduits de nature différente

La transformation laitière regroupe un grand nombre de secteurs d'activités différents qui génèrent chacun des coproduits de nature différente. La figure II.26 présente un schéma simplifié de fabrication de certains produits laitiers et permet d'identifier les principaux coproduits qui en sont issus :

- **le lait écrémé** est le premier coproduit obtenu lors de la fabrication du beurre. Lors de l'étape d'écrémage, la crème est séparée du reste du lait par centrifugation. Le lait écrémé correspond à ce qu'il reste du lait suite à cette étape. Il représente un quart des coproduits générés lors de la fabrication des produits laitiers ;
- **le babeurre** est le deuxième coproduit issu de la fabrication du beurre. La crème obtenue lors de l'étape d'écrémage va subir le barattage, c'est-à-dire qu'elle va être battue fortement. Résulte de cette étape le beurre baignant dans le babeurre. Ce dernier ne représente que 3 % des coproduits de la transformation laitière. Le babeurre peut être séché sous forme de poudre de babeurre. Il est pauvre en vitamines mais riche en lécithine (20 %) ;
- **le lactosérum**, aussi appelé « petit lait », est un coproduit généré lors de la fabrication des fromages. Pendant l'étape du caillage, les caséines (protéines) du lait coagulent. De cette coagulation résultent, d'une part, le caillé (qui donnera le fromage) en phase solide, et, d'autre part le lactosérum liquide (94 % d'eau, lactose, protéines et minéraux). Le lactosérum peut être doux ou acide. Le lactosérum doux est issu de la fabrication des fromages à pâte pressée (exemples : cantal, laguiole, comté), et le lactosérum acide, des fromages à pâte molle ou pâte fraîche (exemples : camembert, brousse). Dans la majorité des cas, le lactosérum est transformé en poudre. Cependant il peut se trouver sous forme de produits intermédiaires tels que les lactosérums liquides ou concentrés ;
- la fabrication des produits laitiers peut générer **des casses, des retours de produits ou des produits finis non commercialisés**. Il est très difficile de connaître précisément leurs volumes et voies de valorisation en France. Ils peuvent être valorisés en méthanisation ou en compostage.

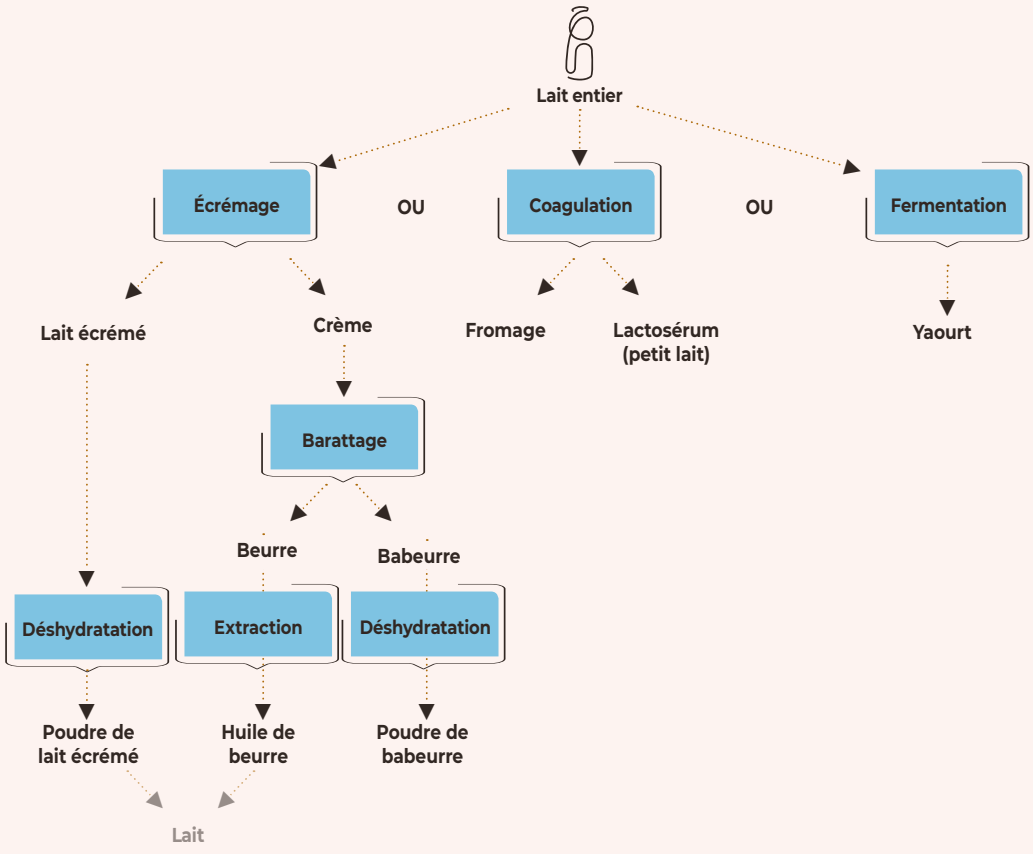
## Les gisements de coproduits

**Tableau II.12. Volumes des coproduits issus des industries laitières** (CNIEL, 2020)

| Coproduits | Présentation | Volumes 2019 (t brutes) |
|---|---|---|
| Lactosérum | Poudre | 493 105 |
| | Liquide ou concentré* | 81 750 |
| Babeurre | Poudre | 25 957 |
| | Liquide ou concentré* | 33 028 |
| Lait écrémé | Poudre | 418 388 |

** Volumes exprimés en extrait sec (tMS)*

**Figure II.26. Process général des voies de valorisation de la transformation laitière** (Réséda, 2017)



## De nombreux usages en alimentation humaine

Les coproduits de la transformation laitière sont soumis au règlement (CE) n° 1069/2009 relatif aux sous-produits animaux et aux produits qui en sont dérivés, ce qui impose des contraintes particulières à leurs valorisations.

Les poudres de lactosérum, de lait écrémé ou de babeurre sont le plus souvent utilisées dans les industries alimentaires en tant que matières premières pour la fabrication de biscuits ou de lait infantile par exemple. En effet, le lait de vache contenant moins de lactosérum (80 % de caséine et 20 % de lactosérum) que le lait maternel (40 % de caséine et 60 % de lactosérum), il est nécessaire de rééquilibrer le rapport pour obtenir un lait adapté aux nourrissons en ajoutant du lactosérum.

Ces coproduits peuvent être directement valorisés au sein même des unités de transformation laitière : ainsi, le lait demi-écrémé peut, par exemple, entrer dans la fabrication de crème fraîche ou de beurre.

## Des coproduits intéressants pour l'allaitement des veaux

L'alimentation animale valorise également les coproduits laitiers, sous forme liquide ou concentrée directement en élevage, et sous forme de poudres (lactosérum, babeurre, lait écrémé) par les industriels de la nutrition animale (cf. figure II.26). Les deux tiers des poudres mises en œuvre par les fabricants d'aliments sont destinés à la fabrication d'aliments d'allaitement pour les veaux.

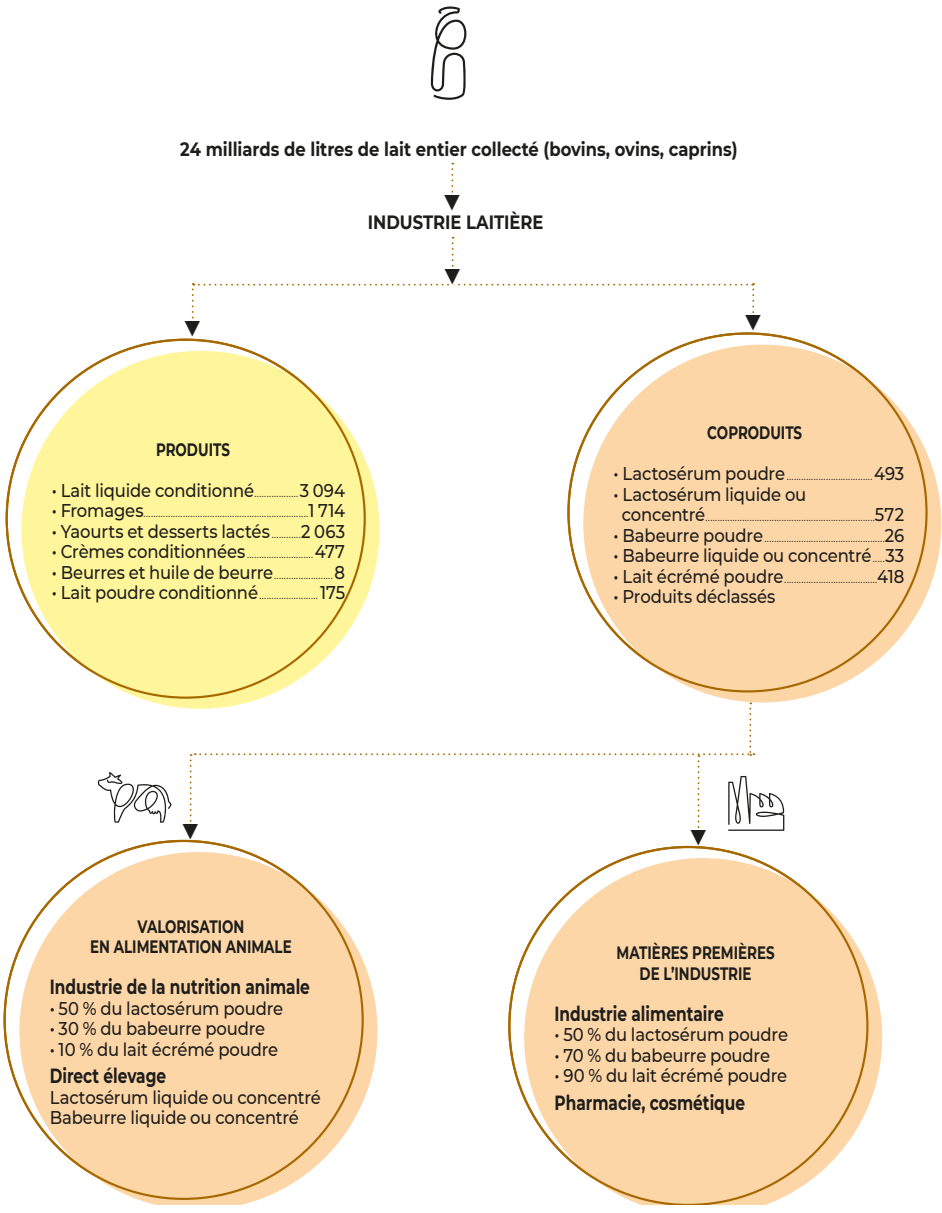
Les poudres de lactosérum peuvent également avoir des applications en pharmacie ou cosmétique.

## Une valorisation vertueuse en élevage porcin

Le lactosérum et le babeurre sous forme liquide peuvent être utilisés directement en élevage, notamment pour l'alimentation porcine. Le lactosérum doux est énergétique car riche en lactose et source de protéines de bonne digestibilité, utilisé dans l'industrie alimentaire et l'alimentation animale. Le lactosérum acide contient moins de lactose que le lactosérum doux mais est plus riche en minéraux (calcium et phosphore). Il est principalement utilisé pour l'alimentation des porcelets.

L'utilisation de lactosérum dans l'alimentation animale entre dans le cahier des charges de certains produits sous signe d'origine et de qualité comme celui de la saucisse de Morteau (Indication géographique protégée – IGP). Il exige que 15 à 35 % de la matière sèche de la ration des porcs à l'engraissement proviennent de produits et coproduits laitiers et qu'au moins 50 % de ces derniers soient du lactosérum.

**Figure II.26. Process général des voies de valorisation des coproduits de la transformation laitière**
(CNIEL, 2019 ; d'après Réséda, 2017)




*Unités : 1 000 t de matières brutes*

► À titre d'exemple en **Normandie**, une part importante du lactosérum est valorisée directement en élevage. En effet, des éleveurs de porcs fabriquant eux-mêmes l'aliment à la ferme valorisent de faibles gisements de coproduits, disséminés sur l'ensemble du territoire, ce qui est le cas des coproduits issus de produits laitiers comme les fromages. Ainsi, la proximité historique et structurelle avec les éleveurs permet la mise en place de valorisation en direct des coproduits en alimentation animale (Réséda / AREA Normandie, 2020).

## Des fibres de protéines de lait aux usages multiples

Il existe des initiatives de transformation de la part protéique du lactosérum en matériaux biosourcés.

► L'entreprise allemande **Qmilk** valorise la caséine (protéines présentes dans le lactosérum) en fibre protéinique. Les propriétés de cette fibre (légèreté, douceur, absorption de l'humidité), permettent des applications dans des secteurs variés : l'habillement, le chaussant, les sous-vêtements, mais aussi dans des crèmes cosmétiques ou dans le papier hygiénique.

## Une réglementation complexe à prendre en compte

Le lait cru, le colostrum[13] ainsi que leurs produits dérivés obtenus, conservés, éliminés ou utilisés dans l'exploitation d'origine entrent dans le cadre du règlement CE 1069/2009 du 21 octobre 2009 (Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, 2009) établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine, détaillant le classement des sous-produits animaux en 3 catégories reflétant leur niveau de risque pour la santé publique et animale. La distinction entre ces trois différentes catégories est réalisée dans la fiche « L'industrie de la viande ». Cependant, pour plus de détails sur les spécificités réglementaires concernant les sous-produits issus de la transformation du lait, les Lignes directrices pour l'utilisation dans l'alimentation animale de denrées alimentaires qui ne sont plus destinées à la consommation humaine (Journal officiel de l'Union européenne, 2018) sont à consulter.

13. Produit de la mamelle les 6 premiers jours après vélage, il se distingue du lait par ses propriétés nutritionnelles, immunitaires et technologiques spécifiques.

# LA FABRICATION DE BISCUITS, PÂTISSERIES ET VIENNOISERIES

Avec près de 900 000 t de produits vendus, l'ensemble de la filière biscuiterie, pâtisserie et viennoiserie représente plus de 5,9 milliards d'euros de chiffre d'affaires (Syndicat Biscuits, gâteaux et panification de France).

## Des coproduits en faible quantité

Différents types de coproduits sont générés par ce secteur :

- les coproduits générés en début de production, que sont les **pertes d'ingrédients** (farine, œufs, sucre, etc.) ;
- les **écarts en cours de production**, ainsi que des coproduits humides comme les pâtes crues ;
- les **produits finis non conformes** pour des raisons d'aspects ou de poids, comme des biscuits cassés par exemple.

D'après l'enquête réalisée par Réséda en Normandie en 2019, le volume de coproduits générés représente environ 4 % des volumes des denrées produites. Les trois quarts sont des produits secs (biscuit, pain, pâtisserie en mélange avec des pâtes crues humides) et le quart restant des rebuts de production. L'ensemble de ces coproduits sont valorisés, par l'industrie de l'alimentation animale pour l'alimentation des animaux de rente.

Les coproduits contenant des pâtes crues subissent un traitement thermique avant d'être utilisés pour l'alimentation des animaux pour assurer la sécurité sanitaire de leur usage.

## Une valorisation de proximité

Dans cette filière de seconde transformation, le volume de coproduits est faible par rapport au volume de denrées produites et les coproduits sont disponibles de façon irrégulière. Aussi le choix de la valorisation se fait-il plutôt en fonction des opportunités locales, telles que l'alimentation animale, qui est d'ailleurs la principale voie de valorisation des coproduits de ces filières. Ils présentent en effet un intérêt nutritionnel pour les animaux, notamment les porcs.

Les écarts de production issus de biscuiteries et de pâtisseries peuvent également être valorisés en méthanisation. En effet, les graisses et les sucres contenus dans ces produits leur confèrent un fort potentiel méthanogène.

## Prévention des pertes et gaspillages : une priorité

Dans l'industrie des biscuits, pâtisseries et viennoiseries, les unités de production reçoivent des ingrédients utilisables tels quels, composés uniquement de la part comestible. Ainsi, l'enjeu n'est pas tant de trouver des voies de valorisation pour des coproduits, mais plutôt de réduire les sources de pertes et gaspillages.

Afin de mettre en place un plan de lutte contre le gaspillage au sein d'une industrie agroalimentaire, il est tout d'abord nécessaire de **cartographier les pertes d'un site pour en identifier les raisons et les volumes**. Cette cartographie détaillée permet d'identifier les sources des pertes et gaspillages alimentaires à chaque étape de la chaîne de production : logistique et manipulation des matières premières, biais des lignes de production, etc. Cet état des lieux est indispensable pour définir un plan d'action précis. Il peut être réalisé en interne ou par un tiers et s'inscrire dans une démarche individuelle comme collective. La mobilisation du personnel et son implication sont plus ou moins importantes selon la cartographie, mais toujours nécessaire (La Coopération Agricole, 2021).

Le plan d'actions vise à **optimiser les process existants ou créer de nouveaux process.** Concernant l'optimisation des process, il peut être intéressant de travailler avec la maintenance pour éviter les chutes au sol (installation de goulottes pour récupérer les chutes de ligne), optimiser les paramètres machines (réduction du jutage et des débordements), maîtriser les températures (suivi fin de la température lors du transport de la marchandise), réduire les problèmes de conditionnement (mise sous vide, packaging fragile, etc.) ou encore diminuer les erreurs de standard (problème de formulation ou de recette, erreur de moules, etc.).

Il est parfois nécessaire de recourir à la mise en place de nouveaux procédés logistiques, de stockage, de formulation, de conditionnement ou de transformation pour réduire les pertes et gaspillages alimentaires ou les réutiliser en interne. Le levier « **réutilisation interne** » correspond à la valorisation des écarts et coproduits comme matière première dans une activité du site. En travaillant par exemple sur la tolérance de la recette vis-à-vis de la réincorporation des pertes, les entreprises réintroduisent leurs pertes dans la chaîne alimentaire. Il s'agit d'une innovation de process qui permet de réduire les quantités de pertes *a posteriori*. Il est également possible de définir d'autres modes de vente, comme la forme surgelée pour les produits non vendus en frais.

### POUR ALLER PLUS LOIN

**Un travail sur la lutte contre le gaspillage alimentaire a été engagé par le pôle RSE de La Coopération Agricole et a donné lieu à la création de fiches sur la lutte contre le Gaspillage Alimentaire. Ce document est disponible sur le site Internet de La Coopération Agricole. Des accompagnements personnalisés peuvent également être conduits.**

## Optimisation et innovation de process

▶ La **Biscuiterie de l'Abbaye** a mis en place des actions qui lui ont permis de diminuer de façon significative ses pertes alimentaires. Un groupe de travail dédié à cette thématique a été mis en place, le « Top produit ». Ce groupe de travail est composé de salariés des différents services de l'entreprise. Son objectif est d'identifier les produits qui posent des problèmes de production comme par exemple des biscuits déclassés pour des raisons de couleur, calibre ou poids non conformes. Les différents problèmes de process rencontrés sont analysés. Cela permet ensuite de développer des axes d'amélioration et de fixer des actions à mener. En 10 ans, les pertes ont été réduites de plus de 40 t par an ; soit une économie annuelle de l'ordre de 100 000 euros. La biscuiterie a par exemple adapté certaines recettes afin de pouvoir réincorporer 1 % de biscuits cassés (broyés au préalable) dans la formulation de biscuits.

La Biscuiterie de l'Abbaye, a également développé des boutiques d'usine qui permettent à l'entreprise de vendre aux consommateurs des denrées alimentaires non conformes uniquement du point de vue de leur présentation (biscuits hors calibre, erreurs de conditionnement ou dates courtes).

# LA FABRICATION DE PLATS PRÉPARÉS

En 2019, ce sont environ 350 000 t de plats cuisinés (pâtes cuisinées, plats à base de porc, légumes cuisinés, sauces, etc.) qui ont été vendus et environ 1 million de tonnes de produits de la mer (crevettes, crustacés cuits, saumons, truites fumées, surimi) [Association des Entreprises de Produits Alimentaires Élaborés (ADEPALE)].

Ainsi, il existe différents types de plats préparés : des plats préparés comprenant des produits animaux (viande, produits de la mer) et des plats composés uniquement de matières premières végétales.

## Une grande diversité de coproduits en faible quantité

De la diversité des plats préparés découle la diversité des coproduits générés par les entreprises fabriquant des plats préparés. Cependant, les entreprises produisant des plats préparés travaillent uniquement à partir de la part comestible des aliments. Leur activité se concentrent sur l'assemblage de produits présélectionnés pour leur intérêt en alimentation humaine.

On distingue deux types de coproduits :
- des **pertes d'ingrédients** lors de la fabrication (sauce, pâte, fromage, etc.) ;
- des **produits finis ou semi-finis en mélange**.

D'après l'enquête réalisée par Réséda en Normandie en 2019, le ratio des coproduits par rapport aux denrées produites est estimé à 2,7 %. Au regard du caractère consommable de ces coproduits et bien que ce ratio soit faible par rapport aux ratios dans les secteurs de la première transformation, ces 2,7 % représentent une perte de ressources, de moyens financiers et humains importants.

La majorité des coproduits sont valorisés en méthanisation. Les coproduits peuvent aussi être valorisés en compostage. Des coproduits issus d'entreprises transformant des produits de la mer peuvent plus particulièrement intéresser l'industrie de la nutrition animale pour les animaux de compagnie. En raison de leurs caractéristiques (produits humides, contenant ou non des produits animaux), les coproduits sont souvent valorisés dans un rayon inférieur à cent kilomètres du lieu de production.

## Des valorisations contraintes par la réglementation

Les acteurs de cette filière doivent bien souvent gérer des coproduits en mélange, dont des matières animales : les diverses références et recettes génèrent des mélanges

complexes qui peuvent limiter les possibilités de valorisation des coproduits dans les filières de nutrition animale et humaine par manque de traçabilité des composants, et ce, malgré leur caractère comestible avant assemblage.

Certains coproduits contiennent des produits animaux tels que de la viande ou du lait par exemple. Ils doivent donc être valorisés en tenant compte des contraintes réglementaires relatives aux sous-produits animaux. Cela peut impliquer un traitement préalable au regard de la réglementation et donc l'obligation de recourir à des prestataires possédant les agréments spécifiques aux différentes catégories de sous-produits animaux telles que définies par la réglementation (cf. fiche Industrie de la viande).

## Privilégier la réduction des pertes et gaspillages alimentaires

Une piste d'amélioration de la valorisation pourrait être une séparation, en amont, des coproduits contenant des produits animaux de ceux n'en contenant pas, à condition que cela soit intéressant du point de vue économique.

Mais la typologie particulière des coproduits générés par l'élaboration des plats préparés oriente plutôt la réflexion sur la réduction des pertes et gaspillages alimentaires.

Pour rappel, la loi du 11 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire stipule que *« toute nourriture destinée à la consommation humaine qui, à un endroit de la chaîne alimentaire est perdue, jetée, dégradée, constitue le gaspillage alimentaire ».*

Cette même loi fixe un objectif de réduction de 50 % du gaspillage alimentaire pour les industries de l'agroalimentaire d'ici 2030 par rapport à 2015. Cette réduction passe par la mise en place d'une démarche de lutte contre le gaspillage alimentaire au travers de différentes actions hiérarchisées, inscrites dans la loi :

- **la prévention du gaspillage alimentaire** ;
- **l'utilisation des invendus** propres à la consommation humaine, par don ou transformation ;
- la valorisation destinée à **l'alimentation animale** ;
- l'utilisation à des fins de **compost** pour l'agriculture ou la **valorisation énergétique**, notamment par méthanisation.

Aussi, la priorité devrait être de réduire à la source les coproduits, par exemple en :

- travaillant avec la **maintenance** pour éviter les chutes au sol (exemple : installation de goulottes pour récupérer les chutes de ligne) ;
- réduisant les problèmes de **conditionnement** (mise sous vide, packaging fragile, etc.) ;
- diminuant les **erreurs de standard** (problème de formulation ou de recette, erreur de moules, etc.) par une sensibilisation du personnel et une optimisation des postes de travail.

# Chapitre 3 :
# CONSTRUIRE UN PROJET DE BIOÉCONOMIE AVEC LES ACTEURS DE LA FILIÈRE ET DU TERRITOIRE

RETOUR AU SOMMAIRE

**INTRODUCTION** 142

Une dimension humaine essentielle 143
Un ancrage territorial incontournable 143

**CADRER LE PROJET ET IDENTIFIER LES ACTEURS À PRENDRE EN COMPTE** 146

Constituer un comité de pilotage 146
Préciser le sujet et rappeler les principaux éléments de contexte 147
Identifier et positionner les acteurs du territoire 148
Entrer en relation avec les acteurs 152

**ÉCHANGER ET COCONSTRUIRE AVEC LES ACTEURS SELON LEURS MOTIVATIONS** 156

S'appuyer sur une personne « relais » pour construire une relation pérenne avec les acteurs 156
Fédérer les acteurs agricoles autour du projet 157
Impliquer les acteurs publics 159
Coconstruire avec les acteurs et sortir des idées reçues grâce à l'évaluation 163

**LES CLÉS DE RÉUSSITE DU PORTEUR DE PROJET** 164

# INTRODUCTION

Si une filière peut se définir par ses flux et ses étapes techniques, elle peut également se définir par les personnes et structures qui la font vivre et qui appartiennent à un territoire avec sa géographie, ses réseaux, etc. Ainsi, la réussite d'un projet de filière repose sur la prise en compte de plusieurs dimensions : ses dimensions technique et organisationnelle et ses dimensions humaine et territoriale. Ce sont ces dernières dimensions qui sont abordées dans ce chapitre, à partir de la démarche FILABIOM.

## LA DÉMARCHE FILABIOM

**Piloté par Agro-Transfert Ressources et Territoires, le projet Réseau de sites démonstrateurs a été mené en partenariat avec des structures scientifiques, techniques et économiques entre 2015 et 2020.**
**L'objectif de ce projet était d'acquérir des références et connaissances utiles à la production et mobilisation de biomasses agricoles pour une valorisation territoriale de celles-ci dans les secteurs de la chimie, des biomatériaux et de l'énergie. La structuration du projet autour de quatre plateformes d'expérimentation agronomique et de trois cas d'étude concrets a permis de développer une démarche d'accompagnement issue du terrain, appelée FILABIOM.**
**Cette démarche vise à faciliter l'essor de la bioéconomie, en accompagnant la mise en place et l'ancrage territorial des projets.**

FILABIOM

**Elle propose à un porteur de projet (coopérative, collectivité, etc.) de construire sa filière d'approvisionnement au travers de deux axes de travail interconnectés : la mise en place concrète de la filière d'approvisionnement en biomasse agricole d'une unité de valorisation et l'ancrage du projet au sein du territoire. Des guides, vidéos et fiches de synthèse outillent la démarche. Quatre guides portent notamment sur la façon de construire un projet de bioéconomie avec les acteurs de la filière et du territoire. Ils sont cités tout au long de ce chapitre qui s'appuie sur les travaux issus de ce projet** (Agro-Transfert Ressources et Territoires & Al, 2020b, 2020c, 2020a)**.**
**Découvrez la démarche FILABIOM et ses outils sur le site Internet dédié :**
www.agro-transfert-rt.org/filabiom/

## UNE DIMENSION HUMAINE ESSENTIELLE

Prendre en compte la dimension humaine et territoriale d'un projet, c'est construire ce dernier avec les acteurs de la filière et du territoire, et ce, même si le lien entre le projet et un acteur ne semble pas être direct ou primordial.

Les acteurs d'un territoire sont *a priori* motivés par le développement local du territoire sur lequel ils interagissent. Plus particulièrement, les acteurs publics recherchent, dans le développement des entreprises, l'intérêt de la collectivité tant sur les aspects économiques que sociaux, environnementaux ou encore relatifs au cadre de vie (Asselineau & Cromarias, 2010).

Ainsi, un projet de valorisation territoriale de biomasse, va venir questionner les acteurs locaux : Quelle est la philosophie du projet ? Qui est le porteur de projet et est-il sérieux ? Va-t-il contribuer au développement économique du territoire ? etc. (Agro-Transfert Ressources et Territoires, 2017, p. 61).

Les acteurs du territoire vont, en quelque sorte, se demander s'il y a une convergence entre les intérêts de l'entreprise portant le projet et ceux du territoire, des différents groupes le composant (Asselineau & Cromarias, 2010) ou encore des intérêts de leur propre entreprise. C'est pourquoi il est conseillé au porteur de projet de rechercher cette convergence et de la mettre en évidence. Il s'agit de l'une des clefs d'acceptation du projet. Pour ce faire, il est nécessaire d'entrer en relation avec les acteurs du territoire, de créer un lien de confiance et de construire le projet avec eux pour être soutenu par l'ensemble des acteurs locaux dans le temps.

'

**ACTEURS**

**Un acteur est un groupe humain qui agit sur l'espace. Il est presque toujours collectif (collectivité territoriale, entreprise, association de riverains, etc.) mais peut également qualifier une personne. De même qu'au théâtre, les acteurs se donnent la réplique : ils sont en interaction** (Géoconfuences, 2017)**.**

## UN ANCRAGE TERRITORIAL INCONTOURNABLE

S'intéresser à la dimension humaine et territoriale d'un projet, c'est aussi prendre en compte les spécificités du territoire et chercher à en faire des atouts pour le projet. Construire le projet avec l'idée de l'ancrer sur le territoire et dans le temps pourra être

source d'opportunités sur le moyen-long terme et apportera résilience et compétitivité (cf. figure III.1).

Ce chapitre a pour objectif de présenter comment cadrer un projet et identifier les structures et personnes à impliquer. L'identification des acteurs et de leur positionnement par rapport au projet permettra de formuler des préconisations sur la façon d'entrer en relation avec eux. Des clefs de réussite sont proposées afin de permettre au porteur de projet d'échanger avec ces acteurs en fonction de leurs attentes et profils et créer une relation de confiance. Il en découle des préconisations sur la façon d'interagir et de conduire un projet en tant que porteur de projet (cf. figure III.2).

### ANCRAGE LOCAL

**L'ancrage local désigne l'implication de l'entreprise dans le développement économique, environnemental et sociétal du territoire, visant à préserver et à renforcer les ressources communes de l'entreprise et de ce territoire. Les ressources communes peuvent être humaines, économiques, techniques et technologiques, environnementales, sanitaires et culturelles ; elles incluent également la qualité des relations entre les acteurs du territoire** (OREE, 2017).

▶ Dans le cadre de la construction de la démarche FILABIOM, une des entreprises accompagnées était la **CALIRA**, une coopérative linière. Son projet était de développer de nouveaux débouchés pour ses anas de lin sur le marché des matériaux biosourcés. Pour cela, elle était à la recherche d'un partenaire avec lequel travailler à l'intégration d'anas de lin dans des matériaux. Après un an de prospection auprès des entreprises de la région, c'est au travers du réseau du directeur de la coopérative que ce partenaire a été trouvé : une entreprise de plasturgie implantée à une dizaine de kilomètres de la CALIRA.
La relation de travail entre la CALIRA et Plastitek s'est établie très rapidement et a véritablement permis aux deux acteurs d'avancer efficacement sur le projet. Les porteurs de projet expliquent cette réussite par différents facteurs :

- la **proximité géographique** des acteurs facilite les échanges et en améliore la qualité ;
- une **connaissance des acteurs** antérieure au projet permet de bénéficier d'une relation de confiance établie ;
- le **partage d'une finalité commune** et la vision d'un marché porteur motivent la réalisation d'un travail conjoint ;
- la **complémentarité** des compétences et savoir-faire permet un gain de temps.

Cet exemple de collaboration souligne l'importance de participer à la vie du territoire et d'en rencontrer ses acteurs. Sur le court terme, l'intérêt est peut-être faible, en revanche, sur le long terme, l'ancrage local des entreprises peut être source d'opportunités.

**Figure III.1. Parcours d'ancrage local d'une entreprise à la façon d'une pyramide de Maslow** (OREE 2017)

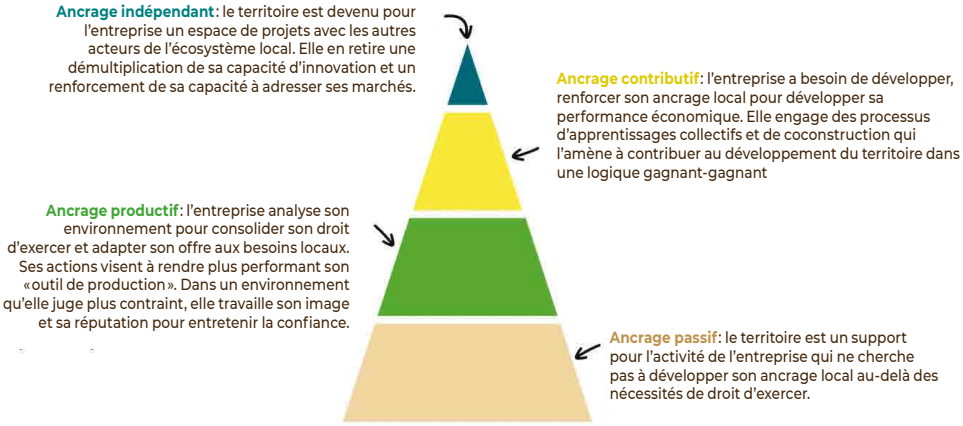
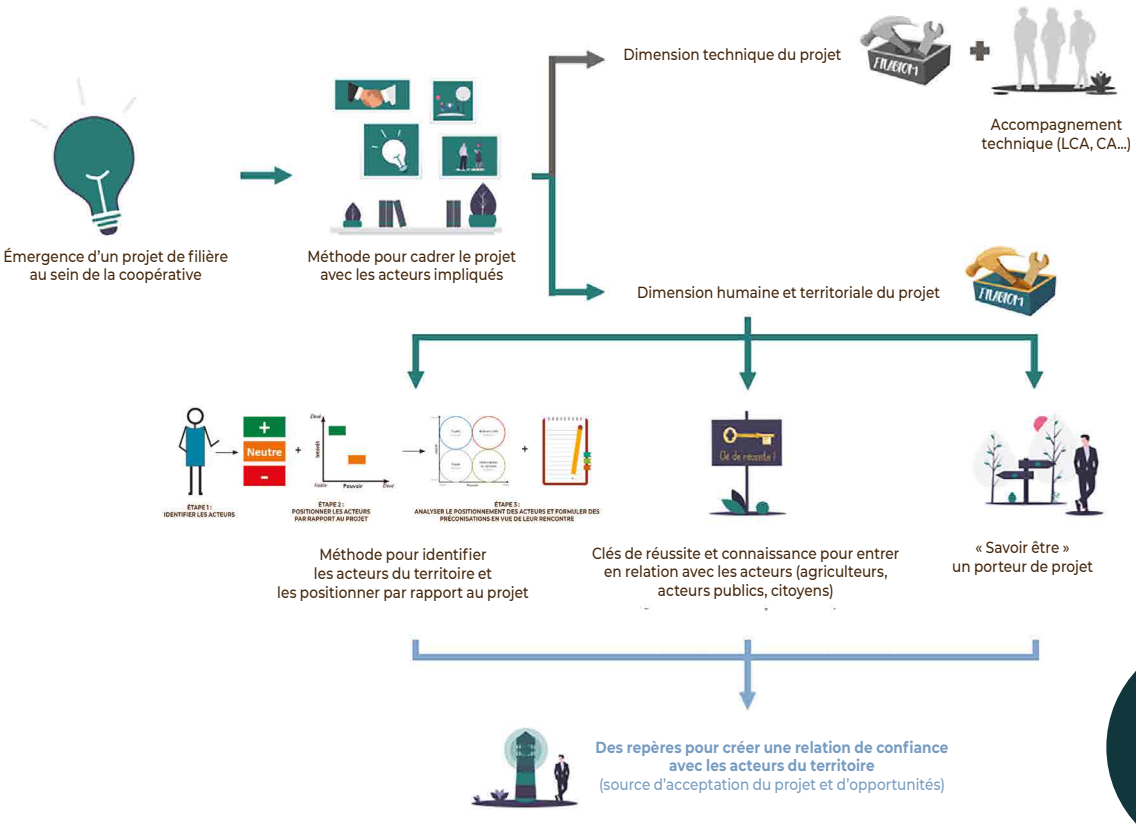



**Figure III.2. Schéma d'ensemble d'une démarche de projet**



# CADRER LE PROJET ET IDENTIFIER LES ACTEURS À PRENDRE EN COMPTE

*« Installer un projet de valorisation de la biomasse sur un territoire nécessite de bien étudier son insertion dans le contexte territorial, facilitant ainsi son acceptation sociale : plus le projet est partagé et construit avec les parties prenantes locales (agriculteurs, organismes stockeurs, collectivités locales, etc.), plus il aura de chances d'aboutir dans de bonnes conditions et d'être rémunérateur. »* (Pellecuer, 2015).

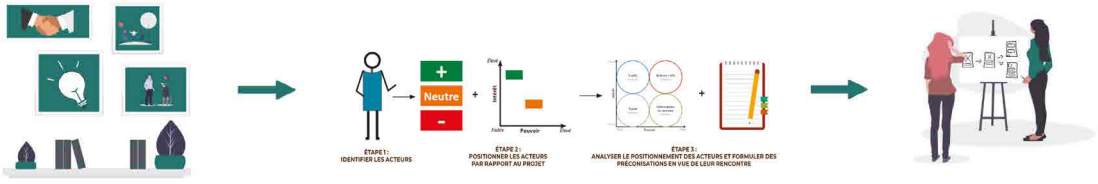
## CONSTITUER UN COMITÉ DE PILOTAGE

Il est tout d'abord nécessaire de constituer un « comité de pilotage » du projet. En fonction du type de projet et de son état d'avancement, ce comité de pilotage pourra se constituer en interne avec les membres de différents services de l'entreprise, ou bien réunir également des partenaires extérieurs investis dans la création du projet, en vue par exemple, de la constitution d'un consortium. Une personne « relais » (cf. p. 154) peut être conviée au comité de pilotage. Cette personne peut faire partie de structures d'accompagnement telles que La Coopération Agricole, une chambre consulaire ou encore une interprofession.

Une séance de travail du comité de pilotage est nécessaire pour développer une vision partagée du projet et de son écosystème.

L'identification des acteurs du territoire intervenant dans le processus d'émergence de la filière permettra de formuler des préconisations concrètes quant à la façon d'impliquer les acteurs dans le projet et donc sur la manière de les aborder et de leur présenter le projet (cf. figure III.3).

**Figure III.3. Lancement du comité de pilotage**




**Préciser le sujet et rappeler les principaux éléments du contexte**

**Identifier et positionner les acteurs du territoire vis-à-vis du projet**

**Définir les premières étapes pour entrer en relation avec les acteurs du territoire**

## PRÉCISER LE SUJET ET RAPPELER LES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

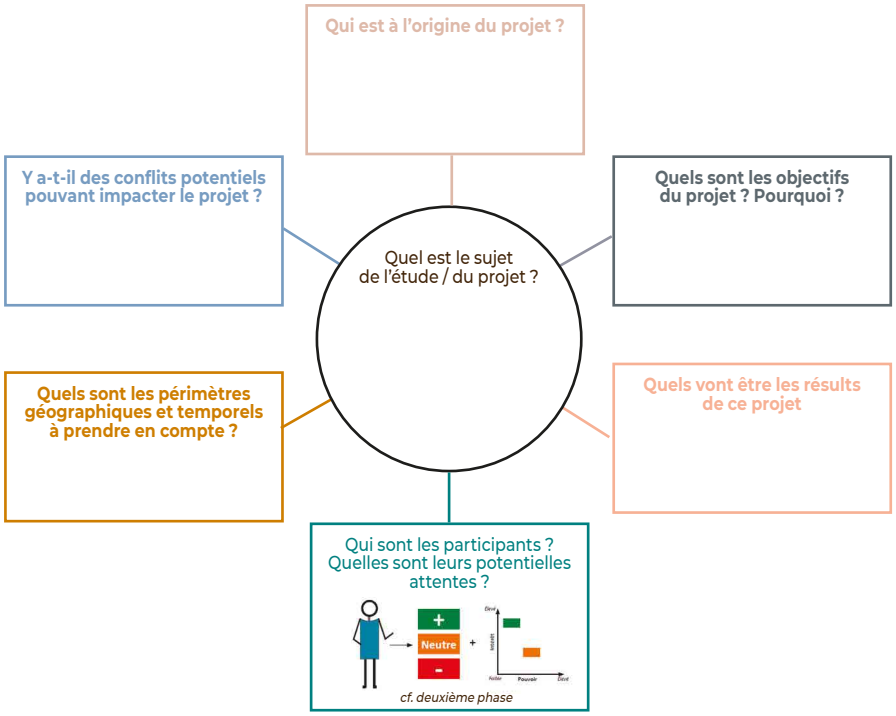
Définir le sujet et le contexte dans lesquels les membres du groupe de travail vont chercher à positionner les acteurs est un préalable à l'identification des parties prenantes du territoire, significatives vis-à-vis du projet. Cette étape permet de s'assurer que l'ensemble des personnes du comité de pilotage parle de la même chose et dispose d'un socle commun de connaissances.

Pour réaliser ce travail, il convient de se poser sept questions permettant de cadrer et de repositionner le projet dans son contexte (cf. figure III.4).

**PARTIES PRENANTES**

**Individu ou groupe ayant un intérêt dans les décisions ou activités d'une organisation** (ISO 26 000, 2010).

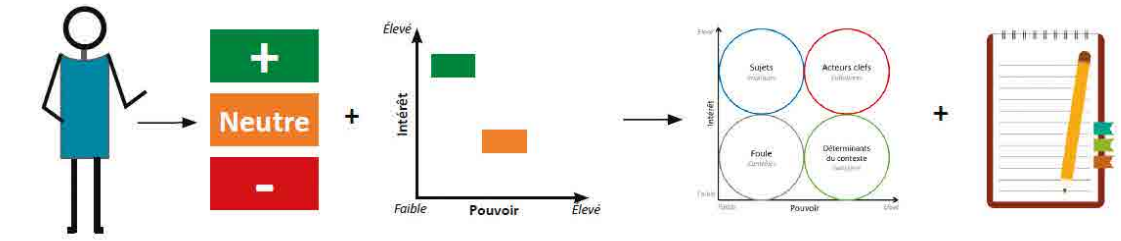
**Figure III.4. Sept questions pour cadrer un projet**



## IDENTIFIER ET POSITIONNER LES ACTEURS DU TERRITOIRE

Une approche en trois phases est proposée (cf. figure III.5). Elle passe par une phase d'identification et de positionnement, *a priori*, des acteurs vis-à-vis du projet permettant ensuite de formuler des préconisations concrètes quant à la façon de les impliquer et la manière de les aborder et de leur présenter le projet.

**Figure III.5. Identifier et positionner *a priori* les acteurs**




ÉTAPE 1 :
IDENTIFIER LES ACTEURS

ÉTAPE 2 :
POSITIONNER LES ACTEURS PAR RAPPORT AU PROJET

ÉTAPE 3 :
ANALYSER LE POSITIONNEMENT DES ACTEURS ET FORMULER DES PRÉCONISATIONS EN VUE DE LEUR RENCONTRE

### Étape 1 : Identifier les acteurs

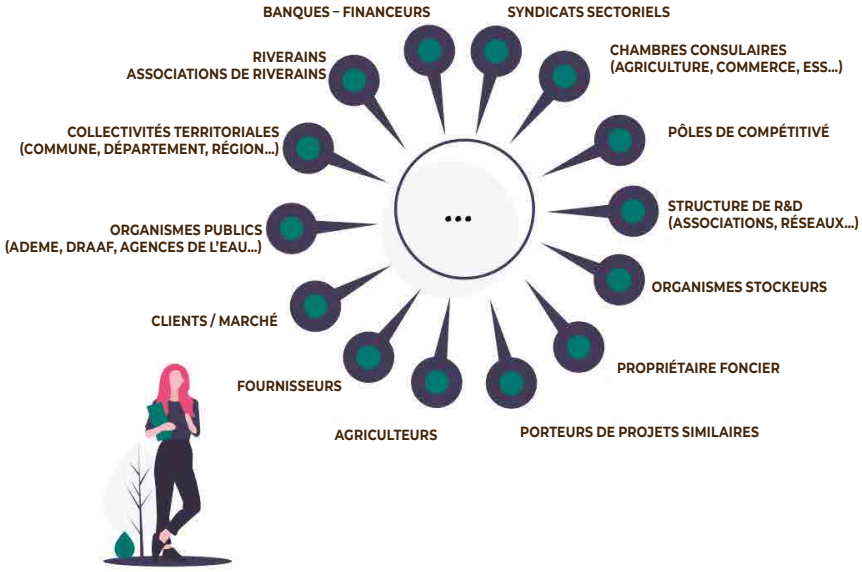
Cette étape consiste à se demander quelles sont les parties prenantes présentes sur le territoire et pouvant impacter ou être impactées par le projet étudié. Il s'agit d'établir une liste des acteurs du territoire liés directement ou indirectement au projet. Cette liste est spécifique à chaque projet et se constitue en échangeant entre les membres du comité de pilotage. Une liste non exhaustive de structures régulièrement identifiées dans les projets de bioéconomie est proposée à titre d'exemple (cf. figure III.6), mais ne peut pas être généralisée. Trois catégories sont néanmoins récurrentes et seront réévoquées dans la partie II : les organismes agricoles, les acteurs publics et les riverains.

Si la structure portant le projet est investie dans une démarche RSE, une première identification des parties prenantes de l'entreprise et de leurs attentes génériques a été élaborée et pourra servir de base (La Coopération Agricole, 2018).

#### POUR ALLER PLUS LOIN

**La Coopération Agricole met à disposition des coopératives différents outils pour les aider dans la constitution de cette base : le *Guide du reporting RSE* ainsi que le *Guide des Parties Prenantes* qui propose un outil d'identification et de dialogue avec les parties prenantes d'un projet agricole ou agroalimentaire. Composé d'un tableur Excel applicatif, il permet d'inventorier les parties prenantes significatives et de suivre les échanges avec ces dernières. Le guide est accessible sur le site Internet de La Coopération Agricole (**https://www.lacooperationagricole.coop/centre-de-ressources?search_api_fulltext=guide**) ou sur demande par mail.**

**Figure III.6. Liste non exhaustive des catégories d'acteurs fréquemment identifiés**




RECOMMANDATION

## VEILLER À NE PAS PRÉSUMER DES COMPÉTENCES ET DE L'INFLUENCE D'UN ACTEUR SUR LE PROJET

**Exclure délibérément un acteur ou groupe d'acteurs du processus de concertation équivaut à présumer de ses compétences et de son influence sur le projet. Cela peut générer des blocages et des réticences vis-à-vis du projet de la part de différents acteurs du territoire. L'expérience montrant qu'il est souvent complexe de juger de l'apport potentiel de l'acteur pour un projet, il est conseillé d'identifier tous les acteurs et de réfléchir à leur degré d'influence éventuel.**

**Une telle approche permettra, par exemple, d'éviter de présumer que certains acteurs publics ont uniquement un rôle de contrôle des projets alors qu'ils ont également un rôle de facilitateur (cf. tableau III.4, p. 160). Elle permettra également d'éviter d'entrer en contact avec les agriculteurs du territoire sans avoir pris contact en parallèle avec les organismes professionnels agricoles, générant une suspicion de la part de ces organismes, qui pourront, lorsqu'ils seront sollicités par les agriculteurs, leur conseiller d'être vigilants vis-à-vis du projet.**

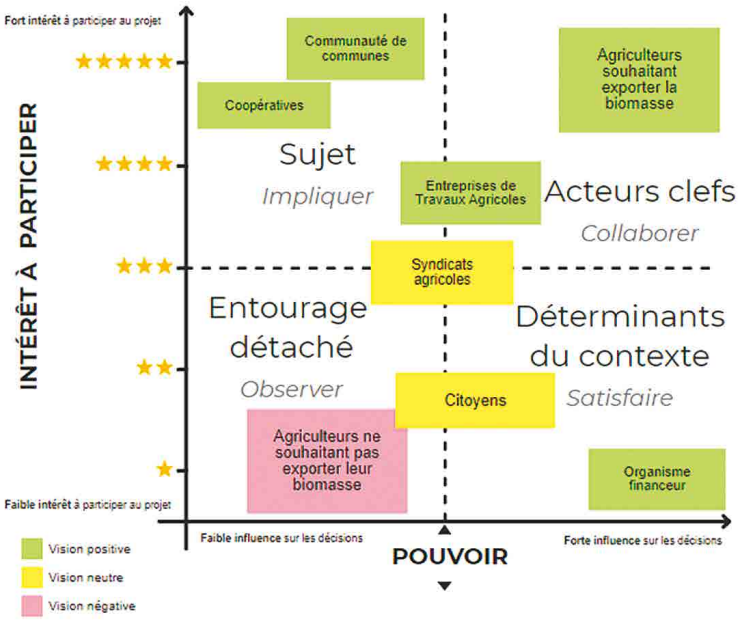
## Étape 2 : Positionner les acteurs par rapport au projet

Cette étape consiste à positionner les acteurs en fonction de leur vision du projet, de leur intérêt à y participer et de leur influence sur les décisions. Pour cela, le comité de pilotage se posera trois questions pour chacun des acteurs identifiés (cf. tableau III.1). Les acteurs sont ensuite positionnés de manière relative les uns par rapport aux autres (cf. figure III.7).

**Tableau III.1. Questions et actions pour positionner les acteurs vis-à-vis du projet**

| | Questions | Actions |
|---|---|---|
| 1 | *A priori*, l'acteur a-t-il une vision positive, neutre ou négative du projet ? | Inscrire le nom de l'acteur sur un post-it dont la couleur indique sa vision du projet<br>Ex : Positive —> vert ; neutre —> jaune ; négative —> rouge |
| 2 | *A priori*, l'acteur peut-il avoir une influence sur les décisions relatives au projet étudié ? Son influence est-elle faible ou forte ? | En fonction des réponses, positionner le post-it sur un graphique avec en abscisse un axe relatif au pouvoir et en ordonnée un axe relatif à l'intérêt. |
| 3 | *A priori*, l'acteur a-t-il un intérêt à participer au projet ? Son intérêt est-il faible ou fort ? | |

**Figure III.7. Positionnement relatif au pouvoir et à l'intérêt des acteurs**



## Étape 3 : Analyser le positionnement des acteurs et formuler des préconisations en vue de leur rencontre

Cette étape permettra de formuler des préconisations sur la façon d'impliquer les acteurs dans le projet et la manière de les aborder. Pour la réaliser, il s'agit de repartir du graphique « Positionnement relatif au pouvoir et à l'intérêt des acteurs » réalisé dans l'étape 2 et de le décomposer en quatre zones (cf. figure III.7). Le tableau III.2 permet d'interpréter le schéma obtenu.

**Tableau III.2. Grille de lecture de la figure *Positionnement relatif au pouvoir et à l'intérêt des acteurs* (figure III.7) pour formuler des préconisations** (à partir de Lisode, 2017)

| Groupe | Mot clé | Lecture du résultat |
|---|---|---|
| **Entourage détaché**<br>*Faible pouvoir et faible intérêt* | Observer | On peut avoir des doutes sur la mobilisation spontanée des acteurs situés dans la partie inférieure gauche du schéma (ayant un faible pouvoir et un faible intérêt). Si certains de ces acteurs sont importants pour le porteur de projet, il sera sans doute nécessaire de déployer des efforts de mobilisation spécifiques en leur direction. Sinon, il convient d'observer l'évolution de leur positionnement afin de pouvoir s'y adapter et, en fonction, de changer de stratégie vis-à-vis d'eux. |
| **Déterminant du contexte**<br>*Faible intérêt et pouvoir élevé* | Satisfaire | Il peut être tentant de négliger les acteurs situés en bas à droite du schéma (ayant un grand pouvoir mais un faible intérêt) du fait qu'ils soient généralement assez éloignés du projet. On retrouve typiquement les acteurs publics ayant une mission de contrôle (tableau III.4) auprès desquels le porteur de projet devra prouver que son projet satisfait les exigences légales. S'il n'est pas toujours pertinent de les avoir au cœur des réunions, il peut être important de les tenir informés régulièrement des avancées des discussions pour éviter toute surprise en fin de processus. |
| **Sujet**<br>*Fort intérêt et faible pouvoir* | Impliquer | Les acteurs en haut du schéma seront, par définition, plus faciles à mobiliser car motivés par leur intérêt propre. Pour les acteurs clefs, le porteur de projet veillera à collaborer avec eux dans le pilotage du projet et la conduite des actions. Il devra également veiller à ce que les acteurs ayant un pouvoir plus faible soient en capacité effective de participer (niveau d'information suffisant, aisance à l'oral, etc.). Par exemple, il est parfois nécessaire d'organiser des groupes de dialogues spécifiques à certains groupes d'usagers pour les aider à structurer leur discours avant de rejoindre un groupe plus grand. |
| **Acteurs clefs**<br>*Fort intérêt et pouvoir élevé* | Collaborer | |

RECOMMANDATION

**CONCENTRER AUTANT D'EFFORTS DANS LA FIDÉLISATION DES ACTEURS EN FAVEUR DU PROJET QUE DANS LA RÉPONSE AUX RÉFRACTAIRES**

**La méthode de « la stratégie des alliés », développée en socio-dynamique, suppose que *« ce sont les alliés qui font la réussite d'un projet, bien plus sûrement que les opposants ne font son échec »*** (Tonnelé, 2011)**.**
**Ainsi, dans le cas où des acteurs réfractaires au projet sont identifiés, il est important que le porteur de projet ne concentre pas toute son énergie à les convaincre et à les faire adhérer au projet. En effet, dans certains cas, il peut être bénéfique d'éviter de s'en occuper et de se concentrer sur la fidélisation des alliés** (UniLaSalle et al., 2018)**.**

## ENTRER EN RELATION AVEC LES ACTEURS

Les différents éléments ainsi obtenus permettent maintenant de construire un plan d'action pour entrer en relation avec les acteurs. Il convient de réfléchir pour chaque acteur identifié à :

- un **objectif SMART** (Spécifique, Mesurable, Atteignable, Réaliste et Temporel) ;
- un **mode d'action** ou moyen de communication adapté pour entrer en relation avec lui ;
- et des **préconisations** sur la manière de mener l'action définie.

### Le choix des acteurs à rencontrer

RECOMMANDATION

**PRÉVOIR D'ÉCHANGER AVEC TOUS LES ACTEURS CONCERNÉS DIRECTEMENT ET INDIRECTEMENT PAR LE PROJET**

**Il est primordial d'échanger avec les acteurs identifiés précédemment et concernés par le projet : habitants de la commune, élus de la commune, agriculteurs, etc., surtout pour les projets pouvant susciter des réserves. Associer tous les acteurs concernés par le projet demande un véritable effort et est perçu par les acteurs publics comme un gage de la volonté du porteur de projet d'ancrer son projet dans le territoire et dans le temps. Ce travail de terrain permet aux acteurs d'établir un contact direct avec le porteur de projet. En prenant le temps et en étant présent, le porteur de projet contribue à ériger un modèle organisationnel fonctionnel et facilite l'acceptation de son projet sur le territoire** (UniLaSalle et al., 2018)**.**

► L'entreprise **Vol-V Biomasse**, afin de disposer d'un approvisionnement en paille pour son projet d'unité de méthanisation (CBVER) ainsi que de terres sur lesquelles épandre son futur digestat, est allée rencontrer individuellement chacun des agriculteurs du territoire, sans sélectionner des exploitations agricoles en fonction de leur taille, de l'appartenance

à un syndicat ou autre critère. Seul le critère géographique a été pris en compte. Pour le porteur de projet, travailler de cette façon a permis de créer une relation commerciale et opérationnelle avec les acteurs. Parmi plus de 70 agriculteurs rencontrés, 30 ont par la suite accepté de contractualiser avec Vol-V Biomasse un échange de paille contre du digestat.

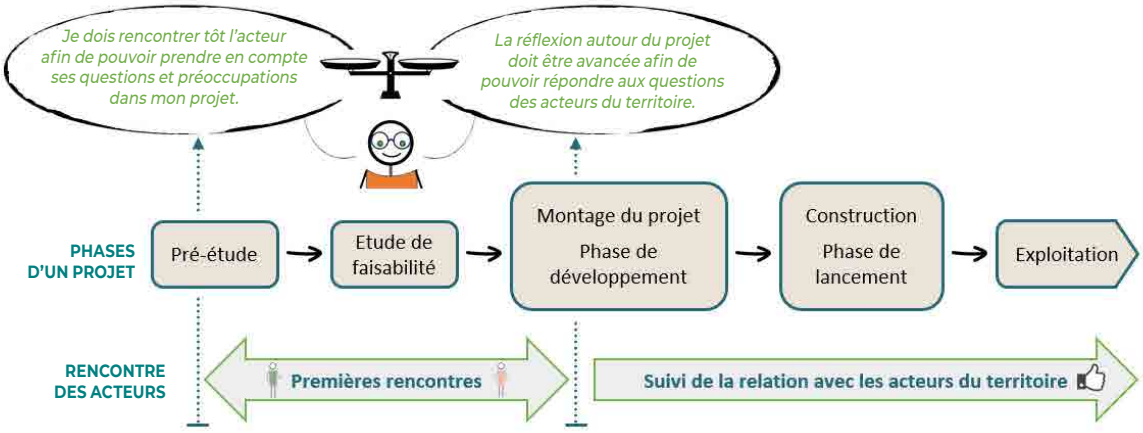
## Les étapes propices à la rencontre

S'il apparaît nécessaire d'aller rencontrer tous les acteurs identifiés, savoir quand le faire interroge. La réponse est spécifique à chaque projet. Il est généralement envisageable de réaliser les premières rencontres avec les acteurs même si le projet n'est pas encore abouti.

Les premières rencontres avec les acteurs du territoire sont à prévoir assez tôt afin de pouvoir associer ceux-ci dans la construction du projet, tout en étant en capacité de répondre à leurs questions, ce qui signifie que la réflexion du projet doit être assez avancée. Les acteurs du territoire apprécient que l'on fasse la démarche d'aller les rencontrer et que leur avis soit pris en compte dans la conception du projet. Le moment permettant de faire ces premiers échanges se situe *a priori* entre la phase de pré-étude du projet et celle de développement (cf. figure III.8). Il varie pour chaque acteur, en fonction de la mission de celui-ci et des caractéristiques du territoire.

À la suite de ces premières rencontres, le porteur de projet pourra apporter aux différents acteurs du territoire, des compléments d'informations, interagir avec eux au fur et à mesure de l'avancement du projet et ainsi construire, avec eux une relation dans le temps.

**Figure III.8. Dilemme du porteur de projet et rencontres des acteurs**

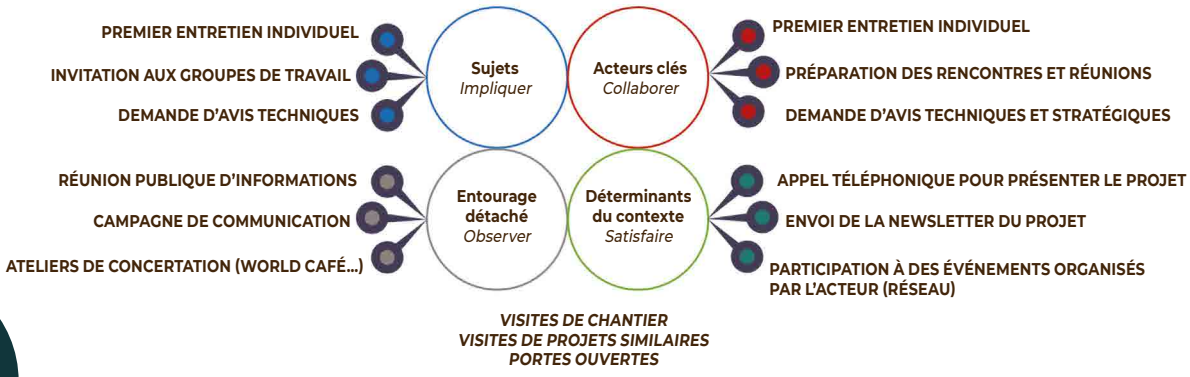


▶ **Édith BORGES** travaille au conseil départemental de la Somme. Elle accompagne les acteurs économiques contribuant, via leurs projets, au développement agricole et touristique du territoire.
La question de savoir quand aller rencontrer les habitants du territoire se pose souvent dans les projets qu'elle accompagne. D'après elle, organiser une rencontre trop précocement peut avoir pour effet de démoraliser le porteur de projet car les réunions citoyennes sont des exercices éprouvants. En revanche, organiser la rencontre tardivement peut générer un blocage citoyen fort. Il convient donc de trouver un compromis, en tenant compte du territoire et des acteurs identifiés préalablement.

## Les moyens de communication appréciés

Entrer en relation avec les acteurs identifiés peut se faire de plusieurs façons : entretien formel, organisation d'une visite, participation à un événement organisé par un acteur, campagne de communication, webinaire, etc. Choisir la manière d'entrer en contact avec tel ou tel acteur doit se faire en fonction du positionnement de l'acteur vis-à-vis du projet (sujets, acteurs clefs, entourage détaché ou déterminants du contexte) et de l'objectif poursuivi (impliquer, collaborer, observer ou satisfaire). La figure III.9 propose des moyens de communication envisageables selon les acteurs.

**Figure III.9. Moyens de communication possibles pour échanger avec les acteurs identifiés**



## RECOMMANDATIONS

### LES VISITES DE PROJETS SIMILAIRES CONTRIBUENT À CONVAINCRE LES ACTEURS

**L'organisation de visites de projets similaires peut être un outil de communication très efficace auprès des acteurs locaux. En effet, en voyant concrètement une unité de valorisation de biomasse fonctionner, ils pourront se rendre compte par eux-mêmes de la présence ou de l'absence de nuisances olfactives, sonores, environnementales ou autres impacts sur le voisinage. Ainsi, ils seront en mesure de se forger une opinion plus juste des avantages et inconvénients du projet proposé pour le territoire.**

### ORGANISER DES VISITES DE CHANTIERS POUR RASSURER LES PARTIES PRENANTES

**Une fois le projet amorcé, il peut être intéressant d'organiser des visites du chantier lors de la phase de construction de l'unité de valorisation. Cela permettra de répondre aux questions et maintenir un climat de confiance dans le suivi de la relation avec les acteurs du territoire.**

▶ La coopérative **UCAC**, afin de diversifier son approvisionnement en plaquettes destinées à une valorisation sur le marché du bois – énergie, souhaitait contractualiser avec des exploitations agricoles du territoire un approvisionnement en plaquettes de taillis à très courte rotation (TtCR) de saules. Pour cela, des communiqués ont été faits via le réseau de la coopérative et celui de la Chambre d'agriculture départementale. Tous les agriculteurs intéressés par le projet ont ensuite été rencontrés.

# ÉCHANGER ET COCONSTRUIRE AVEC LES ACTEURS SELON LEURS MOTIVATIONS

Une fois les phases d'identification et de positionnement des acteurs effectuées, il convient de se demander sous quelle forme le porteur de projet peut se présenter, lui et son projet, de façon à mobiliser les acteurs dont l'implication est utile voire indispensable. Des clefs de réussite et des retours d'expérience sont proposés.

## S'APPUYER SUR UNE PERSONNE « RELAIS » POUR CONSTRUIRE UNE RELATION PÉRENNE AVEC LES ACTEURS

Au fur et à mesure des échanges avec les acteurs identifiés, le porteur de projet verra émerger une personne ancrée au territoire avec laquelle une relation de confiance s'est établie. Être accompagné par cette personne « relais » permettra de mieux adapter le projet aux enjeux et caractéristiques du territoire. Elle l'aidera notamment à construire une relation pérenne avec les différents acteurs.

La personne « relais » est susceptible d'appartenir à divers organismes : fédération du secteur d'activité, collectivités territoriales, associations d'entreprises, organismes interprofessionnels, grandes entreprises, chambres consulaires, agences de développement économique, organismes de promotion ou de développement du territoire, etc. (Brullot et al., 2014).

▶ Les études menées sur le territoire de l'unité de méthanisation Vol-V Biomasse mettent en avant le rôle de deux personnes relais dans l'adhésion des acteurs du territoire au projet :

- **la chargée du développement territorial au sein de la communauté de communes :** elle a défendu le projet auprès de l'ensemble des élus et a conseillé Vol-V Biomasse dans les démarches à entreprendre et les visites à organiser. Elle a été un relais essentiel pour la mise en relation ;
- **un agriculteur du territoire :** il a rencontré les autres agriculteurs du territoire pour les convaincre. Il a joué le rôle d'intermédiaire entre eux et Vol-V Biomasse, parfois via des conseils mais aussi dans la résolution et l'anticipation des conflits. Il a également contribué à l'acceptation du projet par la société civile, les habitants et la collectivité. Grâce à son profil de leader auprès des agriculteurs et de la société civile, il a favorisé l'acceptabilité, désamorcé les oppositions en expliquant le principe du projet et en se montrant ouvert et disponible pour répondre à toutes les questions.

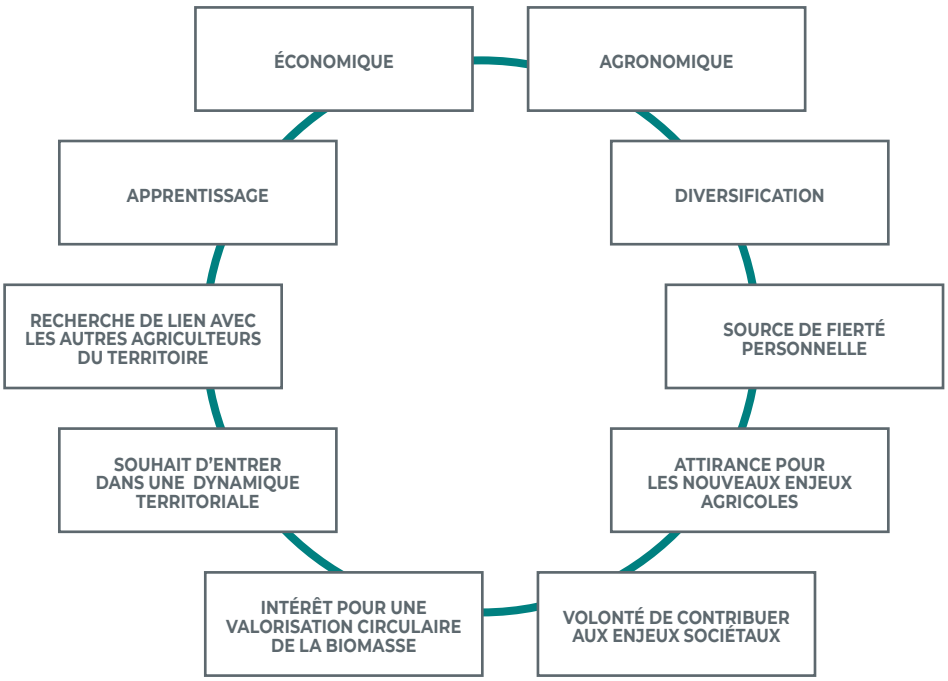
## FÉDÉRER LES ACTEURS AGRICOLES AUTOUR DU PROJET

Si le projet de bioéconomie s'appuie sur la mobilisation de cultures ou coproduits agricoles disponibles au sein des exploitations agricoles du territoire, il est indispensable de s'intéresser aux motivations poussant les agriculteurs à s'associer au projet. Elles peuvent être de plusieurs ordres (cf. figure III.10) et varient selon le profil de l'agriculteur (cf. figure III.11, page suivante).

Trois types d'agriculteurs s'engagent dans les projets d'approvisionnement en biomasse agricole d'unités de valorisation, avec des logiques d'action différentes :

- **L'agriculteur leader** positionne son engagement selon une logique « managériale et territoriale ».
  Son profil type est celui d'une personne expérimentée, dont les situations économique et agronomique sécurisées de son exploitation lui donnent l'occasion de s'investir dans de nouveaux projets. Il est investi dans des organisations professionnelles agricoles et occupe aussi des responsabilités dans la société civile ; il est informé des projets en cours et occupe donc une position stratégique au sein du territoire ;

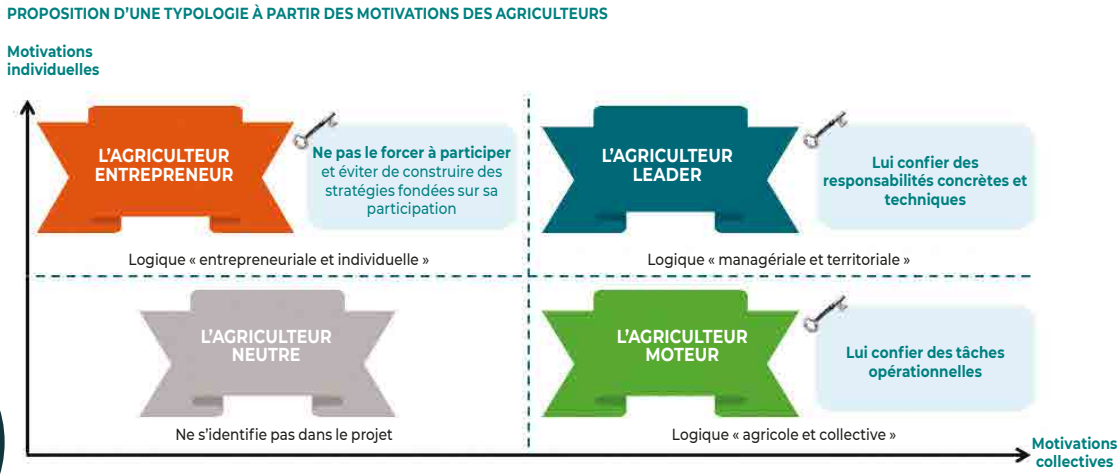
**Figure III.10. Motivations pouvant inciter les agriculteurs à adhérer à un projet**



- **L'agriculteur moteur** positionne son engagement selon une logique « agricole et collective ».
  Il sera généralement, par opposition à l'agriculteur leader, dans une démarche dynamique de reprise récente d'exploitation qui orientera son emploi du temps vers les aspects économique et agronomique de celle-ci. Bien qu'il n'occupe pas de multiples responsabilités dans la sphère agricole, il est investi dans les organisations collectives et souhaite défendre son métier et ses pairs.
- **L'agriculteur entrepreneur** positionne son engagement selon une logique « entrepreneuriale et individuelle ».
  Il se différencie des deux premiers par sa faible motivation pour l'aspect collectif du projet. La rentabilité économique de son exploitation et sa bonne gestion agronomique font partie de ses priorités. Il considérera donc les projets les moins risqués et pour lesquels son exploitation tirera le meilleur parti.
- Un quatrième type d'agriculteur, **l'agriculteur neutre**, peut être indifférent voire opposé au projet.
  Les principaux freins à l'adhésion relèvent de facteurs variés :
  - risques et incertitudes autour du projet ;
  - crise de confiance entre agriculteurs et industriels ;
  - appréhensions organisationnelle et réglementaire associées à un projet collectif de territoire ;
  - changements d'organisation individuelle du travail induits par le projet.

Comprendre les logiques d'actions des agriculteurs en s'appuyant sur cette typologie permettra d'anticiper leur degré d'investissement potentiel et de disposer de leviers pour les mobiliser.

**Figure III.11. Profils d'agriculteurs et leviers de mobilisation dans le projet**



RECOMMANDATIONS

**S'APPUYER SUR DES PERSONNES ANCRÉES AU TERRITOIRE ET RECONNUES PAR LEURS PAIRS**

**Afin de fédérer un groupe d'agriculteurs autour du projet, être en lien avec une personne appartenant à ce groupe et présentant les caractéristiques d'un leader permet d'adapter la prise de contact et les échanges, donc de prendre en compte les enjeux, attentes et réticences du groupe. Pour le groupe, elle sera un gage de confiance vis-à-vis du projet et pourra jouer un rôle d'interface** (UniLaSalle et al., 2018)**.**

**SAVOIR DIRE « JE NE SAIS PAS »**

**Des questions techniques sur la production et la mobilisation de la biomasse agricole nécessaire à un projet peuvent être posées. Il faut s'autoriser à dire « Je ne sais pas. Je vais vérifier. »** (CERDD, 2019)**. Dans ce cas, revenir vers le ou les agriculteur(s) dans un délai assez court est important pour gagner leur confiance.**

## IMPLIQUER LES ACTEURS PUBLICS

Dans le cadre de l'établissement de la démarche FILABIOM, une étude menée par Agro-Transfert (Agro-Transfert RT, 2017) a permis d'identifier les éléments décisionnels employés par les acteurs publics pour se positionner par rapport aux projets de la bioéconomie sur les territoires. Il en ressort qu'un acteur public donne une importance différente aux caractéristiques du projet selon sa mission sur le territoire et que le contexte territorial peut également venir influer sur l'importance qu'il donne aux différentes caractéristiques du projet.

### Missions des acteurs publics intervenant dans les projets de bioéconomie

Vingt et un acteurs publics susceptibles d'intervenir dans les projets de filières de la bioéconomie sur les territoires ont été identifiés (cf. tableau III.4).

Selon leurs missions, ces acteurs peuvent être impliqués de différentes manières dans les projets de valorisation de la biomasse sur le territoire. Les formes d'implication possibles sont :

- **le contrôle** : l'acteur vérifie la mise en place des politiques publiques ;
- **la prestation** : l'acteur vend certains services comme la réalisation d'avis ou de diagnostics ;
- **le financement** : l'acteur octroie des aides financières comme des subventions, des avances remboursables ou des prêts ;
- **l'accueil** : l'acteur met à disposition du foncier, soutient le projet biomasse auprès des riverains et aide à la communication ;
- **le conseil** : l'acteur accompagne le porteur de projet à travers une mise en réseau, des conseils méthodologiques et une expertise ;
- **l'action** : l'acteur public est également dans une posture de porteur de projet ou de fournisseur de biomasse, l'acteur public agit alors au premier plan de la filière.

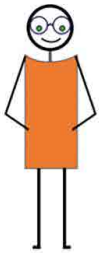
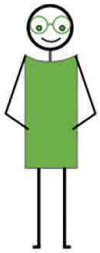
**Tableau III.4. Synthèse de l'implication des acteurs publics dans les projets de valorisation de la biomasse** (source : Agro-Transfert RT)

| | Contrôle | Prestation | Financement | Accueil | Conseil | Action |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Commune | | | | x | | x |
| Communauté de communes | | | | x | x | x |
| Département | | | | | | x |
| Région | | | x | | | x |
| ADEME *Agence de la transition écologique* | | | x | | x | |
| CSTB *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* | | x | | | x | |
| ONF *Office National des Forêts* | | x | | | x | |
| Agence de l'eau | | | x | | | |
| FranceAgriMer | | | x | | | |
| CNPF *Centre National de la Propriété Forestière* | | | | | x | |
| Chambre d'agriculture | | x | | | x | |
| Chambre de commerce et de l'industrie | | | | | x | |
| Chambre des métiers et de l'artisanat | | | | | x | |
| DREETS *Direction régionale de l'économie, de l'emploi, du travail et des solidarités (anciennement DIRECCTE)* | x | | | | | |
| DRAAF *Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt* | x | | | | | |
| DREAL *Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement* | x | | | | | |
| Bpifrance *Banque publique d'Investissement* | | | x | | | |
| Caisse des dépôts et des consignations | | | x | | | |
| Agence régionale de développement et d'innovation | | | | | x | |
| CLER – Réseau pour la transition énergétique | | | | | x | |
| Fédération nationale des communes forestières | | | | | x | |

## Typologie des acteurs publics selon les éléments décisionnels considérés

Cette étude a permis de proposer une typologie regroupant les acteurs publics selon leurs missions. Pour chaque catégorie, les éléments décisionnels employés par les acteurs pour se positionner vis-à-vis d'un projet sont précisés (cf. figure III.12).

**Figure III.12. Éléments sur lesquels les différentes catégories d'acteurs publics fondent leur opinion**

| | Éléments décisionnels | Exemples d'éléments décisionnels pris en compte |
|---|---|---|
|  **ACTEURS INSTRUISANT LE PROJET POUR LE COMPTE DE L'ÉTAT** *ADEME, DIRECCTE, DRAAF, DREAL…* | **Une méthode précise** pour s'assurer de l'adéquation du projet avec des critères définis. | Respect de la législation, approvisionnement, rentabilité, marché, emplois, etc. |
| **ACTEURS PROMOUVANT LE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE DU TERRITOIRE** *Conseil régional, chambres consulaires…* | **Les aspects socio-économiques** | Ancrage territorial, attractivité du territoire, viabilité du business model, création et préservation d'emplois, formation, etc. |
| | **Les aspects relatifs au porteur de projet** | Expérience du porteur de projet dans le domaine de la bioéconomie, en gestion, intégration du projet dans les axes de développement de l'institution, etc. |
| | **Les aspects fonciers** | Lieu d'implantation, réhabilitation de friches, etc. |
|  **ACTEURS À LA RECHERCHE DU BIEN-ÊTRE DES HABITANTS** *Commune, communauté de communes* | **Les aspects environnementaux** | Nuisance olfactive, poussières, fréquence des camions, émissions GES, respect des engagements du territoire, lutte contre l'érosion, préservation de la qualité de l'eau, dépollution du sol, etc. |
| | **Les aspects sociétaux** | Caractéristiques susceptibles de générer une controverse (bien-être animal, consommation de produits chimiques, etc.). |
| | **Les aspects socio-économiques** | Économies que le projet peut induire pour les habitants, business model, création et préservation d'emplois, origine des fournisseurs, formations, etc. |
| | **Les aspects fonciers** | Lieu d'implantation, réhabilitation de friches, etc. |

## Influence du contexte territorial sur la prise de décision des acteurs publics

Afin de préparer les rencontres avec les acteurs publics, il peut être intéressant d'identifier les spécificités du territoire grâce à la réalisation d'un diagnostic territorial[14]. Cela pourra aider le porteur de projet à présenter son projet en donnant plus ou moins de poids aux caractéristiques répondant aux enjeux du territoire. Ainsi, dans un territoire présentant un fort taux de chômage et où la filière industrielle est historiquement implantée, on peut s'attendre à ce que la création d'emplois soit jugée comme un élément plus important que, par exemple, la nuisance générée par le passage de camions. En revanche, dans un territoire qui a déjà connu un conflit entre une industrie générant des nuisances olfactives et les riverains, on peut s'attendre à ce que le critère « nuisance » soit prépondérant.

14 La réalisation d'un diagnostic territorial permet d'identifier les enjeux socio-économiques d'un territoire (tendance de l'emploi, filières historiques et d'excellence du territoire…). Le guide FILABIOM, *Connaître le territoire pour faciliter l'ancrage d'une filière de la bioéconomie*, propose une méthode détaillée pour réaliser un tel diagnostic (*Agro-Transfert Ressources et Territoires* & Al, 2019).

**RECOMMANDATION**

**METTRE EN AVANT LES PARTENAIRES DU PROJET ET LES CONTACTS SOLLICITÉS**

**Pour les acteurs publics, et principalement les financeurs, avoir un aperçu de l'entourage du porteur de projet et des acteurs en lien avec le projet représente une réelle valeur ajoutée et contribue à cerner le sérieux du projet présenté.**

## Échanger et entrer en concertation avec les citoyens

Le déploiement d'un projet de filière passe par l'acceptation de celui-ci par les habitants, qui ont à cœur le développement de leur territoire et de leur cadre de vie, et chercheront à s'assurer que le projet est en phase avec ces attentes. Échanger, coconstruire le projet avec les citoyens permettra de le façonner en intégrant leurs préoccupations et en le rendant souhaitable à leurs yeux.

**CONCERTATION**

**« La concertation fait intervenir un certain nombre de parties prenantes en vue d'élaborer collectivement des propositions sur un projet »** (Lisode, 2017)**. Cette définition s'inspire des travaux d'Arnstein (1969) qui place la concertation sur une échelle liée à la prise de décision, avec, du haut au bas de l'échelle :**

- **codécision : prendre une décision avec des acteurs qui ont une responsabilité légale sur le projet ;**
- **concertation : faire travailler des acteurs afin qu'ils construisent collectivement des propositions sur un projet ;**
- **consultation : demander l'avis des acteurs sur un projet ;**
- **information : transmettre des informations à des acteurs sur un projet.**

RECOMMANDATIONS

### PRÉSENTER LE PROJET AU TRAVERS DE SES DIFFÉRENTES COMPOSANTES

**Lors des échanges avec les citoyens, il est conseillé de présenter le projet au travers de ses aspects techniques (technologie employée, dimension du projet, approvisionnement, etc.) ainsi que juridiques, sociaux, écologiques, fonciers, etc. Une telle approche multicritère du projet aidera les citoyens à répondre à leur principale interrogation, à savoir : quel est l'impact potentiel de ce projet sur mon cadre de vie ? Cette approche permet également de se rendre compte qu'il est possible de communiquer sur le projet sans pour autant transmettre des informations confidentielles. En effet, les enjeux associés au projet, le cadre dans lequel il s'insère sont souvent communicables et intéressent fortement les acteurs du territoire. Ils peuvent même être source de motivation et d'adhésion pour eux.**

### ORGANISER DES TEMPS D'ÉCHANGES OUVERTS À TOUS

**Prévoir une présentation en mairie du projet ou encore des temps d'échanges collectifs en invitant largement les acteurs du territoire (agriculteurs, riverains, etc.) sont des moyens de communication appréciés par les citoyens.**

### SORTIR DE L'IDÉE QU'UN PUBLIC INFORMÉ ACCEPTE MIEUX UN PROJET

**L'acceptation sociale d'un projet ne passe pas par une communication descendante d'informations techniques** (Fabre, 2010)**. C'est pourquoi, il faut aller plus loin que la transmission d'informations. Il faut chercher à construire avec les citoyens, à entrer en concertation avec eux autour du projet.**

## COCONSTRUIRE AVEC LES ACTEURS ET SORTIR DES IDÉES REÇUES GRÂCE À L'ÉVALUATION

L'évaluation de l'impact du projet sur différents paramètres permet d'apporter des éléments objectifs pour discuter sereinement du projet et de sa faisabilité. Elle peut porter sur différents sujets, allant de la question du stockage de carbone, de la fertilité du sol à l'impact du projet sur l'économie du territoire ou encore sur le cadre de vie des citoyens (nuisances, trafic, etc.). À condition que la personne qui la réalise soit neutre et indépendante, ses résultats servent d'éléments objectifs pour poursuivre la discussion et répondre aux préoccupations des parties prenantes.

# LES CLEFS DE RÉUSSITE DU PORTEUR DE PROJET

Afin d'aider le porteur de projet à communiquer avec les acteurs du territoire et à donner envie aux acteurs de s'impliquer dans son projet, des clefs de réussite sont proposées dans cette partie.

### ► Être curieux et s'intéresser aux marchés ciblés

Les projets de bioéconomie concernent souvent une valorisation non alimentaire de la biomasse, les marchés ciblés sont donc en dehors du périmètre habituel des acteurs du monde agricole (matériaux de construction, industrie des colorants, textile, etc.). Il est recommandé de se montrer curieux et d'accorder du temps à la compréhension des enjeux et à la structuration du secteur ciblé.

### ► Impliquer ses collègues

L'expérience montre que le succès du développement d'un projet repose sur une adhésion de l'ensemble de l'entreprise porteuse du projet. Il est donc recommandé d'impliquer les équipes des différents métiers (agroécologie, développement, fertilisation, logistique, marketing, etc.) et de s'assurer du soutien de la direction de l'organisation. Cela permettra également d'identifier comment le projet de bioéconomie s'intègre aux objectifs globaux de la structure.

### ► Prendre le temps et être présent sur le territoire afin de construire une dynamique de coopération

La prise de contact avec l'ensemble des acteurs du territoire, essentiel dès les premières phases du projet, le restera jusqu'à son aboutissement et sa mise en œuvre. Cela permet de construire une dynamique de coopération, contribuant à la réussite et à la pérennité du projet. En effet, les acteurs du territoire apprécient de rencontrer le porteur de projet, d'autant que son aura et sa personnalité jouent dans le processus d'implication des acteurs au projet (Agro-Transfert Ressources et Territoires, 2017 ; UniLaSalle et al., 2018). Le temps consacré à l'échange est un véritable investissement.

### ► Être convaincu du projet pour être convaincant

Lors des rencontres avec les acteurs, il est important de marquer sa conviction en portant un message positif tant dans le discours verbal que dans le discours non verbal.

S'il est prévu de faire intervenir un expert lors de la présentation du projet, par exemple pour transmettre des connaissances sur les modalités de production de la biomasse valorisée dans le projet, il est conseillé de valider les messages au préalable avec lui. Un expert non convaincu ou difficile à comprendre peut être néfaste à la mise en place de la filière. Il convient également de montrer les questions

encore en suspens dans le projet et de formuler des préconisations pour la mobilisation durable d'une biomasse, par exemple. Cela peut être fait de façon constructive et en montrant les pistes de réflexion et solutions possibles.

- **Adopter une démarche de transparence, d'écoute et de compromis contribue à établir une relation de confiance et facilite l'organisation de la filière**

Dès le début de la relation avec les acteurs, il est conseillé de se mettre dans une posture de transparence et d'ouverture d'esprit. Communiquer sur les difficultés rencontrées et accepter la confrontation des avis permet de créer une dynamique positive autour du projet, de désamorcer les conflits et d'éviter les points de blocage. Concrètement, adopter une telle posture permet de bien comprendre les préoccupations de chaque partie et les raisons de son positionnement, de réfléchir avec les acteurs à de nouvelles solutions et d'accueillir les propositions formulées par ceux-ci en cherchant un consensus.

## POUR ALLER PLUS LOIN

**Découvrez la démarche FILABIOM et ses outils sur le site Internet dédié :** www.agro-transfert-rt.org/filabiom/
**Vous y trouverez notamment les guides « Comment fédérer les agriculteurs autour d'un projet ? » et « Comment impliquer les acteurs du territoire dans notre projet ? », ainsi que des vidéos présentant la démarche.**
**Les dimensions technique et organisationnelle d'un projet de bioéconomie sont traitées dans le guide « Mobilisation de la biomasse agricole du champ à l'usine » corédigé par La Coopération Agricole** (La Coopération Agricole et al., 2017)**. Ce document propose des recommandations logistiques et techniques de structuration de filière et est disponible sur le portail officiel de la bioéconomie en Hauts-de-France (**https://www.bioeconomie-hautsdefrance.fr/**).**

RETOUR AU SOMMAIRE

# BIBLIOGRAPHIE

## CHAPITRE 1


**Adebiotech. (2020).** #PlasticLife Biodégradabilité des plastiques. *Colloque scientifique du 5 février 2020*, (p. 5).

**ADEME. (2014).** Une vision pour le biométhane en France pour 2030. Récupéré sur : https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/d4.1_roadmap_france_french.pdf

**ADEME. (2015).** *Marchés actuels des produits biosourcés et évolutions à horizons 2020 et 2030.*

**ADEME. (2016).** *Les plastiques biosourcés.* Fiches techniques de l'ADEME.

**ADEME. (2016).** *Plastiques biodégradables.* Fiches techniques de l'ADEME.

**ADEME. (2018).** *Qu'est-ce que l'ACV.* Nos expertises. Récupéré sur : https://www.ademe.fr/expertises/consommer-autrement/passer-a-laction/dossier/lanalyse-cycle-vie/quest-lacv

**AFGNV. (2021).** *Véhicules GNV en circulation en France.* Récupéré sur : https://gnv-grtgaz.opendatasoft.com/pages/observatoire/

**Agence Internationale de l'Energie (AIE). (2021).** *How biogas can support intermittent renewable electricity.* Récupéré sur : https://www.iea.org/articles/how-biogas-can-support-intermittent-renewable-electricity

**Anastas P. T. et Warner J. C. (1998).** *Green Chemistry*: Theory and Practice, Oxford University Press, New York.

**Arnaud, L. (2019).** *Panorama international de l'usage des matériaux de construction biosourcés.* Récupéré sur : https://www.construction21.org/france/articles/h/Dossier-biosources-panorama-international-usage-materiaux-construction-biosources.html

**Baley, C. (2020).** Fibres naturelles de renfort pour matériaux composites. *Techniques de l'ingénieur.*

**Boughriet, R. (2009).** Fibres végétales : de nouvelles applications prometteuses émergent. *Actu Environnement*.

**Boursier Sogreg. (2021).** *Plastique Biodérgadable*. Récupéré sur : https://boursier-sogreg.com/actualites/plastique-biodegradable/

**Boyeux, B. (2015).** Genèse Bio World Resource Benchmark. *Architecture CREE*(373). Récupéré sur : https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/materiaux-construction-retour-bioressources-8673.pdf

**Carbiolice. (2021).** *Tout savoir sur les plastiques biodégradables*. Récupéré sur : https://www.carbiolice.com/blog/plastiques-biodegradables/

**Cécile Valette, M. C.-H. (1996).** *Chimie des couleurs et des odeurs.* Nantes: Cultures et techniques publié par l'ENS Cachan.

**CEREMA. (2020).** *Matériaux biosourcés : tour d'horizon des principaux enjeux avant l'application de la RE2020*. Récupéré sur : https://www.cerema.fr/fr/actualites/materiaux-biosources-tour-horizon-principaux-enjeux

**CESE. (2017).** *Vers une bioéconomie durable.* Paris: Journaux officiels.

**CESER Ile-de-France. (2017).** *Production, transformation et utilisation des matériaux biosourcés pour la construction : quelles actions de la Région Ile-de-France.* Paris. Récupéré sur : https://www.pdffiller.com/jsfiller-desk12/?requestHash=2871453904220dba7aa960b736cce155df83b1adff3237a2329e7de60eaa8cc4&projectId=952088444&loader=tips&replace_gtm=false&utm_source=PDFfiller_Edit_Fill_Sign_any_PDF_document&utm_medium=extension&utm_campaign=chrome#9eebd767d7376d8328e37d826381c541

**Chimie du végétal. (2019).** Peintures biosourcées .

**CITEO. (2021).** *Les chiffres du recyclage en France.* Récupéré sur : https://www.citeo.com/le-mag/les-chiffres-du-recyclage-en-france/

**Connaissances des énergies. (2013).** *Biocarburant*. Récupéré sur : https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/biocarburant

**Cosmeticobs. (2015).** Microplastiques : Cosmetics Europe appelle à ne plus les utiliser. Récupéré sur : https://cosmeticobs.com/fr/articles/ lactualite-des-ingredients-59/microplastiquescosmetics-europe-appelle-a-ne-plus-les-utiliser-3131

**Direction générale des entreprises (DGE). (2016).** *Recensement des produits biosourcés disponibles sur le marché et identification des marchés publics cibles.*

**Directive 2003/30/CE.** (s.d.). *Journal officiel no L-123 du 17 mai 2003.*

**Directive 2014/34/UE. (26 février 2014).**

**Directorate-General for Enterprise and Industry. (2009).** *Taking bio-based from promise to market measures to promote the market introduction of innovative bio-based products.* Brussels. doi:10.2769/34881

**EDF. (2019).** *La biomasse en chiffres.* Récupéré sur : https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/la-biomasse-en-chiffres#:~:text=LES%20BIO%C3%89NERGIES%20DANS%20LE%20MONDE,la%20production%20mondiale%20d'%C3%A9lectricit%C3%A9.

**ekWateur. (2021).** *Quel est le mix énergétique français : comment est produite l'énergie en France ?* Récupéré sur : https://ekwateur.fr/2020/01/15/mix-energetique-francais-quoi/

**European Bioplastics. (2020).** *Bioplastics market development* .

**Formule Verte. (2011).** *Peintures - Le biosourcé s'invite dans les formules.* Récupéré sur Agrobiobase.

**France AgriMer, FRD, Bio by Deloitte. (2016).** *Les enjeux de la valorisation de la biomasse non sylvicoles en matériaux biosourcés.* Les études de France AgriMer. Récupéré sur : https://www.franceagrimer.fr/fam/content/download/42452/document/Enjeux%20de%20la%20valorisation%20Biomasse%20non%20sylvicole_VF.pdf?version=9

**FRD, Pôle IAR, Interchanvre, European Confederation of flax and hemp. (CELC), ADEME, France AgriMer (2020).** *Panorama des marché «Fibres végétales techniques en matériaux» hors bois en France Mémento.*

**Gélinas, L. (2013).** *Plastiques biosourcés : étude de leur performance environnementale comparativement aux plastiques pétrochimiques.* Université de Sherbrooke. Récupéré sur : https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais_2013/Gelinas_L__2013-07-15_.pdf

**Gharbi, M. (2017).** *La CPV et les propriétés du film de peinture.*

**Gontard, N. (2020).** *Plastique le grand emballement.* Stock.

**GRDF. (2021).** *Gaz renouvelable : une croissance durable et soutenue, un avenir à sécuriser.* Récupéré sur : https://www.grdf.fr/institutionnel/actualite/newsroom/liste/communiques-presse/panorama-du-gaz-renouvelable-2020

**GRDF. (2021).** *Mobilité durable au Gaz Naturel Véhicule (GNV) et au BioGNV.* Récupéré sur : https://www.grdf.fr/acteurs-gnv/rouler-propre-gnv-biognv/choisir-carburant/gaz-naturel-vehicule-gnv

**Harpet, C. (1998).** *Du déchet : philosophie des immondices - corps, villes, industries.* Paris: L'harmattan.

**Hedi Ben Mansour, O. B.-G. (2011).** Textiles dyes as a source of wastewater contamination: screening of the toxicity and treatment methods. *Journal of Water Science* .

**IEC. (2015).** *Faire évoluer le statut de déchet pour promouvoir l'économie circulaire : Synthèse des réflexion et proposition du groupe de travail réglementaire.* Paris.

**InfoMétha. (2021).** *Contribution du biogaz à la stabilité du système énergétique.* Récupéré sur : https://www.infometha.org/effets-energetiques/contribution-du-biogaz-la-stabilite-du-systeme-energetique

**INRAE. (2020). Thomas, A., Axelos , M., De Vries, H., Bamiere L., Wohlfort J. et al.** *Réflexion prospective interdisciplinaire Bioéconomie.* Rapport de synthèse.

**Institut de l'élevage. (2015).** *Les coproduits en méthanisation : quel intérêt et quelle compétition avec l'alimentation animale ?*

**Kerbirio, L. (2019).** *L'avenir des cosmétiques certifiés bio en France.* HAL.

**Lapointe, R. (2012).** *Bioplastiques biodégradbles, compostables et biosourcés pour les emballages alimentaires, distinctions subtiles mais significatives.* Université de Sherbrooke - Québec: Centre universitaire de formation en environnement.

**Larousse. (2020).** *Petit Larousse Illustré 2021.* Harrap's.

**Marcoux, M.-A., Olivier, F., & Théry, F. (2016).** *Evolution de la politique de gestion des déchets vers une économie circulaire. In: Déchets et Economie circulaire - Conditions d'intégration pour une valorisation en filières industrielles.* Editions Lavoisier.

**Ministère de la Transition Ecologique. (2017).** *Loi de transition énergétique pour la croissance verte.*

**Ministère de la Transition écologique. (2021).** *Biocarburants*. Récupéré sur : https://www.ecologie.gouv.fr/biocarburants

**Ministère de la Transition écologique. (2021).** *Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC)*

**Ministère de la Transition écologique (2021).** *Le Biogaz*. Récupéré sur : https://www.ecologie.gouv.fr/biogaz

**Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. (2019).** *Émissions de gaz à effet de serre : l'agriculture française respecte les objectifs de la Stratégie nationale bas-carbone.* Récupéré sur : https://agriculture.gouv.fr/emissions-de-gaz-effet-de-serre-lagriculture-francaise-respecte-les-objectifs-de-la-strategie

**Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. (2021).** *Infographie - La bioéconomie, une approche nouvelle pour des solutions durables.* Récupéré sur : https://agriculture.gouv.fr/infographie-la-bioeconomie-une-approche-nouvelle-pour-des-solutions-durables

**Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario. (2021).** *Caractéristiques de combustion de la biomasse.* Récupéré sur : http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/11-034.htm

**Mission d'information Agrocarburants - Assemblée nationale. (2020).** *Rapport d'information sur les agrocarburants.* Paris. Récupéré sur https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/rapports/cion-dvp/l15b2609_rapport-information.pdf

**NaturePlast. (2021).** *Fin de vie des bioplastiques.* Récupéré sur : http://natureplast.eu/le-marche-des-bioplastiques/fin-de-vie-des-bioplastiques/

**NaturePlast. (2021).** *Plastiques biosourcés, de la biomasse au marché.* Récupéré sur : http://natureplast.eu/plastiques-biosources-biomasse-marche/

**Nomadéis. (2020).** *Les matériaux de constrtuction dans la commande publique.* Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nuture (DGALN), Direction de l'urbanisme, de l'habitat et des paysages (DHUP).

**ONRB. (2020). FranceAgriMer.** L'Observatoire National des Ressources en Biomasse (ONRB) - Présentation de la méthodologie

**Observ'ER. (2020).** *Le baromètre 2020 des énergies renouvelables électriques en France.* Paris.

**Passion Céréales. (2021).** *Les Biomatériaux.* Récupéré sur : https://www.passioncereales.fr

**PlasticsEurope. (2020).** *Plastics - the Facts 2020 | An analysis of European plastics production, demande and waste area.*

**PNUE. (2011).** *Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth.* International Resource Panel.

**Pôle IAR. (2019).** *Rapport d'activité 2019.*

**Pôle IAR. (2021).** *Procolbio – Production d'un coloratn biosourcé.* Récupéré sur : https://www.bioeconomie-hautsdefrance.fr/projets/procolbio/

**Preventpack. (2021).** *Dossier Biopackaging. In Preventpack.* Voir : http://www.preventpack.be

**Programmation Pluriannuelle de l'Energie. (2019).** *Stratégie Française pour l'Énergie et le Climat - Synthèse.* Récupéré sur : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Synth%C3%A8se%20finale%20Projet%20de%20PPE.pdf

**RECORD. (2013).** *Perception et comportement des entreprises vis-à-vis des matières et produits recyclés 11-0718/1A.*

**Réséda. (2021).** *La méthanisation au regard des filières animales et végétales.*

**RMT Biomasse. (2011).** Kit pédagogique «Porduire, mobiliser et valoriser durable la biomasse en énergie».

**RoadToBio project consortium. (2019).** *Roadmap for the Chemical Industry in Europe towards a Bioeconomy - Strategy Document.*

**RoadToBio project consortium. (2019).** *Roadmap for the Chemical Industry in Europe towards a Bioeconomy - Strategy Document.*

**Solagro. (2016).** Etude du potentiel d'implantation de méthaniseurs à l'échelle du Pays du Bocage (61)

**Techniques de l'ingénieur. (2017).** Chimie verte, nouveau secteur d'excellence. Récupéré sur : https://ups-tlse.centredoc.eu/doc_num.php?explnum_id=2395

**Total Direct Energie. (2021).** *L'énergie biomasse : définition, fonctionnement et chiffres clés.* Récupéré sur : https://total.direct-energie.com/particuliers/parlons-energie/dossiers-energie/energie-renouvelable/l-energie-biomasse-definition-fonctionnement-et-chiffres-cles

**WWF. (2021).** *07. juin 2019 — Communiqué de presse : Chaque année 600 000 tonnes de plastique sont rejetées dans la mer Méditerranée.* Récupéré sur : https://www.wwf.fr/vous-informer/actualites/chaque-annee-600-000-tonnes-de-plastique-sont-rejetees-dans-la-mer-mediterranee

# CHAPITRE 2

**ADEME, AILE, Solagro, & Trame. (2011).** La méthanisation à la ferme - Guide pratique pour les projets d'une puissance électrique à 500 kWe.

**ADEME. (2014)**. Bourgogne et Chambre d'Agriculture Côte d'or - Menues Pailles : Récolte pour une valorisation en méthanisation. Récupéré sur : https://bourgogne-franche-comte.ademe.fr/sites/default/files/menue-paille-metha-ca21-2014.pdf

**ADEME. (2015).** Le compostage.

**ADEME. (2015).** Chaufferie biomasse des Malteries Soufflet de Nogent sur Seine.

**ADEME. (2015).** Panorama des coproduits et résidus biomasse à usage des filières chimie et matériaux bio-sourcés en France. La librairie de l'ADEME. Récupéré sur : https://librairie.ademe.fr/produire-autrement/2169-panorama-des-coproduits-et-residus-biomasse-a-usage-des-filieres-chimie-et-materiaux-bio-sources-en-france.html

**ADEME. (2016).** L'épandage direct des matières organiques. ADEME - Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. Récupéré sur : http://www.ademe.fr/expertises/dechets/passer-a-laction/valorisation-organique/lepandage-direct-matieres-organiques

**ADEME. (2016).** L'incinération. Récupéré sur : http://www.ademe.fr/expertises/dechets/passer-a-laction/valorisation-energetique/dossier/lincineration/cadre-reglementaire

**ADEME. (2016).** Méthanisation. Récupéré sur : http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/avis_ademe_methanisation_novembre_2016.pdf

**ADEME. (2017).** Le compostage. ADEME - Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. Récupéré sur : http://www.ademe.fr/expertises/dechets/passer-a-laction/valorisation-organique/compostage

**ADEME. (2017).** L'incinération. ADEME - Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. Récupéré sur : http://www.ademe.fr/expertises/dechets/passer-a-laction/valorisation-energetique/dossier/lincineration/lessentiel-lincineration

**AGRESTE. (2020).** GRAPH'AGRI L'agriculture, la forêt, la pêche et les industries agroalimentaires

**AGREST. (2020).** Fiches Céréales

**AGRESTE. (2015).** Enquête sur les matières premières utilisées pour la fabrication d'aliments composés pour animaux de ferme de 1979 à 2015. Agreste.

**AGRESTE. (2016).** Production commercialisée en valeur et en quantités des principaux produits des IAA de 2008 à 2016.

**Aliaño-gonzález, M. J., Richard, T., & Cantos-villar, E. (2020).** Grapevine cane extracts: Raw plant material, extraction methods, quantification, and applications. Biomolecules, 10,(8), 1-33.

**ANIFELT.** http://www.anifelt.com

**ANPEA. (2015).** Observatoire national de la fertilisation minérale et organique.

**ARVALIS - Institut du Végétal. (2017).** Les principaux projets portés par la Plateforme Blé Dur.

**Association de la Meunerie Française. (2020).** Fiche statistiques - 2019.

**Association Générale des Producteurs de Maïs. (1994).** Le maïs et ses industries.

**Bélanger, M. (2010).** Une alimentation liquide favorise-t-elle de meilleurs coûts ? Porc Québec, S. 51-52.

**CEDUS LE SUCRE. (2016).** Mémo statistique - Sucre et autres débouchés.

**CFSI - SIFPAF. (2017).** https://www.cfsi-sifpaf.com

**CFSI-SIFPAF, & ARVALIS Institut du Végétal. (2017).** Filière Blé Dur - Une filière connectée, compétitive et respectueuse de l'environnement. Récupéré sur : http://www.cfsi-sifpaf.com/pdf/sifpaf-bledur.pdf

**CFSI-SIFPAF.** http://www.cfsi-sifpaf.com/pdf/sifpaf-projet.pdf

**Chapoutot P., Rouille B., Sauvant D., Renaud B. (2018).** les coproduits de l'industrie agro-alimentaire : des ressources de qualité à ne pas négliger, INRA Productions animales, N° 3, pp. 201-220

**CNADEV, ITAVI, & FIA. (2016).** Chiffres clés des industries d'abattage et de transformation des filières avicoles et cunicoles françaises.

**CNIEL. (2016).** L'Economie Laitière en Chiffres.

**CNIEL. (2020).** L'économie laitière en chiffre édition 2020 - Rapport d'étude [en ligne]. CNIEL, 2019. Récupéré sur : https://presse.filiere-laitiere.fr/assets/economie-laitieres-en-chiffres-edition-2020-fa05-ef05e.html?lang=fr

**CNIV.** https://www.intervin.fr/etudes-et-economie-de-la-filiere/chiffres-cles

**Comité National des Coproduits. (2012).** Lactosérum doux. Fiche n°12 - Coproduits de la laiterie, 1-20.

**Confédération Générale des Planteurs de Betteraves. (2016).** La Betterave en 2017 - Une nouvelle ère.

**Coop de France. (2012).** Guide de conception des silos.

**Coudurier, B. (2015).** Pertes alimentaires dans la filière ponte d'œufs de consommation. Innovations agronomiques, S. 177-200.

**Douard. (2018).** Monter son projet de valorisation de la menue paille, Bioénergie International n°55, mai-juin 2018. Récupéré sur : https://www.bioenergie-promotion.fr/60548/monter-son-projet-de-valorisation-de-la-menue-paille/#:~:text=Comptez%20entre%2010%20000%20%E2%82%AC,la%20paille%20sur%20l'andin.&text=Andaineur%20%3A%20il%20permet%20le%20d%C3%A9p%C3%B4t,ou%20%C3%A9parpill%C3%A9e%20sur%20le%20sol

**FAO. (2011).** Global Food Losses and Food Waste. Récupéré sur : http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.pdf

**FEEDIPEDIA.** https://www.feedipedia.org/

**FEEDTABLES.** Tables INRA-CIRAD-AFZ. Récupéré sur : https://feedtables.com/fr

**FNCG. (2016).** Rapport d'activité 2015.

**FranceAgriMer. (2016).** Chiffres-clés de FranceAgriMer 2015 Fruits et légumes.

**FranceAgriMer, Interfel, UNILET, & ANICC. (2015).** Étude des pertes alimentaires dans la filière fruits et légumes. Montreuil: FranceAgriMer Synthèses.

**Gamai. (2013).** Des sous-produits de céréales transformés en granulés pour la chaudière communale : un partenariat doublement gagnant. Chambre d'agriculture - Grandes Aires Métropolitaines et Agriculture Innovante. Récupéré sur : https://chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/002_inst-site-chambres/pages/exploitation_agri/Gamai/Fiche_IDF_granulchauff_MEPsept13.pdf

**Garot, G. (2015).** Lutte contre le gaspillage alimentaire : propositions pour une politique publique.

**GNIS.** https://www.gnis-pedagogie.org/sujet/mais-debouches/

**IAU île-de-France. (2018).** La paille, concurrences et complémentarités des usages du gisement agricole en Île-de-France.

**IDELE. (2017).** Fiche drêches de brasserie. Récupéré sur : https://idele.fr/?eID=cmis_download&oID=workspace://SpacesStore/66f891b4-b730-4c6a-beaa-be84ff834bdd

**IFIP. (2002).** Tables d'alimentation pour les porcs.

**Ifremer. (2010).** La valorisation des coproduits. Bibliomer, 1-6.

**IFV. (2013).** Marcs de raisins, lies de vin et bourbes : quelle gestion des sous-produits vinicoles ? Itinéraires n°25.

**IFV. (2017).** Atlas Projet Biomasse Vitivinicole.

**Journal officiel de l'Union européenne. (16. avril 2018).** Lignes directrices pour l'utilisation dans l'alimentation animale de denrées alimentaires qui ne sont plus destinées à la consommation humaine. COMMUNICATION DE LA COMMISSION: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018XC0416%2801%29

**La Coopération Agricole. (2018).** MAîtrise de la QUalité des Issues de Silos et de leurs débouchés (MAQUIS).

**La Coopération Agricole Nutrition Animale (2020).** Rapport d'activité 2019

**LaBetterave.com. (2006).** Les produits. Récupéré sur : https://www.cgb-france.fr/pulpes-forces-et-faiblesses-des-differents-debouches/

**Malteurs de France. (2017).** Les Malteurs de France, performants et responsables. Récupéré sur : http://malteursdefrance.fr/

**Ministère de la Transition écologique et solidaire. (2021).** Biocarburants. Récupéré sur : https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/biocarburants

**Ministère de l'Agriculture et de l'alimentation. (2013).** Plan Energie Méthanisation Autonomie Azote. Site du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation: https://agriculture.gouv.fr/le-plan-energie-methanisation-autonomie-azote

**Ministère de l'Agriculture et de l'alimentation. (2017).** Cahier des charges pour la dénomination « Saucisse de Morteau » / « Jésus de Morteau »

**Ministère des Finances et des Comptes Publics. (2017).** Chiffres annuels : stocks / récolte.

**ONRB (2016). FranceAgriMer.** L'Observatoire National des Ressources en Biomasse (ONRB) - Evaluation des ressources en Biomasse. FranceAgriMer Etablissement national des produits de l'agriculture et de la mer.

**ONRB (2020). FranceAgriMer.** L'Observatoire National des Ressources en Biomasse (ONRB) - Evaluation des ressources en Biomasse. FranceAgriMer Établissement national des produits de l'agriculture et de la mer. Récupéré sur : https://www.franceagrimer.fr/content/download/66147/document/DON-ONRB-VF4.pdf

**Panorama de la Construction en Paille**. https://www.constructionpaille.fr/panorama/

**Parlement Européen et Conseil de l'Union européenne. (21. octobre 2009).** Règlement (CE) N o 1069/2009. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009R1069-20191214&from=EN

**Passion Céréales. (2020).** Des chiffres et des céréales

**Peyronnet, C., Lacampagne, J.-P., Le Cadre, P., & Pressenda, F. (2014).** Les sources de protéines dans l'alimentation du bétail en France : la place des oléoprotéagineux. OCL, 1-9.

**Renaud B. (2019).** Les coproduits de l'industrie agroalimentaire au regard des politiques publiques : bioéconomie, économie circulaire, gaspillage alimentaire, Le Démeter, pp. 277-296

**Réséda, ADEME. (2008).** Enquête sur les gisements et la valorisation des coproduits issus de l'agro-industrie.

**Réséda. (2017).** Enquête sur les gisements et la valorisation des coproduits issus de l'agro-industrie, 120 p. Rapport d'étude

**Réséda. (2020).** Enquête sur les gisements et la valorisation des coproduits issus de l'agro-industrie en Normandie, 84 p. Rapport d'étude

**Roy, H., & Desnoux, T. (2013).** Valorisation des coproduits d'industries agroalimentaires bretonnes.

**Sauvant, D., Perez, J.-M., & Tran, G. (2002).** Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. Nancy: AFZ; INRA.

**SIFCO. (2017).** Au cœur de l'économie circulaire - Rapport d'Activité 2016.

**SIFCO. (2020).** Rapport d'activité 2019

**SIFPAF - CFSI. (2012).** Guide de bonnes pratiques d'hygiène et d'application des principes HACCP dans l'industrie de la semoulerie de blé dur. La Documentation française.

**SNIPO. (2017).** Nos savoir-faire. SNIPO - Syndicat National des Industriels et Professionnels de l'œuf. Récupéré sur : http://www.snipo.com/nos-savoir-faire

**SNPAA**. https://www.alcool-bioethanol.net/alcool-agricole/les-matieres-premieres/

**UNILET**. http://www.unilet.fr

**USIPA**. https://www.amidon-usipa.fr/

# CHAPITRE 3

**Agro-Transfert Ressources et Territoires. (2017).** Processus de décision des acteurs publics et bioéconomie territoriale.

**Agro-Transfert Ressources et Territoires, & Al. (2019).** Connaître le territoire pour faciliter l'ancrage d'une filière de la bioéconomie. Récupéré sur : http://www.agro-transfert-rt.org/filabiom/outils/territoire/

**Agro-Transfert Ressources et Territoires, & Al. (2020a).** Comment accompagner un porteur de projet ? http://www.agro-transfert-rt.org/filabiom/outils/accompagnement/porteur-projet/

**Agro-Transfert Ressources et Territoires, & Al. (2020b)**. Comment fédérer les agriculteurs autour d'un projet ? http://www.agro-transfert-rt.org/filabiom/outils/accompagnement/agriculteurs/

**Agro-Transfert Ressources et Territoires, & Al. (2020c)**. Comment impliquer les acteurs du territoire dans votre projet ? http://www.agro-transfert-rt.org/filabiom/outils/accompagnement/acteurs-territoire/

**Asselineau, A., & Cromarias, A. (2010)**. Entreprise et territoire, architectes conjoints d'un développement local durable ?

**Brullot, S., Maillefert, M., & Joubert, J. (2014).** Stratégies d'acteurs et gouvernance des démarches d'écologie industrielle et territoriale. Dévleloppement Durable et Territoires, 5, n°1. https://doi.org/10.4000/developpementdurable.10082

**CERDD. (2019).** Pilotez votre projet de méthanisation en lien avec les acteurs de votre territoire.

**Fabre, M. (2010).** Du bon usage des controverses. Recherches En Didactique Des Sciences et Des Technologies, 1. Opinions et savoirs, 153–170.

**Géoconfuences. (2017).** Acteur, conflit d'acteurs, conflit d'usages . Récupéré sur : http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/acteur

**ISO 26 000. (2010).** ISO 26000. https://www.iso.org/obp/ui/#iso%3Astd%3Aiso%3A26000%3Aed-1%3Av1%3Afr

**La Coopération Agricole. (2018).** Accompagnement au reporting RSE pour les entreprises coopératives agricoles et agroalimentaires. https://www.dropbox.com/s/jeqclhldubw6zc8/20180619_Guide_REPORTIN_RSE_2emeEdition.pdf?dl=0

**La Coopération Agricole, Chambre d'Agriculture des Hauts-de-France, Arvalis, & Trame. (2017).** Mobilisation de la biomasse agricole du champ à l'usine. Récupéré sur : https://www.bioeconomie-hautsdefrance.fr/wp-content/uploads/2020/08/mobilisation-biomasse.pdf

**Lisode. (2017).** Guide de concertation territoriale et de facilitation. Récupéré sur : http://www.lisode.com/wp-content/uploads/2017/03/Lisode_Guide_concertation.pdf

**OREE. (2017).** S'ancrer dans les territoires dans pour gagner en performance.

**Pellecuer, B. (2015).** Energies renouvelables en agriculture : Perspectives et solutions pratiques (FranceAgricole (ed.)).

**Tonnelé, A. (2011).** 65 outils pour accompagner le changement individuel et collectif (Eyrolles (ed.)).

**UniLaSalle, Agro-Transfert Ressources et Territoires, Chambre d'Agriculture Hauts-de-France, & IAR, P. (2018).** Processus de décision des acteurs privés agricoles et gouvernance des projets pilotes : étude de cas du territoire pilote de la Centrale Biométhane en Vermandois (CBVER).

# GLOSSAIRE

Cette partie est dédiée à la définition des principaux acronymes et termes utilisés dans ce rapport. Ces définitions sont issues de la réglementation lorsqu'elles y existent. Sinon, les définitions mentionnées sont les définitions utilisées par les professionnels.

## ADEME
Agence de la transition écologique

## AIE
Agence Internationale de l'Energie

## ATEX
ATmosphère EXplosive ou ATEX : « le mélange avec l'air, dans les conditions atmosphériques, de substances inflammables sous forme de gaz, vapeurs, brouillards ou poussières, dans lequel, après inflammation, la combustion se propage à l'ensemble du mélange non brûlé » (Directive 2014/34/UE, 26 février 2014).

## BIODÉCHET
Tout déchet non dangereux biodégradable de jardin ou de parc, tout déchet non dangereux alimentaire ou de cuisine issu notamment des ménages, des restaurants, des traiteurs ou des magasins de vente au détail, ainsi que tout déchet comparable provenant des établissements de production ou de transformation de denrées alimentaires. (Décret 2011-828 du 11 juillet 2011 portant diverses dispositions relatives à la prévention et à la gestion des déchets).

## BIOMASSE
Fraction biodégradable des produits, des déchets et des résidus d'origine biologique provenant de l'agriculture (y compris les substances animales et végétales), de la sylviculture et des industries connexes, y compris la pêche et l'aquaculture, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux (FranceAgriMer, 2016).

## BIOSPHÈRE
Ensemble des organismes vivants et leurs milieux de vie, soit la totalité des écosystèmes présents dans la lithosphère, l'hydrosphère et l'atmosphère.

## BTP
Bâtiment travaux publics

## CEN
Comité Européen de Normalisation

## CESE
Assemblée constitutionnelle française composée de représentants sociaux (patronat, syndicats, associations), nommée Conseil Économique Social et Environnemental.

## CESER
Conseil Économique, Social et Environnemental Régional, ou institution consultative présente dans chaque région et collectivité territoriale assimilée ayant pour mission d'informer le conseil régional sur les enjeux et conséquences économiques, sociaux et environnementaux des politiques régionales, de participer aux consultations organisées à l'échelle régionale, ainsi que de contribuer à des évaluations et à un suivi des politiques publiques régionales.

## CITEO
Entreprise privée spécialisée dans le recyclage des emballages ménagers et des papiers graphiques dont l'activité est réglementée par un agrément d'État pour une durée de cinq ans. Citeo a la charge d'organiser, de développer et de piloter le recyclage des emballages et des papiers mis sur le marché en France dans le cadre de la responsabilité élargie du producteur.

## COMPOSTAGE
Méthode de dégradation des déchets organiques via l'activité de micro-organismes sous des conditions spécifiques créées artificiellement. Le compostage industriel, permet le traitement des déchets sous conditions maîtrisées, à température élevée et en volumes importants. Le compostage est un procédé de transformation de matières fermentescibles, très utilisé en particulier en milieu agricole. Le résultat du compostage (compost) permet d'amender les sols en améliorant leur structure et leur fertilité.

## COPRODUIT
Le terme coproduit n'est pas défini par la réglementation. La définition ci-dessous est issue d'une concertation entre les professionnels. Un coproduit est généré de façon prévisible et répond à des spécifications définies. Il peut, dans certaines filières, être considéré comme un produit à part entière, disposant d'un marché et d'une cotation (ex : tourteau de soja, drêches de blé, début et fin de production). Un traitement préalable à son utilisation peut être nécessaire pour sa valorisation comme matière première de l'alimentation animale. Deux textes précisent les conditions dans lesquelles un coproduit peut être exclu de la notion de déchet : L'article L. 541-4-2 Article introduit par l'ordonnance française n° 2010-1579 du 17 décembre 2010 qui retranscrit la directive 2008/98/CE du 19 novembre 2008 ainsi que la communication interprétative de la Commission 21 février 2007 sur la notion de sous-produits. Ainsi, l'Ordonnance 2010-1579 du 17 décembre 2010 précise qu'un coproduit est une substance ou produit résultant d'un processus de production qui n'est ni un produit, ni un résidu, ni un déchet, dont la valorisation économique est totale et qui dispose d'un marché adossé à une cotation. Des agents économiques spécialisés, différents des producteurs, interviennent fréquemment pour assurer sa distribution.

## COV
Composés Organiques Volatils

## DÉCHET
Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon. (Article L541-1 du code de l'environnement). La directive 2006/12/CE précise qu'un déchet est une substance ou objet que le producteur cherche à éliminer, à l'intention d'éliminer ou en a l'obligation (mise en décharge, incinération, retour au sol...).

## DENRÉE ALIMENTAIRE
Toute substance ou produit, transformé, partiellement transformé ou non transformé, destiné à être ingéré ou raisonnablement susceptible d'être ingéré par l'être humain. (Règlement (CE) n° 178/2002 du 28 janvier 2002).

## DIHYDROGÈNE
Nom scientifique donné à la molécule de structure H2, communément appelée "hydrogène" et désignant le composé chimique gazeux à pression atmosphérique pouvant être utilisé comme source énergétique.

## DTA
Documents Techniques d'Applications

## ÉCART DE PRODUCTION OU ANCIENNE DENRÉE ALIMENTAIRE
Denrée alimentaire, à l'état final ou intermédiaire, autre qu'un rebut de restauration, qui a été fabriquée pour la consommation humaine en conformité avec le paquet hygiène de l'UE mais qui n'est plus destinée à la consommation humaine pour des raisons techniques ou logistiques ou à cause de défauts de fabrication ou d'emballage ou d'autres défauts et qui ne présente aucun risque pour la santé lorsqu'elle est utilisée en tant qu'aliment pour animaux dans le plein respect de la réglementation européenne en matière d'alimentation animale. (EFFPA – VALORIA, Règlement UE 68/2013 du 16 janvier 2013).

## FAO
L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (connue sous les sigles ONUAA ou, plus couramment, FAO pour la traduction en

anglais Food and Agriculture Organization of the United Nations) est une organisation spécialisée du système des Nations unies, créée en 1945 à Québec.

## FILABIOM
Démarche pilotée par AgroTransfert et dont l'objectif était d'acquérir des références et connaissances utiles à la production et mobilisation de biomasses agricoles pour une valorisation territoriale de celles-ci dans les secteurs de la chimie, des biomatériaux et de l'énergie.

## FRANCEAGRIMER
Établissement national des produits de l'agriculture et de la mer, l'office agricole français a pour mission d'appliquer, en France, certaines mesures prévues par la Politique Agricole Commune (PAC), et de réaliser certaines actions nationales en faveur des différentes filières agricoles.

## GES
Gaz à Effet de Serre

## GNV
Gaz Naturel pour Véhicules

## GRANULATS
Particules de taille inférieure à 125 mm, utilisées dans la composition des matériaux destinés à la construction d'ouvrages de bâtiments, travaux publics, et génie civil. Traditionnellement le sable, les gravillons et les graviers sont utilisés comme granulats mais de nouvelles formulations de bétons sont actuellement développées à partir de granulats végétaux en remplacement de ces granulats minéraux.

## KWÉ
Le kilowatt électrique est l'unité de puissance électrique nette développable sur une installation, elle est utilisée principalement en méthanisation.

## LTECV
Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte

## MOLÉCULES PLATEFORMES
Molécule chimique utilisée pour produire un grand nombre de molécules d'intérêt applicatif.

## OGM
Organisme Génétiquement Modifié

## ONRB
L'Observatoire National des Ressources en Biomasse, actualisé chaque année par FranceAgrimer depuis 2009, est un outil de suivi et de quantification des ressources en biomasse.

## POLYMÈRES
Composé macromoléculaire organique ou minéral résultant de la combinaison de plusieurs molécules à partir d'un monomère unique ou de monomères différents. Il existe de nombreux polymères différents : PA : Polyamide, PBAT : Poly(butylène adipate téréphtalate), PBS : Polybutylène succinate, PCL : Polycaprolactone, PE : Polyéthylène, PET : Polytéréphtalate d'éthylène, PHA : Polyhydroxyalcanoate, PLA : Polyacide lactique, PP : Polypropylène, PTT : Polytéréphtalate de triméthylène, etc.

## PAT
Protéines Animales Transformées

## PCI
Pouvoir Calorifique Inférieur, ou quantité totale de chaleur dégagée lors de la combustion.

## PHOTOSYNTHÈSE
Phénomène grâce auquel la majeure partie des végétaux synthétisent de la matière organique à partir d'eau, de CO2 et d'énergie lumineuse.

## PÔLE IAR
Pôle de compétitivité français spécialisé en bioéconomie et bénéficiant d'un rayonnement en Europe et à l'international.

## PPE
Programmation Pluriannuelle de l'Énergie. Il s'agit d'un outil de pilotage fixant les priorités d'actions des pouvoirs publics dans le domaine de la transition énergétique conformément aux engagements pris dans la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte

## RÉSIDU
Substance ou objet résultant d'un processus de production et qui n'est pas le produit final que ce processus vise à produire, qui ne peut être qualifié de sous-produit sans toutefois, entrer dans la catégorie « déchets » (Ordonnance 2010-1579 du 17 décembre 2010).

## RE2020
La RE2020 est le projet du gouvernement pour une nouvelle réglementation environnementale des bâtiments neufs, qui vient remplacer l'actuelle RT2012. Le but de cette nouvelle réglementation est de diminuer l'empreinte carbone des bâtiments et d'en améliorer leurs performances thermiques. Elle entrera en vigueur dès le 1er janvier 2022.

## RED II
La Renewable Energy Directive (RED), ou directives des énergies renouvelables européenne s'inscrit dans le contexte de diminution des émissions de gaz à effet de serre sur le continent européen à travers la maîtrise des énergies de chaque État membre de l'Union Européenne. Elle est instituée par décision européenne et concerne la définition des critères de durabilité des énergies. Une première directive relative aux énergies renouvelables (RED I) avait été adoptée en 2009 et avait déjà conduit à mettre en place des exigences de durabilité et de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) pour les biocarburants et bioliquides. La directive RED II a été adoptée en 2018 en lien avec les objectifs mentionnés par le pacte vert (Green Deal) européen. Elle inclut désormais l'ensemble des filières bioénergétiques : production de gaz (biogaz), d'électricité, de chaleur et de froid à partir de combustibles solides ou gazeux issus de biomasse. Son objectif est de limiter progressivement la prise en compte des bioénergies dans les efforts des États si leur production induit un changement d'affectation des sols et, par là même, des émissions supplémentaires de carbone.

## RSE
Responsabilité Sociale et Environnementale

## SAF
Sustainable Aviation Fuel

## SNBC
Schéma National Bas Carbone

## SOUS-PRODUITS ANIMAUX
Les cadavres entiers ou parties d'animaux, les produits d'origine animale ou d'autres produits obtenus à partir d'animaux, qui ne sont pas destinés à la consommation humaine, y compris les ovocytes, les embryons et le sperme (Règlement (CE) n° 1069/2009, Article 3.1).

### • Animaux de catégorie 1 ou SPAn de catégorie 1 ou C1
Matières qui présentent un risque important pour la santé publique (risque d'Encéphalopathie Spongiforme Transmissible, risque de présence de substance interdite ou d'un contaminant pour l'environnement, risque sanitaire émergent…). Ces matières doivent être collectées, transportées et identifiées sans retard et sont pour l'essentiel détruites par incinération ou par mise en décharge après transformation et marquage (Règlement (CE) n° 1069/2009, Article 3.1).

### • Animaux de catégorie 2 ou SPAn de catégorie 2 ou C2
Sous-produits animaux présentant un risque moins important pour la santé publique (risque sanitaire classique tel que véhiculé par les animaux trouvés morts en élevage, produits d'origine animale contenant des résidus de médicaments vétérinaires par exemple). Ces produits sont éliminés par incinération ou enfouissement après transformation et marquage ou peuvent être valorisés en vue de certaines utilisations autres que l'alimentation des animaux (engrais organiques, conversion en biogaz, compostage…) (Règlement (CE) n° 1069/2009, Article 3.1).

### • Animaux de catégorie 3 ou SPAn de catégorie 3 ou C3
Matières qui ne présentent pas de risque sanitaire pour la santé animale ou la santé publique et sont les seules qui peuvent être valorisées en alimentation animale. Elles comprennent notamment des parties d'animaux abattus et jugés propres à la consommation humaine mais que la chaîne alimentaire humaine ne valorise pas, ainsi que les denrées alimentaires d'origine animale non destinées à l'alimentation humaine pour des raisons commerciales («anciennes denrées alimentaires»). Seules, certaines matières de catégorie 3 peuvent être utilisées dans l'alimentation des animaux, et ce, après application d'un traitement approprié dans des installations de transformation agréées. Par ailleurs, au sein des matières de cette catégorie, de nombreux produits sont valorisés après des traitements spécifiques pour des usages divers (cosmétologie, pharmacie, produits manufacturés, artisanaux voire artistiques, agronomie, énergie) (Règlement (CE) n° 1069/2009, Article 3.1).

## SYNGAS
Gaz de synthèse

## TRANSESTÉRIFICATION
Procédé classique réalisé pour la production de biodiesel à partir d'huiles végétales ou de graisses animales mélangées à froid à un alcool en présence d'un catalyseur. Cette transformation des huiles ou des graisses donne deux produits principaux : des esters éthyliques ou méthyliques, dont les propriétés physiques sont proches du diesel, et de la glycérine.

## TRAITEMENT
Toute opération de valorisation ou d'élimination, y compris la préparation qui précède la valorisation ou l'élimination (Directive 2008/98/CE, Article 3-14).

## TRANSFORMATION
Toute action entraînant une modification importante du produit initial, y compris par chauffage, fumaison, salaison, maturation, dessiccation, marinage, extraction, extrusion, ou une combinaison de ces procédés (Règlement 852/2004, Article 2.1.m).

## TTCR
Taillis à très courte rotation

## UNILASALLE
Établissement d'enseignement supérieur et de recherche privé dont les activités sont orientées vers les domaines de l'agronomie, de l'agroalimentaire, de l'alimentation-santé et des géosciences.

## VALORISATION
Toute opération dont le résultat principal est que des déchets servent à des fins utiles en remplaçant d'autres matières qui auraient été utilisées à une fin particulière, ou que des déchets soient préparés pour être utilisés à cette fin, dans l'usine ou dans l'ensemble de l'économie (Directive 2008/98/CE du 19 novembre 2008, Article 3). Il s'agit par exemple de l'utilisation comme combustible ou autre moyen de produire de l'énergie, de l'épandage sur le sol au profit de l'agriculture.

RETOUR AU SOMMAIRE

# Remerciements

Nous souhaitons remercier les experts ayant apporté leur regard sur le guide afin de le rendre meilleur :
Amélie Giger (Agrial), Antoine Chiron (Alpina Savoie), Sandra Leperche (ALTA), Fanny Rolet (Antofénol), Flavie Souply (Association Nationale de la Meunerie Française), Fanny Olivier (BCF Life Sciences),Françoise Albrand (Biogranulats), Nicolas Pecqueux (Boortmalt), Jean-Michel Aune (Bruggen France SNC), Jacques Mazoyer (Cargill), Jean-Christophe Choulot (Caudalie), Fabien Picard (Cavac), François Carpentier (Cérèsia), Yacine Kabeche (Circull'Egg), Pierre Bono (CODEM), Pascal Gautrand (Collectif Triclor), Nathalie Simonin (Cosmetic Vallley), Michel Mangion (Cristal Union), Xavier Le Fur (Evertree), Frédéric Pelenc (Fédération Nationale des Distilleries Coopératives Viticoles), Marc Fromentin (Francofil), Rachel Kolbe Semoun (Invivo), Marie-Laure D'Hoop (Jacquet Brossard Distribution), Catherine Guillemot (La Biscuiterie de l'Abbaye), Anne-Sophie Rumigny Passas (La Coopération Agricole Métiers du lait), Jeff Lubrano (La Perche), Maud Robert (Limagrain), Thierry Hamerel (Luzéal),Frédéric Fine (Oleoinnov), Mouhamed Niakate (Pôle IAR), Florence Sellin (Pomone Paris), Sabrina Michée (Ramen tes Drêches), Michel Pelissier (Start Innov), Laurent Pou & Valérie Corre (Tereos), Paul-Gilles Chedaleux (Terremo'logic), Caroline Rémond (UMR FARE, CREA), Tristan Richard (Université de Bordeaux), Céline Géradon (Valbiom), Sophie Letard (ValFrance), Renaud Noël (Végafruits) et Frederic Mauny (Waste Me Up).

RETOUR AU SOMMAIRE

RETOUR AU SOMMAIRE

# TABLE DES FIGURES & TABLEAUX

## CHAPITRE I : L'ÉCONOMIE DU BIOSOURCÉ


Figure I.2. Pouvoir méthanogène par type d'intrants ..... 18

Figure I.3. Évolution de la production d'électricité d'origine biogaz en GWh en France ..... 19

Figure I.4. Évolution du nombre d'unités en injection ..... 20

Figure I.5. Voies principales de production du bioéthanol ..... 22

Figure I.6. Production de biocarburants de seconde génération ..... 23

Figure I.7. Évolution de la part des bioénergies dans le mix énergétique mondial à l'horizon 2050 ..... 27

Tableau I.1. Les biomasses végétales dans la formulation des isolants ..... 28

Figure I.8. : Degré de maturité de l'utilisation des fibres végétales en matériaux en France ..... 29

Figure I.9. Matrice des bioplastiques ..... 33

Figure I.10. Le processus de biodégradation aérobie (avec oxygène) ..... 36

Tableau I.2. Critères de désintégration et de biodégradabilité de la norme EN 13432 ..... 37

Figure I.11. Chaîne de valeur du biosourcé en industrie chimique ..... 38

Tableau I.3. Les douze principes de la Chimie Verte ..... 48

## CHAPITRE 2 :
## PANORAMA DE LA VALORISATION DES COPRODUITS

Figure II.1. Morphologie des graminées 61
Tableau II.1. : Composition des menues pailles 62
Figure II.2. Production des pailles et menues pailles lors de la moisson 62
Figure II.3. Séparation des issues de silos dans le processus de nettoyage du grain 66
Tableau II.1. Volumes et ratios de production des principales issues de silos 67
Figure II.4. Process général de la meunerie de blé tendre 71
Tableau II.2. Volume de coproduits de la meunerie 72
Figure II.5. Schéma des voies de valorisation de la meunerie 74
Figure II.6. Process général de l'amidonnerie de blé 77
Figure II.7. Process général de l'amidonnerie de maïs 78
Figure II.8. Process général de la féculerie 79
Tableau II.3. Volumes de coproduits de l'amidonnerie-féculerie 80
Figure II.9. Process général de la semoulerie de blé dur 83
Tableau II.4. Volumes estimés de coproduits du secteur semoulerie de blé dur, 2019 84
Figure II.10. Process général de la semoulerie de maïs 87
Figure II.11. Process général de l'extraction de l'huile 89
Tableau II.5. Volumes de coproduits du secteur oléagineux 90
Figure II.12. Process général de la cidrerie 96
Tableau II.6. Répartition des coproduits de la malterie 98
Figure II.13. Process général de la malterie 99
Figure II.14. Process général de brasserie 101
Figure II.15. Schéma simplifié des voies de valorisation des coproduits de brasserie 102

Tableau II.7. Volume de coproduits du secteur de la brasserie 103
Tableau II.8. Volumes de coproduits issus de la sucrerie 105
Figure II.16. Process général de sucrerie 107
Figure II.17. Schéma des voies de valorisation des coproduits du secteur sucre de betteraves 108
Figure II.18. Process général de la production de vin (pouvant varier selon les spécificités régionales) 111
Tableau II.9. Volumes des coproduits du secteur vin 112
Figure II.19. Schéma des voies de valorisation des coproduits de vinification 113
Figure II.20. Process général de la distillation de céréales 116
Figure II.21. Process général de distillerie du vin et des coproduits du vin 117
Figure II.22. Schéma des voies de valorisation des coproduits du secteur de la distillerie de céréales, betterave et marc de raisin 119
Tableau II.10. Volume de coproduits animaux et leurs voies de valorisation 121
Figure II.23. Schéma simplifié des voies de valorisation des coproduits du secteur de l'industrie de la viande 123
Figure II.24. Process général de préparation des ovoproduits 127
Tableau II.11. Volumes des coproduits du secteur des ovoproduits 128
Figure II.25. Schéma des voies de valorisation des ovoproduits 128
Tableau II.12. Volumes des coproduits issus des industries laitières 131
Figure II.26. Process général des voies de valorisation de la transformation laitière 131
Figure II.26. Process général des voies de valorisation des coproduits de la transformation laitière 133

## CHAPITRE 3 : CONSTRUIRE UN PROJET DE BIOÉCONOMIE AVEC LES ACTEURS DE LA FILIÈRE ET DU TERRITOIRE

Figure III.1. Parcours d'ancrage local d'une entreprise à la façon d'une pyramide de Maslow 145

Figure III.2. Schéma d'ensemble d'une démarche de projet 145

Figure III.3. Lancement du comité de pilotage 146

Figure III.4. Sept questions pour cadrer un projet 147

Figure III.5. Identifier et positionner *a priori* les acteurs 148

Figure III.6. Liste non exhaustive des catégories d'acteurs fréquemment identifiés 149

Tableau III.1. Questions et actions pour positionner les acteurs vis-à-vis du projet 150

Figure III.7. Positionnement relatif au pouvoir et à l'intérêt des acteurs 150

Tableau III.2. Grille de lecture de la figure *Positionnement relatif au pouvoir et à l'intérêt des acteurs* pour formuler des préconisations 151

Figure III.8. Dilemme du porteur de projet et rencontres des acteurs 153

Figure III.9. Moyens de communication possibles pour échanger avec les acteurs identifiés 154

Figure III.10. Motivations pouvant inciter les agriculteurs à adhérer à un projet 157

Figure III.11. Profils d'agriculteurs et leviers de mobilisation dans le projet 158

Tableau III.4. Synthèse de l'implication des acteurs publics dans les projets de valorisation de la biomasse) 160

Figure III.12. Éléments sur lesquels les différentes catégories d'acteurs publics fondent leur opinion 161

RETOUR AU SOMMAIRE

RETOUR AU SOMMAIRE

Conception et réalisation
Sarl Edita – Tours

RETOUR AU SOMMAIRE

Aussi innovante qu'ancestrale, la bioéconomie propose une économie du biosourcé, ancrée dans les cycles du vivant. Elle vise à valoriser des biomasses, végétales ou animales, en respectant les principes de l'économie circulaire. Si le concept prend de l'ampleur aujourd'hui, alors que l'utilisation de la biomasse en alimentation, énergie et matériaux était la norme avant l'ère industrielle, c'est parce que la bioéconomie se présente comme une des solutions aux enjeux du XXIe siècle. Elle permet de lutter contre l'épuisement des ressources non renouvelables en ayant recours à des agro-ressources dans de nombreux secteurs : biocarburants dans le transport, bétons végétaux en construction, biogaz pour l'énergie, entre autres. Il est cependant essentiel, que le développement industriel de la bioéconomie se fasse au regard des capacités de production agricole à l'échelle locale, pour une co-construction viable de ce nouveau modèle économique.

Les coopératives représentent 3 agriculteurs sur 4 et sont au cœur de la gestion de la biomasse agricole et des co-produits générés. Elles se positionnent donc comme des acteurs structurants de ces nouvelles chaînes de valeur grâce à leur savoir-faire en montage de projets collectifs, à leur capacité à mener des travaux d'expérimentation, à développer des expertises et à massifier les volumes de biomasse pour permettre la mise à l'échelle industrielle.

Ce guide de la bioéconomie, se compose de trois parties, qui vous permettront d'appréhender ce concept dans sa globalité. Vous y trouverez d'abord une présentation de la bioéconomie, des opportunités économiques qu'elle représente et des enjeux associés. Vous pourrez identifier ensuite les coproduits de 19 filières agricoles et leurs voies de valorisation. Enfin, ce guide vous proposera une méthodologie pour développer des projets de bioéconomie.

LA COOPÉRATION AGRICOLE

**Construisons en commun l'avenir de chacun**

www.lacooperationagricole.coop

Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR | MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION Liberté Égalité Fraternité

RETOUR AU SOMMAIRE