



# **GUIDE DE SÉLECTION des MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES DE VALORISATION dans le territoire SUDOE**

**(Espagne, Midi-Pyrénées, Aquitaine, Portugal)**

**2012**



<b>1. Introduction</b>	<b>2</b>
<b>2. Typologie des déchets</b>	<b>2</b>
<b>3. Critères de sélection des technologies de valorisation</b>	<b>4</b>
<b>4. Technologies de valorisation disponibles et aspects clé</b>	<b>8</b>
<b>4.1. Valorisation énergétique</b>	<b>8</b>
<b>4.2. Valorisation alimentaire</b>	<b>13</b>
- <b>Extraction</b>	<b>13</b>
- <b>Filtration</b>	<b>25</b>
- <b>Concentration-séchage</b>	<b>27</b>
- <b>Restructuration-texturisation</b>	<b>33</b>
<b>4.3. Valorisation agricole</b>	<b>34</b>
<b>4.4. Valorisation environnementale</b>	<b>35</b>



## 1. Introduction

Le présent guide de sélection des meilleures technologies de valorisation disponibles vise à identifier et à diffuser les technologies de traitement et de valorisation des sous-produits applicables dans les PME liées à des activités productives de transformation de produits végétaux du SUDOE (Portugal, France - Aquitaine, Midi-Pyrénées- et Espagne).

Pour ce faire :

1. Les informations disponibles concernant la production, le traitement et la valorisation des déchets issus de l'industrie des produits végétaux transformés dans les territoires participants et dans l'ensemble du SUDOE ont été compilées.
2. Les meilleures techniques disponibles pour le traitement et la valorisation des déchets dans le cadre de l'obtention de composés d'intérêt pour l'industrie agroalimentaire et de la génération énergétique ont été identifiées (création d'une base de données disponible sur [www.proyectovalue.eu](http://www.proyectovalue.eu))

## 2. Typologie des déchets

Le secteur des produits végétaux transformés regroupe les entreprises qui traitent la matière première végétale par toute technique de conservation : stérilisation par la chaleur, congélation, dessiccation, réfrigération, atmosphères modifiées... Les différents déchets générés ont été recueillis dans l'analyse de situation de l'industrie des produits végétaux transformés de chaque zone du territoire SUDOE (Portugal, Aquitaine, Midi-Pyrénées, Espagne). (*Rapport de GÉNÉRATION et VALORISATION des DÉCHETS ISSUS de l'INDUSTRIE AGROALIMENTAIRE*, [www.proyectovalue.eu](http://www.proyectovalue.eu)). Le tableau suivant résume la typologie des déchets ayant un plus grand impact sur les différentes régions :

	<p>Échange et transfert technologique sur la valorisation des déchets de l'industrie de produits végétaux transformés du SUDOE</p>	  <p>UE / EU - FEDER / ERDF</p>
---	--	--

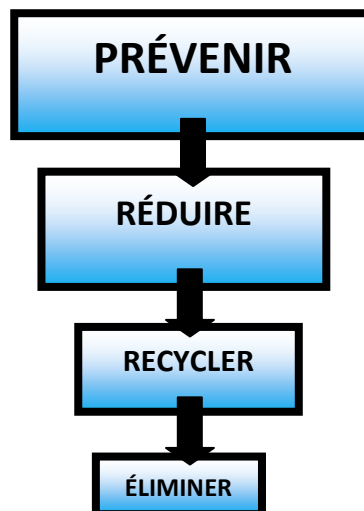
RÉGION	SOUS-SECTEUR	TYPE DE SOUS-PRODUIT
<b>PORTUGAL</b>	Vitivinicole	Marc de raisin Lie de vin Marc de raisin sans alcool
	Moulins à huile	Grignon
	Secteur brassicole	Levure Malt Levure sèche
	Production de riz, fruits secs	Son de riz, d'amande, de noix
	Fruits et légumes	Pulpe de caroube Tomate Pulpe d'agrumes
<b>Aquitaine FRANCE</b>	L'industrie de conservation et de congélation de légumes Producteurs de confitures, jus, nectars et sirops	Déchets végétaux (tiges, pédoncules) Matières premières de rebut : Prune et kiwi, ainsi que les légumes secs, le maïs sucré et la carotte
<b>Midi-Pyrénées FRANCE</b>	Industrie laitière	Petit-lait
	L'industrie de transformation des fruits (confitures) et des légumes secs	Rebuts après tri de la production de confitures et marmelades
	Vitivinicole	Marc de raisin
<b>ESPAGNE</b>	Industrie des conserves de fruits et légumes Industrie des légumes congelés	Sous-produits de la transformation (parties non utilisables) Non conformes Excédents Légumes Agrumes Non agrumes
	Moulins à huile	Grignon
	Vitivinicole	Marc de vin



### 3. Critères de sélection des technologies de valorisation

#### Pyramide de hiérarchisation

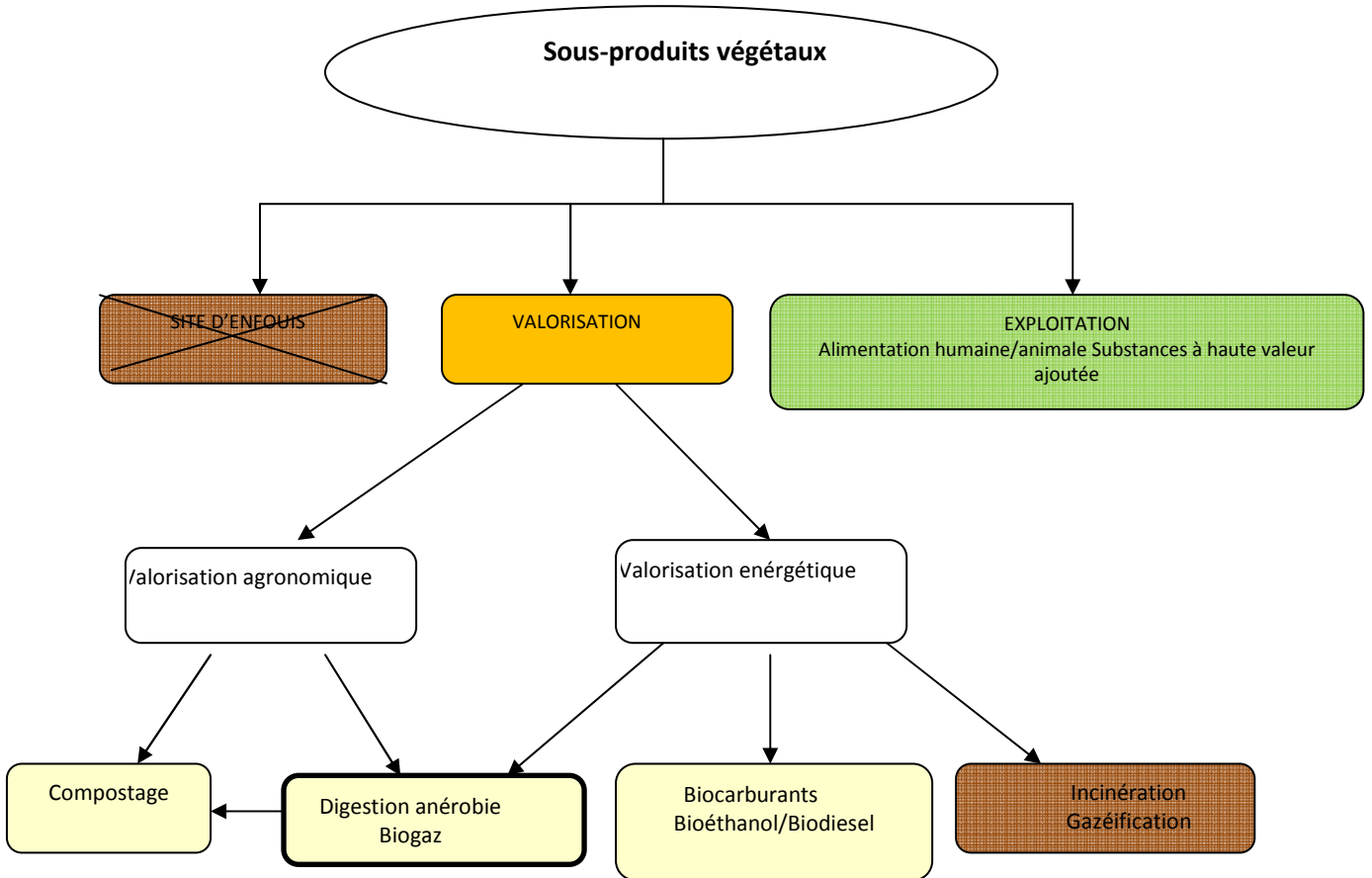
La stratégie pour la bonne gestion des déchets est axée sur la prévention, c'est-à-dire, sur la tâche de tenter d'éviter la génération de déchets. À cette fin, les efforts devraient se concentrer sur l'accroissement de l'efficacité des processus et sur les plans visant à prévenir la génération de déchets et d'émissions. Ce résultat s'obtient grâce à la mise en œuvre de technologies de minimisation et à la promotion de la valorisation des sous-produits, ainsi que par la promotion de la réutilisation interne et externe et le recyclage. Cette stratégie peut être représentée comme il suit :



#### Comment agir pour assurer la bonne gestion des sous-produits végétaux générés ?

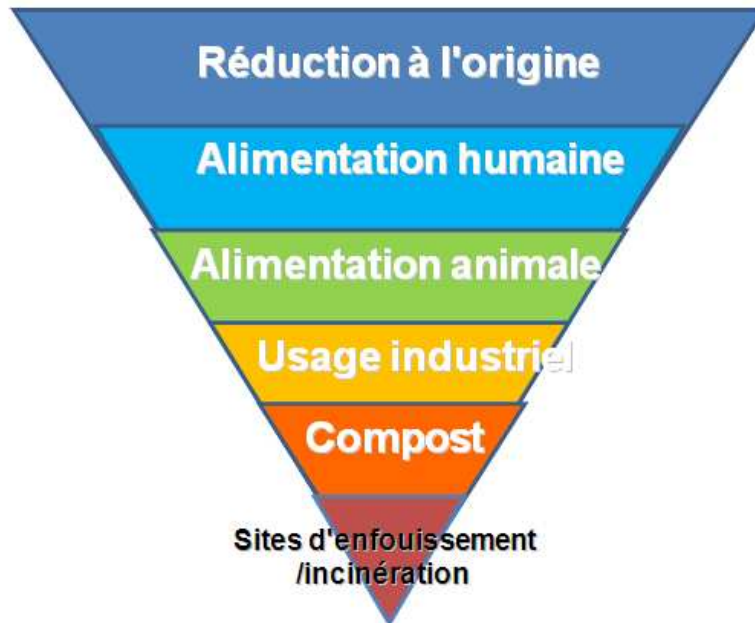
D'après la pyramide hiérarchique de mise à profit, après avoir tenté la réduction, en premier lieu l'usage alimentaire devrait être favorisé (alimentation humaine et animale). Ensuite, d'autres exploitations industrielles seraient privilégiées, telles que l'exploitation énergétique ou la valorisation pour un usage agronomique (par exemple le compostage). La dernière option est la gestion dans des sites d'enfouissement ou d'incinération.

Ceci est représenté dans le schéma suivant :





Par conséquent, la hiérarchie de valorisation à appliquer est la suivante:



### Comment agir pour assurer un choix correct de la technologie de valorisation des sous-produits végétaux générés ?

Tout d'abord, il s'avère nécessaire d'avoir des connaissances du secteur de génération de sous-produits :

- type d'activité, processus de production,
- continuité,
- typologie des matières premières traitées,

À cet égard, l'industrie des produits végétaux transformés se caractérise par une activité discontinue (lors de campagnes) et par la manipulation d'un large éventail de matières premières nécessitant des processus de fabrication différents. Du point de vue de la rentabilité des usines de valorisation, le volume de déchets s'avère tout aussi important que la proximité de ceux-ci à l'usine en raison de leur coût économique et environnemental élevé.

- **Type de sous-produit**, point d'origine du sous-produit (processus auquel il a été soumis), qualité,... saisonnalité de la production, homogénéité et disponibilité de la matière (origine géographique).



- **Applications**

- **Produit résultant**, il s'avère important de réaliser une caractérisation des sous-produits afin de connaître le potentiel de mise à profit et pouvoir ainsi choisir le meilleur processus de valorisation.
- **Marché potentiel**, il s'avère tout aussi important d'avoir connaissance du potentiel de valorisation du produit que de savoir s'il existe ou pas un marché demandeur du produit obtenu. Il est donc intéressant de procéder à une analyse du marché.

- **Degré de viabilité**: degré de maturité de la technologie.

- **Expérimental** : développement au niveau des essais de laboratoire, prototype pilote.
- **Moyen** : développement semi-industriel.
- **Élevé** : usines au niveau industriel même pour d'autres applications.

Compte tenu des caractéristiques des sous-produits végétaux qui deviennent la matière première des processus de valorisation, le processus doit être aussi universel que possible, en tenant compte :

- **Facteurs d'influence**: réglementation en vigueur, facteurs techniques (exigences opérationnelles), facteurs économiques et de marché.





## 4. Technologies disponibles de valorisation et aspects clé

Les options actuellement envisagées pour la valorisation des déchets générés par l'industrie de transformation des produits végétaux sont a) l'utilisation dans le propre processus productif, b) l'extraction de composés à haute valeur, c) l'alimentation animale, d) l'engrais organique direct, e) le compostage, f) l'exploitation énergétique (production d'éthanol et de méthane). Les options de valorisation et les technologies disponibles ont été recueillies sur des fiches techniques qui à leur tour sont disponibles dans une base de données. Les informations contenues dans la base de données permettent de trouver des solutions de valorisation pour les différents sous-produits végétaux à partir des différentes technologies disponibles. La base de données est disponible sur le site du projet VALUE : [www.proyectovalue.eu](http://www.proyectovalue.eu)

À l'heure actuelle, l'on dispose d'un certain nombre de technologies de valorisation qui, en fonction de la maturité de la technologie et des problèmes existants en termes de génération de sous-produits, sont mises en œuvre de manière variable.

On distingue les formes de valorisation suivantes :

### 4.1. Valorisation énergétique

#### **Bioéthanol**

Que l'on obtient par la fermentation des sucres contenus dans la matière organique des plantes. Grâce à ce processus l'on obtient l'alcool hydraté, contenant environ 5% d'eau, qui après avoir été déshydraté peut être utilisé comme combustible.

Le bioéthanol mélangé à l'essence produit un biocombustible à haut rendement énergétique avec des caractéristiques très similaires à l'essence mais réduisant considérablement les émissions polluantes dans les moteurs à combustion traditionnels. L'éthanol est utilisé dans les mélanges avec de l'essence dans des concentrations de 5 ou 10%, E5 et E10 respectivement, sans besoin d'aucune modification dans les moteurs actuels.

	<p>Échange et transfert technologique sur la valorisation des déchets de l'industrie de produits végétaux transformés du SUDOE</p>		 <p>UE / EU - FEDER / ERDF</p>
---	--	--	---

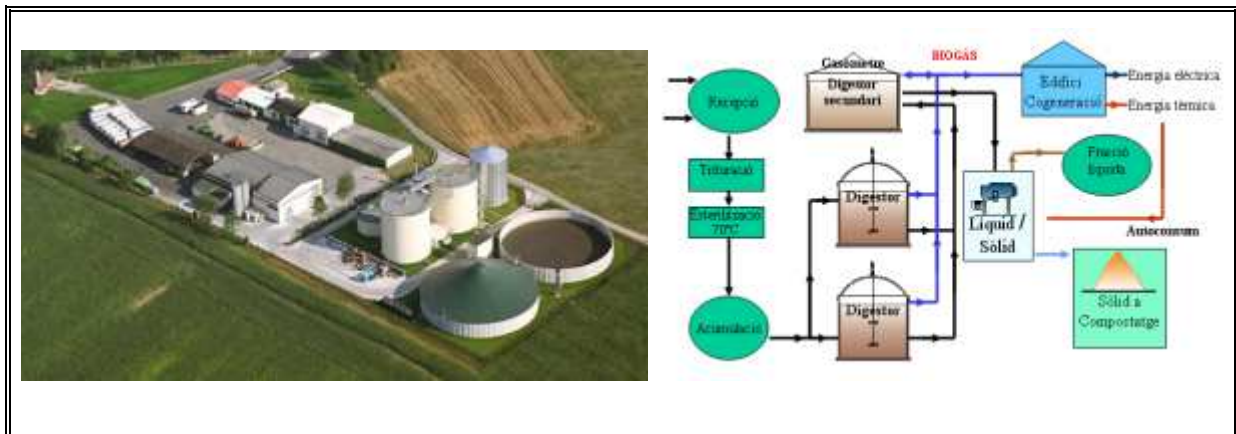
	
<p>Fuente: Abengoa Fabrica etanol 2G Babilafuente</p>	<p>Fuente. Abengoa. Esquema bioetanol 2G</p>

<b>ORIGINE-POTENTIEL</b>	
Sous-produits utilisables	Déchets liquides et solides issus de la production de jus de fruits et / ou de confitures, déchets de tomates, petits pois, haricots, pommes de terre, carottes ...
<b>APPLICATIONS</b>	
Produits résultants	Éthanol, DDGS
Marchés potentiels	Alimentation animale, entreprises énergétiques
<b>FACTEURS D'INFLUENCE</b>	
Techniques (exigences opérationnelles)	Rendements, mise à l'échelle de l'usine...
Économiques et de marché	Mise à l'échelle de l'usine, disponibilité d'essences optimales pour le mélange, réticences du secteur de l'automobile face à l'utilisation de mélanges E10
Législatifs	Conformité avec les critères de durabilité tout au long du processus de production, contrôle de l'emploi des mélanges E10 et supérieurs, développement de la réglementation
<b>DEGRÉ DE VIABILITÉ</b>	Disponibilité de matières premières à faible coût, technologie mûre et produit disposant d'un marché potentiel



### Biométhanisation ou digestion anaérobie

Il s'agit d'un processus biologique de dégradation de la matière organique en l'absence d'oxygène qui conduit à l'obtention d'un mélange de gaz connu sous le nom de biogaz, qui peut être utilisé comme combustible, et un déchet stabilisé avec possibilité de valorisation agricole et/ou énergétique.



ORIGINE-POTENTIEL	
Sous-produits utilisables	Légumes, agrumes, non agrumes, pommes de terre, sous-produits générés dans l'élaboration du vin et du cidre, pulpe de café, etc.
APPLICATIONS	
Produits résultants	Combustible sous forme de gaz méthane. Substrat pour les engrais agricoles.
Marchés potentiels	Marché énergétique. Secteur agricole.
FACTEURS D'INFLUENCE	
Techniques	Systèmes de contrôle des conditions appropriées pour la génération de biogaz méthane : anoxie, température, pH, etc. Contrôle de la charge organique qui s'alimente pour ne pas inhiber la méthanogénèse. Adaptation des installations et des technologies aux besoins de chaque lieu et moment.
Économiques et de marché	Coût logistique élevé du transport de la matière première à l'usine de génération de biogaz. Concurrence du gaz propane, électricité, etc. Génération de biogaz lente. Système plus économique et moins complexe que l'incinération. Traitement complémentaire ou alternatif au compostage permettant une meilleure exploitation économique du déchet.
Législatifs	Besoin d'un traitement intégral du sous-produit : boues digérées.
<b>DEGRÉ DE VIABILITÉ</b>	Moyen



**Combustion**

Basée sur l'oxydation complète du matériau entraînant la production de gaz chauds et de cendres produits par l'utilisation d'air dans une quantité supérieure à la stœchiométrique. La technologie dominante est basée sur des chaudières à grille, en particulier les chaudières de petite ou moyenne taille, ce qui augmente l'utilisation de lits fluidisés dans des chaudières de taille moyenne à grande. Ces gaz chauds génèrent de la vapeur, de l'eau chaude ou chauffent du fluide thermique dans la chaudière avec un rendement similaire à celui des chaudières à combustibles fossiles. Cette chaleur peut être exploitée dans le processus de production. Dans les centrales de génération électrique, la vapeur générée alimente une turbine pour la génération électrique avec des rendements dans une plage de 20%-30% selon l'échelle.



<b>ORIGINE-POTENTIEL</b>	
Sous-produits utilisables	Sarments de vigne, branchettes de raisin, marc de raisin, noyau de l'olive, grignons, coquilles de fruits secs (amande, noisette, pignon), paille de céréales, balle de riz, déchets champs... Des biomasses avec une humidité inférieure à 55%.
<b>APPLICATIONS</b>	
Produits résultants	Énergie électrique et/ou vapeur, eau chaude ou fluide thermique chaud
Marchés potentiels	Usages thermiques, usages électriques. Réseaux de chauffage centralisé, génération de chaleur dans l'industrie, usine de génération d'électricité.
<b>FACTEURS D'INFLUENCE</b>	
Techniques (exigences opérationnelles)	Paramètres critiques du combustible à évaluer : humidité du combustible ; - granulométrie - teneur en Cl, N, S - teneur en cendres ,composition de cendres et fusibilité des cendres
Économiques et de marché	La génération thermique est en concurrence avec le carburant diesel dans presque tous les cas et dans de nombreux cas avec le gaz naturel. Dans le cadre des primes du Décret Royal 661/07, la viabilité des usines de génération électrique est uniquement possible dans certains cas (coût du combustible et échelle d'usine).
Législatifs	DR 661/2007 régime spécial. Législation environnementale, législation des appareils à pression et légalisation des installations.
<b>DEGRÉ DE VIABILITÉ</b>	La combustion de biomasse est une technologie fiable commercialement disponible que l'on trouve dans de nombreuses centrales à travers le monde. Les grandes centrales à biomasse et la consommation dans des installations individuelles propres au secteur de la petite industrie et domestique orientées à la génération de chaleur sont à différencier.

	<p>Échange et transfert technologique sur la valorisation des déchets de l'industrie de produits végétaux transformés du SUDOE</p>		 <p>UE / EU - FEDER / ERDF</p>
---	--	--	---

### Gazéification

Procédé par lequel un combustible solide se transforme essentiellement en un gaz combustible en appliquant de la chaleur générée par la combustion partielle de celui-ci. Ce gaz combustible peut être utilisé pour la génération d'énergie thermique dans les chaudières ou dans des moteurs à combustion interne pour générer de l'électricité.



<b>ORIGINE-POTENTIEL</b>	
Sous-produits utilisables	Exigences de granulométrie, densité, humidité et fusibilité des cendres spécifiques pour chaque technologie et application. En général, biomasse à faible humidité et haute température de fusion de cendres.
<b>APPLICATIONS</b>	
Produits résultants	Énergie électrique ou thermique
Marchés potentiels	Applications thermiques, applications électriques.
<b>FACTEURS D'INFLUENCE</b>	
Techniques (exigences opérationnelles)	Paramètres critiques du combustible à évaluer : humidité du combustible ; - granulométrie - teneur en Cl, N, S - teneur en cendres - composition de cendres et fusibilité des cendres
Économiques et de marché	Dans le cadre des primes du Décret Royal 661/07, la viabilité des centrales de génération électrique est uniquement possible dans certains cas (coûts du combustible et échelle d'usine)
Législatifs	DR 661/2007 régime spécial. Législation environnementale, législation des appareils à pression et légalisation des installations.
<b>DEGRÉ DE VIABILITÉ</b>	La gazéification de biomasse est une technologie encore immature à fiabilité limitée.



## 4.2. Valorisation alimentaire

### - EXTRACTION

#### **Liquide-liquide**

Reposant sur la distribution de solutés entre deux phases non miscibles dans lesquelles le composé et la matrice présentent des solubilités différentes. Dans la plupart des cas, une des phases est un milieu aqueux et l'autre un solvant organique, c'est pourquoi cette technique est souvent dénommée extraction par solvant organique ou, tout simplement, extraction par solvant. La sensibilité et l'efficacité du processus d'extraction dépendront du choix des deux solvants non miscibles. Lors de l'utilisation d'une phase aqueuse et d'un solvant organique, les composés les plus hydrophiles resteront de préférence dans la phase aqueuse et les plus hydrophobes rejoindront le solvant organique. Avec une variante :



**Extraction liquide sous pression (ELP)**, la pression est appliquée pendant le processus d'extraction, ce qui permet d'obtenir une température supérieure du point d'ébullition des solvants. L'utilisation de températures élevées augmente le transfert de masse et les taux d'extraction, et réduit le temps de réaction et la consommation de solvants organiques.



<b>EXTRACTION LIQUIDE-LIQUIDE</b>	
<b>ORIGINE-POTENTIEL</b>	
Sous-produits utilisables	Courants aqueux générés i) lors du traitement des déchets agricoles ou industriels, y compris les liqueurs écoulées des matières solides résiduelles, ou ii) au cours du traitement hydrolytique des matériaux lignocellulosiques.
<b>APPLICATIONS</b>	
Produits résultants	Composés phénoliques : les flavonoïdes exercent des effets bienfaits sur la santé humaine, parmi lesquels : anti-allergique, anti-inflammatoire, antiviral, anticancéreux, antioxydant ( <i>Larrauri, 1996</i> ).
Marchés potentiels	Produits à haute valeur ajoutée, industries : alimentaires, pharmaceutiques, chimiques et cosmétiques, principalement ( <i>Larrauri, 1994</i> ).
<b>FACTEURS D'INFLUENCE</b>	
Techniques (exigences opérationnelles)	Besoin d'effectuer des analyses préalables du sous-produit végétal à évaluer en vue de déterminer l'adéquation du produit de valeur à extraire. La saisonnalité dans la génération des sous-produits doit être considérée dans le dimensionnement des lignes de traitement et dans l'exposé des alternatives différentes en fonction du volume disponible.
Économiques et de marché	Limité aux courants aqueux. Coûts de traitement et d'extraction très élevés, tout comme le prix du produit sur le marché qui est aussi parfois très élevé. Besoin de réduire les coûts de séchage. La valorisation intégrale des fractions peut permettre la rentabilité des processus.
Législatifs	En fonction du solvant utilisé. Besoin de traitement intégral du sous-produit : déchet de l'extraction.
<b>DEGRÉ DE VIABILITÉ</b>	Moyen, faible coût d'investissement, limité aux courants aqueux. Toutes les parties des sous-produits végétaux ne sont pas valorisables.



### Solide-liquide

A partir d'échantillons solides avec des solvants, généralement connus sous le nom de lixiviation, il s'agit d'une méthode largement utilisée dans la séparation de composés antioxydants à partir de déchets solides. Pour ce faire, l'extraction doit être faite avec des solvants conventionnels, puis être suivie de l'élimination du solvant pour obtenir un extrait concentré. Les solvants les plus courants sont l'eau acidifiée, l'éthanol et le méthanol. L'extraction à cette petite échelle présente un intérêt pour mener à bien la caractérisation des composés du matériau à l'étude.



<b>ORIGINE-POTENTIEL</b>	
Sous-produits utilisables	Déchets végétaux solides
<b>APPLICATIONS</b>	
Produits résultants	Composés antioxydants
Marchés potentiels	Extraction de composés à haute valeur ajoutée pour l'enrichissement des produits alimentaires
<b>FACTEURS D'INFLUENCE</b>	
Techniques (exigences opérationnelles)	Manipulation des solvants appropriés pour l'obtention de bons rendements d'extraction. Besoin d'effectuer des analyses préalables du sous-produit végétal à évaluer en vue de déterminer l'adéquation du produit de valeur à extraire. La saisonnalité dans la génération des sous-produits doit être considérée dans le dimensionnement des lignes de traitement et dans l'exposé des alternatives différentes en fonction du volume disponible.
Économiques et de marché	Extraction par micro-ondes et ultrasons, la durée d'extraction est plus courte, en plus de consommer moins d'énergie et de générer moins de déchets.
Législatifs	Selon le solvant à utiliser. Besoin de traitement intégral du sous-produit : déchet de l'extraction.
<b>DEGRÉ DE VIABILITÉ</b>	Moyen, la méthodologie est assez développée. Toutes les parties des sous-produits végétaux ne sont pas valorisables.

Au niveau industriel, on utilise des équipements d'extraction discontinue et continue avec des solvants conventionnels.



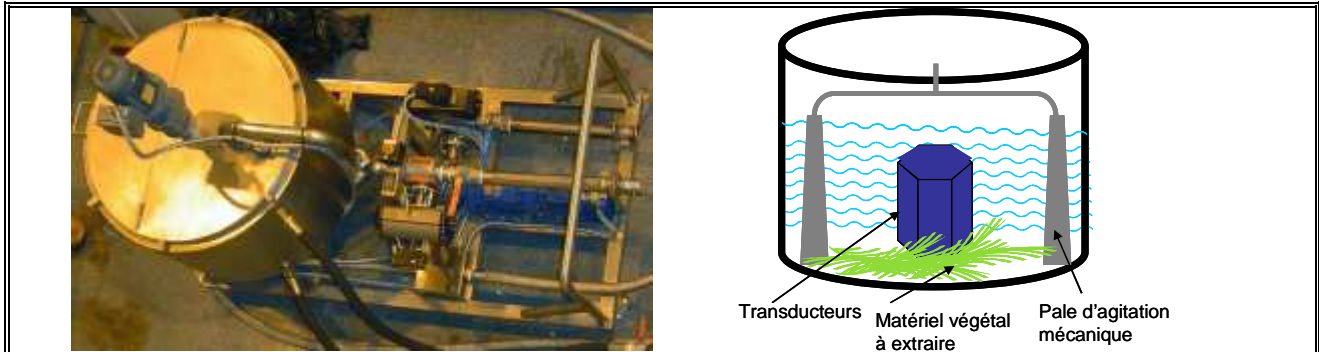


**L'extraction assistée par micro-ondes** fournit des techniques sélectives et rapides par lesquelles on obtient des récupérations meilleures ou semblables à celles obtenues au cours des processus d'extraction conventionnels, avec moindre consommation d'énergie, moindre volume de solvants, moindre toxicité (parfois) des solvants employés et, en général, moindre génération de déchets. L'extraction a lieu par chauffage de l'intérieur et de l'extérieur de la matrice solide par des impulsions micro-ondes. Ainsi, un gradient thermique se forme, ce qui conduit à une extraction des composés d'intérêt de manière plus efficace et sélective.

**L'extraction assistée par ultrasons (sonication)** consiste à générer une cavitation par les ondes sonores dans un milieu liquide, ce qui génère une compression et décompression. Les fibres végétales sont des membranes distendues, des cellules rompues, des particules résistantes à l'abrasion qui permettent un transfert presque instantané de composés d'intérêt dans le solvant.

Cette technique permet de réduire la durée d'extraction grâce à un accroissement de la pression, ce qui favorise la pénétration et le transport des composés, et un accroissement de la température qui augmente la solubilité et favorise la diffusivité.

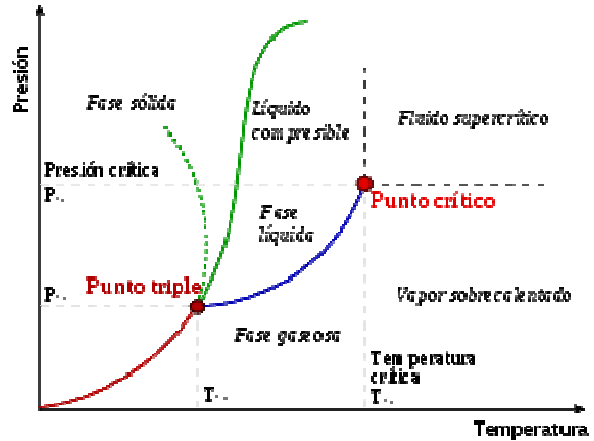
	<p>Échange et transfert technologique sur la valorisation des déchets de l'industrie de produits végétaux transformés du SUDO E</p>	  <p>UE / EU - FEDER / ERDF</p>
---	---	--



<b>ORIGINE-POTENTIEL</b>	
Sous-produits utilisables	Tous les déchets végétaux solides (pommes, kiwis, prunes, pruneaux, maïs sucré) ; néanmoins, le volume de liquide traité est plus important, les matières premières liquides ainsi que les matériaux qui ne peuvent pas être filtrés sont à éviter.
<b>APPLICATIONS</b>	
Produits résultants	Pectines, extraits polyphénoliques, colorants, fibres et extraits aromatiques
Marchés potentiels	Industrie alimentaire, cosmétique, alimentation animale
<b>FACTEURS D'INFLUENCE</b>	
Techniques (exigences opérationnelles)	Rapport entre le degré de filtration et de concentration recommandé nécessaire pour obtenir un extrait solide plus stable Possibilité de broyage au-dessus de l'extraction Influence dans l'opération du rapport taille des particules de liquide / solide_ (L / S > 10)
Économiques et de marché	Gain de temps par rapport à d'autres techniques d'extraction (par lots, par exemple)
Législatifs	Tous les secteurs d'activités pourraient être intéressés. Procédure applicable aux produits alimentaires
<b>DEGRÉ DE VIABILITÉ</b>	Expérimental

### Fluides supercritiques

Qui consistent à modifier le pouvoir solvant des fluides à l'état supercritique (substance qui se trouve sous des conditions de pression et de température supérieures à son point critique : état dans lequel les densités du liquide et de la valeur sont égales, généralement CO<sub>2</sub>). Les fluides dans cet état favorisent la pénétration dans différentes matrices et, par conséquent, la solubilisation des solutés. Des co-solvants sont utilisés pour améliorer le pouvoir d'extraction. L'extraction par fluides supercritiques (SFE) est une technique qui emploie un solvant dans des conditions supercritiques. Il s'agit d'une bonne alternative pour l'extraction et le fractionnement des huiles végétales.



ORIGINE-POTENTIEL	
Sous-produits utilisables	Sous-produits de tomates, agrumes, fruits, peaux de banane
APPLICATIONS	
Produits résultants	Extraction de lipides, d'huiles essentielles, de caroténoïdes. Difficulté d'extraction de composés polaires et ioniques. Beaucoup de composés actifs de plantes tels que les phénols, les alcaloïdes et les composés glycosidiques sont peu solubles dans le CO <sub>2</sub> et ne sont donc pas extractibles (Hamburger et al., 2004). Substances colorantes ou pigments (caroténoïdes tels que le lycopène, etc.), protéines unicellulaires, huiles essentielles et vitamines.
Marchés potentiels	Extraction de composés à haute valeur ajoutée dirigés à des produits à haute valeur ajoutée pour compenser le coût
FACTEURS D'INFLUENCE	
Techniques (exigences opérationnelles)	Coût élevé des équipements, bien qu'à la longue la consommation d'énergie soit moindre. Les huiles sont de meilleure qualité
Économiques et de marché	Coûts de traitement et d'extraction très élevés.
Législatifs	Emploi de CO <sub>2</sub> comme solvant d'extraction autorisé.
DEGRÉ DE VIABILITÉ	Faible en raison du coût d'investissement



**Extraction en batch : Extracteur Tournaire**

Utilise les phénomènes d'hydratation et de transfert par diffusion pour extraire les composés d'intérêt. Le système est équipé d'un contrôle électronique pneumatique. Le chauffage indirect se fait par conduction, la chambre est munie d'une enveloppe reliée à un réseau de vapeur produite par une chaudière qui chauffe le milieu. Le système est équipé d'une turbine à l'agitation turbulente, adaptable à différentes hauteurs et vitesses de l'hélice afin d'homogénéiser l'échantillon lors de l'extraction. Une étape de filtration et de concentration de l'extrait est souvent nécessaire après la phase d'extraction, et éventuellement l'application d'un procédé de lyophilisation pour obtenir un extrait en poudre. Il est possible de récupérer les dépôts.

<b>ORIGINE-POTENTIEL</b>	
Sous-produits utilisables	Tous les déchets végétaux solides (pommes, kiwis, prunes, pruneaux, maïs sucré)
<b>APPLICATIONS</b>	
Produits résultants	Extraction des composés d'intérêt (riches en fibres insolubles)
Marchés potentiels	Industrie alimentaire, cosmétique, alimentation animale
<b>FACTEURS D'INFLUENCE</b>	
Techniques (exigences opérationnelles)	Influence de la taille des particules, l'efficacité de l'extraction en raison de l'augmentation de la macération, la taille des particules diminue. Toutefois, dans certains cas, trop de poussière fine peut causer des problèmes lors de la filtration. Définir le rapport optimal entre la quantité de matière sèche et le volume d'extraction par solvant. La plus grande proportion du solide / liquide est faible pour que le transfert soit efficace Agitation, la vitesse d'agitation dans le mélangeur a une influence significative sur le rendement d'extraction
Économiques et de marché	Besoin de concentrer l'extrait obtenu
Législatifs	Procédure applicable aux aliments
<b>DEGRÉ DE VIABILITÉ</b>	Moyen



### **Extraction par digestion avec sulfite réactif**

Cette technologie est basée sur la digestion de la matière première dans une solution contenant des sels de sodium de l'acide sulfureux, tels que des sulfites ou des bisulfites, pour l'obtention de la cellulose. Ce processus se déroule dans un environnement acide et dans ces conditions se dissolvent la lignine, l'hémicellulose et d'autres substances dérivées de la cellulose. La pulpe résultante au terme de ce processus se caractérise par sa pureté élevée, par des niveaux élevés d'alpha-cellulose et une distribution moléculaire uniforme. Ce processus peut être effectué en utilisant du métabisulfite de sodium ou du sulfite de sodium en tant qu'agent digestif. Il ressort des résultats obtenus que la pulpe finale peut avoir de nombreuses applications, parmi lesquelles : l'application dans la production de papier et autres composés absorbants des eaux usées et des matières premières pour des dérivés de la cellulose.

### **Extraction et purification des sucres**

Technologie pour la préparation de sirops riches en fructose à partir de produits différents aux cultures de sucre, de végétaux riches en amidon et/ou inuline.

Le procédé consiste à produire un jus sucré clarifié et déminéralisé. Le jus brut obtenu par broyage ou pressage par filtration est successivement soumis à : une enzyme pectolytique, une centrifugation à 5 000 g, une membrane d'ultrafiltration (pression 7bar), puis une électrodialyse.

Le jus est ultérieurement clarifié et déminéralisé pour obtenir par hydrolyse enzymatique de saccharose une première fraction de fructose et une autre fraction de glucose. Après la séparation de ces deux fractions, le glucose est isomérisé en fructose et constitue donc la deuxième fraction de fructose. La chromatographie par résines échangeuses d'ions peut enlever, du moins partiellement, le sorbitol qui est naturellement présent dans le matériel végétal de départ des différentes fractions. Les fractions de fructose se combinent pour donner un sirop de sucre riche en fructose (> 95 de MS). Ce sirop est soumis à un traitement final constitué d'une



déminéralisation par chromatographie de résines échangeuses d'ions, un traitement avec du charbon actif et une étape de concentration par évaporation sous vide et à basse température.

<b>EXTRACTION ET PURIFICATION DES SUCRES</b>	
<b>ORIGINE-POTENTIEL</b>	
Sous-produits utilisables	Jus de pommes et d'abricots déclassés : raisins, nectarines, kiwis, melons
<b>APPLICATIONS</b>	
Produits résultants	Le fructose issu du processus opérationnel et les fructo-oligosaccharides (en développement) à partir des fruits. Ces produits ont un pouvoir sucrant supérieur à celui des sucres extraits de la betterave sucrière ou de l'amidon.
Marchés potentiels	Industries agroalimentaires
<b>FACTEURS D'INFLUENCE</b>	
Paramètres techniques	Méthode à adapter selon les différents types de fruits
Économiques	Valeur élevée du produit final obtenu
Législatifs	Cette technologie peut être encouragée par les politiques de santé publique et les règlements visant à limiter la teneur en sucre dans les boissons ou les aliments préparés
<b>DEGRÉ DE VIABILITÉ</b>	Moyen



Échange et transfert  
technologique sur la  
valorisation des déchets  
de l'industrie de produits  
végétaux transformés du  
SUDO E

**SUDO E**  
Interreg IV B



### Hydrodiffusion assistée par micro-ondes et gravité (HMG)

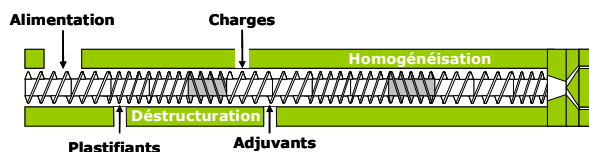
Cette technique d'extraction est une combinaison de chauffage par micro-ondes de gravité et la pression atmosphérique. L'hydrodiffusion est appliquée en chauffant le déchet sous l'action de micro-ondes sans l'utilisation de solvants, l'huile essentielle qui est recueillie dans un récipient par gravité après la condensation du gaz. Cette méthodologie pour l'extraction de l'HMG présente de nombreux avantages par rapport aux techniques plus classiques, elle offre donc un plus faible coût de fonctionnement.

<b>ORIGINE-POTENTIEL</b>	
Sous-produits utilisables	Écorces d'agrumes
<b>APPLICATIONS</b>	
Produits résultants	Extraction des huiles essentielles
Marchés potentiels	Industrie alimentaire, pharmaceutique
<b>FACTEURS D'INFLUENCE</b>	
Techniques	Les conditions expérimentales d'extraction pour chaque substance avant le début d'une opération industrielle doivent être étudiées.
Législatifs	Les niveaux de pollution pour chaque substance avant le début d'une opération industrielle doivent être étudiés.
<b>DEGRÉ DE VIABILITÉ</b>	Expérimental



**- Extrusion (BI-VIS)**

Selon les paramètres de configuration choisis pour cette technologie, le réacteur-extracteur bi-vis peut être assimilé à : 1.un convoyeur ou à une pompe à vis 2. un broyeur ou un défibreux, 3. un malaxeur ou un mélangeur, 4. un réacteur chimique sous contrainte, 5. un extracteur liquide/solide, 6. un séparateur liquide/solide, 7. un sécheur. Dans le cas de l'extraction par extrusion bi-vis, cette technologie permet de réaliser, en continu et de façon contrôlée, l'ensemble des opérations unitaires mises en œuvre dans les procédés d'extraction liquide-solide : convoyage, mise en contact du liquide et du solide, mélange et malaxage, réaction chimique (solvatation, hydrolyse), compression et détente, extraction et séparation liquide-solide par filtration et pressage. Ces opérations permettent d'isoler un ou plusieurs constituants de la matière végétale en préservant les autres, en vue de leur transformation ou de leur séparation ultérieure.



**Déstructuration par extrusion bi-vis**

<b>ORIGINE-POTENTIEL</b>	
Sous-produits utilisables	Matières végétales des plantes sélectionnées avec une adaptation des conditions de fonctionnement basé sur le rapport fibres extractibles. Pommes, kiwis, prunes, pruneaux, maïs sucré
<b>APPLICATIONS</b>	
Produits résultants	Extraits et produits défibrés
Marchés potentiels	Cosmétique, industries alimentaires, matériaux agricoles, emballages
<b>FACTEURS D'INFLUENCE</b>	
Paramètres techniques	Taille des particules de matière première (taille contrôlée pour leur introduction dans l'extrudeuse), rapport fibre/extractible (une proportion de fibres suffisante est nécessaire pour le bon fonctionnement de l'extraction de liquide / solide)
Économiques	Disponibilité de nouveaux extraits
Législatifs	Les extraits doivent passer des tests de sécurité afin de répondre aux critères juridiques de l'industrie pharmaceutique et cosmétique
<b>DEGRÉ DE VIABILITÉ</b>	Expérimental



	<p>Échange et transfert technologique sur la valorisation des déchets de l'industrie de produits végétaux transformés du SUDOE</p>		 <p>UE / EU - FEDER / ERDF</p>
---	--	--	---

--	--

### Broyage par pulvérisateur microniseur

Il s'agit de la technologie de broyage fin et de tamisage du cœur d'épis de maïs. La partie ligneuse du cœur de l'épi est utilisée en tant que composant d'un produit de grande dureté, haute densité, haute fluidité et capacité d'absorption élevée.

La partie extérieure et la moelle de la tige sont utilisées pour obtenir des produits plus tendres, d'une densité relativement faible et ayant une capacité d'absorption très élevée. La taille des particules des produits peut varier de quelques millimètres à quelques centaines de microns en fonction des applications prévues.

<b>ORIGINE-POTENTIEL</b>	
Sous-produits utilisables	Cœur d'épis de maïs, coquille de noix
<b>APPLICATIONS</b>	
Produits résultants	Abrasifs, absorbants, litières pour animaux, ingrédients d'origine animale ou végétale pour l'industrie pharmaceutique, agrochimique ou produits de nettoyage, matériel de départ pour divers produits (cosmétiques, résines, plastiques, adhésifs, peintures ...), additifs pour sables de fonderie
Marchés potentiels	Industrie chimique, traitement pharmacologique, mécanique des surfaces. Distribution spécialisée de litières pour animaux.
<b>FACTEURS D'INFLUENCE</b>	
Paramètres techniques	Granulométrie : des centaines de microns à plusieurs millimètres selon l'application.
Économiques	Coût du transport, mise en place d'unités dans de grandes zones de production de maïs. La consommation d'énergie du processus.
Législatifs	Le processus génère de la poussière inflammable et une consommation énergétique élevée. ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement)
<b>DEGRÉ DE VIABILITÉ</b>	Processus opérationnel commercialisé par la société Eurocob et sa filiale Prodema. Production de 35 000 tonnes par an de produits finis



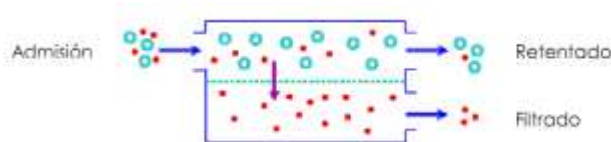
- **FILTRATION**

**Filtration tangentielle par membranes**

Il s'agit d'un processus de filtration sur membrane poreuse semi-perméable sous gradient de pression, idéal pour le fractionnement de solutés contenus dans les phases liquides. Selon la taille des pores, on parle d'ultrafiltration (UF), de nanofiltration (NF) ou d'osmose inverse (OI).

Les avantages par rapport aux technologies de filtration en profondeur ou conventionnelles sont la haute efficacité en raison de la surface de filtration et des performances accrues (plus faible colmatage).


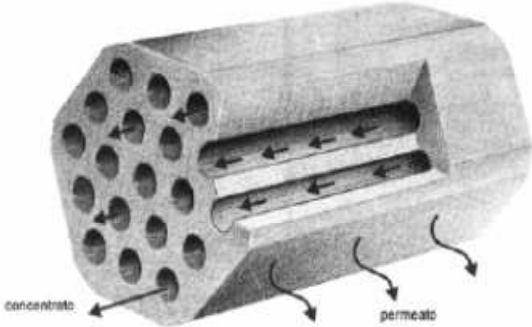
Les membranes dites de troisième génération sont aujourd'hui le plus couramment utilisées. Elles se composent de matériaux céramiques poreux de nature minérale d'oxyde d'aluminium.



**Par membrane céramique :** il s'agit d'une combinaison de technologies de filtration par membranes, digestion anaérobie et purification chromatographique de polymère adsorbant dirigée à la production de biogaz et à la récupération de composés phénoliques antioxydants et d'un pourcentage élevé d'eau purifiée (testée expérimentalement sur des effluents de l'industrie de l'olive). Le perméat est extrait à travers la surface de la membrane active d'une manière continue (ultrafiltration, nanofiltration

	<p>Échange et transfert technologique sur la valorisation des déchets de l'industrie de produits végétaux transformés du SUDO E</p>		 <p>UE / EU - FEDER / ERDF</p>
---	---	--	---

et osmose inverse) à partir de membranes polymériques à spirale, puis l'extrait est séché par atomisation.

<b>FILTRATION TANGENTIELLE PAR MEMBRANES CERAMIQUES</b>	
	
<b>ORIGINE-POTENTIEL</b>	
<p>Sous-produits utilisables</p>	<p>Les effluents des moulins à huile, très riches en composés phénoliques, principaux responsables de leur phytotoxicité et dégradation biologique difficile.</p>
<b>APPLICATIONS</b>	
<p>Produits résultants</p>	<p>Récupération des composés phénoliques antioxydants et un pourcentage élevé d'eau purifiée.</p>
<p>Marchés potentiels</p>	<p>Faciliter l'élimination des déchets, des composés très intéressants pour l'industrie alimentaire, pharmaceutique ou cosmétique.</p>
<b>FACTEURS D'INFLUENCE</b>	
<p>Techniques (exigences opérationnelles)</p>	<p>Le procédé a été testé à l'échelle laboratoire et pilote par Industria Oleario Biagio Mataluni au sud de l'Italie</p>
<p>Économiques et de marché</p>	<p>Niveau préliminaire de développement technologique. Solution pour le traitement des eaux usées des moulins à huile</p>
<p>Législatifs</p>	<p>Portant sur le traitement des effluents</p>
<p><b>DEGRÉ DE VIABILITÉ</b></p>	<p>En phase expérimentale</p>



- **CONCENTRATION-SÉCHAGE**

Concentration des extraits liquides obtenus à partir de procédés d'extraction-séchage (micro-ondes, four).

**Séchage conventionnel :**

Basé sur l'application d'air chaud. Toutefois, en dépit des grands avantages de la déshydratation pour prolonger la durée de conservation des aliments, sa facilité de traitement (réduction de volume, réduction des coûts de stockage,...) et son procédé assez simple, elle présente certaines limitations telles que des besoins énergétiques élevés qui augmentent les coûts des opérations et causent un plus grand impact sur l'environnement, ainsi que les temps de traitement plus longs et les températures très élevées qui peuvent entraîner des changements significatifs dans les caractéristiques physiques, chimiques, organoleptiques (texture, saveur, arôme et couleur) et nutritionnelles, menant à une perte de qualité et de valeur du produit finalement obtenu.

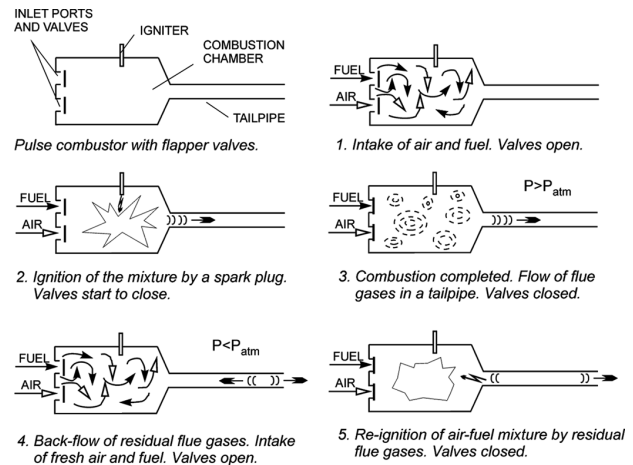
La perte de composés volatils au cours du séchage a inévitablement lieu. Ces composés volatils sont vaporisés et se perdent avec la vapeur d'eau lorsque le produit est exposé à de hautes températures pendant de longues périodes (*Mascan, 2002*). Les hautes températures et le temps de séchage long peuvent aussi dégrader la couleur d'origine du produit.

	<p>Échange et transfert technologique sur la valorisation des déchets de l'industrie de produits végétaux transformés du SUDOE</p>		 <p>UE / EU - FEDER / ERDF</p>
---	--	--	---

<b>SECHAGE CONVENTIONNEL</b>	
<b>ORIGINE-POTENTIEL</b>	
Sous-produits utilisables	Légumes, agrumes, non agrumes, pommes de terre, sous-produits générés dans l'élaboration du vin et du cidre, etc.
<b>APPLICATIONS</b>	
Produits résultants	Farines végétales spécifiques de chaque sous-produit. Mélanges de farines végétales issues de plusieurs sous-produits.
Marchés potentiels	Entreprises de fabrication de fourrage destiné à l'alimentation animale
<b>FACTEURS D'INFLUENCE</b>	
Techniques	Besoin de contrôler le temps et la température afin d'éviter la génération de substances indésirables.
Économiques et de marché	Exigences énergétiques élevées qui accroissent les coûts de production et l'impact sur l'environnement. Durée des processus et températures élevées qui entraînent des changements significatifs dans les caractéristiques physiques, chimiques, organoleptiques et nutritionnelles.
Législatifs	Conformité à la réglementation portant sur les émissions de fumées
<b>DEGRÉ DE VIABILITÉ</b>	Élevé

### **Pulse Combustion Drying (PCD)**

La technologie PCD est basée sur l'atomisation d'un liquide ou d'une pâte à l'aide des ondes soniques ou de choc (impulsions) produites par une combustion intermittente ou pulsée à haute fréquence. Cette technologie est comparable au *spray drying*, même si elle présente certains avantages tels que la durée plus courte des opérations ou des températures moins élevées.



La technologie PCD a de bonnes chances de devenir une alternative aux technologies de séchage désormais considérées comme matures et ayant été développées il y a plusieurs années, à une période où les aspects d'efficacité énergétique, de changement climatique, de qualité des produits, etc. étaient moins significatifs qu'aujourd'hui (Kudra et al., 2009). Le principal avantage de la technologie PCD face aux technologies de séchage utilisées dans l'actualité est sa consommation d'énergie, de 30% inférieure pour une même capacité d'évaporation. Ceci s'obtient par un haut rendement de combustion compris entre 90-99%, par rapport à 80-96% des brûleurs conventionnels (Kudra, 2008), ce qui, avec l'existence sur le marché de produits qui augmentent considérablement leur valeur et leur stabilité lorsqu'ils sont séchés, font de la technologie PCD une alternative évidente aux technologies de séchage conventionnelles.

Cependant, avant d'utiliser cette technologie en tant que traitement pour éliminer l'eau des sous-produits alimentaires à grande échelle, il s'avère nécessaire d'effectuer un processus de validation de cette technologie afin de veiller à ce que, d'une part, les produits en poudre obtenus aient la meilleure qualité nutritionnelle et fonctionnelle, et, d'autre part, pour assurer l'hygiène et l'absence de substances indésirables (hydrocarbures polycycliques aromatiques, particules brûlées, etc.).

	<p>Échange et transfert technologique sur la valorisation des déchets de l'industrie de produits végétaux transformés du SUDOE</p>		 <small>UE / EU - FEDER / ERDF</small>
---	--	--	--

<b>PULSE COMBUSTION DRYING (PCD)</b>	
<b>ORIGINE-POTENTIEL</b>	
Sous-produits utilisables	Légumes, agrumes, non agrumes, pommes de terre, sous-produits générés dans l'élaboration du vin et du cidre
<b>APPLICATIONS</b>	
Produits résultants	Farines végétales spécifiques de chaque sous-produit. Mélanges de farines végétales issues de plusieurs sous-produits.
Marchés potentiels	Entreprises de fabrication de fourrage destiné à l'alimentation animale
<b>FACTEURS D'INFLUENCE</b>	
Techniques (exigences opérationnelles)	Besoin d'installer une source de combustible. Limitation à des produits liquides pâteux et/ou triturés.
Économiques et de marché	Haute efficacité de combustion : réduction de 30% de la consommation énergétique. Haute efficacité de séchage : plus grande valeur économique et plus grande stabilité du produit final.
Législatifs	Besoin de valider la technologie en termes de présence de substances indésirables pour chaque type de sous-produit
<b>DEGRÉ DE VIABILITÉ</b>	Moyen : besoin de valider la technologie pour chaque type de sous-produit.



## Micro-ondes

La technologie de séchage par micro-ondes est basée sur :

- **Le séchage par micro-ondes et le séchage diélectrique** : en utilisant différents types d'ondes électromagnétiques qui interagissent avec le matériel en générant de la chaleur qui évapore l'humidité. Ces techniques accélèrent considérablement le processus de séchage qui est ainsi plus court.
- **Séchage à froid** par micro-ondes : similaire au séchage à froid conventionnel mais plus rapide car le chauffage se fait par micro-ondes.

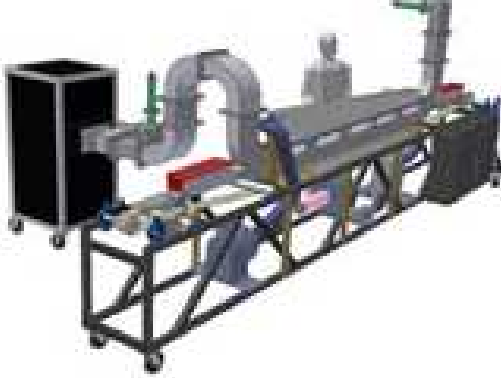
Le séchage par micro-ondes, comparé aux procédés conventionnels de déshydratation des aliments par air chaud, permet des durées de traitement plus courtes, et entraîne de meilleurs rendements énergétiques et de meilleures caractéristiques dans la qualité du produit final.

Les micro-ondes chauffent sélectivement les parties de l'aliment ayant une plus haute teneur en eau, de sorte que ce système de chauffage des aliments est logiquement plus rapide que le séchage conventionnel. En outre, les dommages thermiques provoqués par ce rayonnement sont très faibles et celui-ci n'entraîne pas de changements de couleur puisque la nourriture est à peine chauffée (*Fellows, 1994*).

Ainsi, l'application de micro-ondes pour le séchage des fractions alimentaires pourrait être un facteur clé afin d'encourager la viabilité technique et économique des systèmes de valorisation de ce type de sous-produits, puisque d'une part l'efficacité énergétique s'en trouve améliorée, en plus de réduire les émissions directes et les coûts du processus. D'autre part, la valeur des matériels traités augmente en réduisant au cours du séchage les pertes ou la détérioration des substances d'intérêt présentes dans ces matériels, qui peuvent de ce fait améliorer leur qualité nutritive et organoleptique, en augmentant ainsi leur valeur sur le marché.



	<p>Échange et transfert technologique sur la valorisation des déchets de l'industrie de produits végétaux transformés du SUDO E</p>		 <p>UE / EU - FEDER / ERDF</p>
---	---	--	---

<p><b>MICRO-ONDES</b></p>	
	
<p><b>ORIGINE-POTENTIEL</b></p>	
<p>Sous-produits utilisables</p>	<p>Légumes, agrumes, non agrumes, pommes de terre, sous-produits générés dans l'élaboration du vin et du cidre</p>
<p><b>APPLICATIONS</b></p>	
<p>Produits résultants</p>	<p>Produits de valeur secs issus de sous-produits végétaux. Farines végétales spécifiques de chaque sous-produit. Mélanges de farines végétales issues de plusieurs sous-produits.</p>
<p>Marchés potentiels</p>	<p>Entreprises de fabrication de fourrage destiné à l'alimentation animale. Entreprises d'obtention de composants à valeur.</p>
<p><b>FACTEURS D'INFLUENCE</b></p>	
<p>Techniques</p>	<p>Besoin de contrôler le temps et la puissance de séchage.</p>
<p>Économiques et de marché</p>	<p>Réduction des temps de séchage. Haute efficacité de séchage à des températures plus basses : altération plus faible et plus grande stabilité du produit final.</p>
<p>Législatifs</p>	<p>Besoin de valider la technologie en termes de présence de substances indésirables pour chaque type de sous-produit</p>
<p><b>DEGRÉ DE VIABILITÉ</b></p>	<p>Élevé</p>



- **RESTRUCTURATION ET TEXTURATION**

L'extrusion des aliments est un procédé par lequel un matériel (grains, farine ou sous-produit) est amené à s'écouler, sous une ou plusieurs variétés de conditions de mélange, chauffage et cisaillement, à travers une plaque / buse conçue pour donner forme ou dilater les ingrédients.

En utilisant comme matière première des sous-produits ou des co-produits issus du traitement des produits végétaux transformés, il s'avère possible de concevoir des aliments réadaptés sous forme de boudins pasteurisés, découpables en tranches, de produits modelés, farcis, de nouvelles formes et présentations (couleurs, arômes, nouveaux ingrédients, etc.). Cette voie peut être une intéressante option technologique pour ajouter de la valeur, non seulement aux matières premières, mais aussi aux sous-produits générés dans les processus de transformation.

<b>ORIGINE-POTENTIEL</b>	
Sous-produits, co-produits utilisables	Sous-produits et co-produits générés dans le traitement de Végétaux en tout genre.
<b>APPLICATIONS</b>	
Produits résultants	Des produits pasteurisés réadaptés prêts à la consommation, comme par exemple des boudins découpables en rondelles ou modelés en portions individuelles. Des produits congelés comme par exemple des steaks à base de produits végétaux.
<b>Marchés potentiels</b>	Secteur Horeca, canal de distribution, plats cuisinés, marché végétarien
<b>FACTEURS D'INFLUENCE</b>	
<b>Techniques (exigences opérationnelles)</b>	Contrôle de l'oxydation des champignons, nettoyage des co-produits, rendement après la cuisson, contrôle du goût et de la texture finale (fibreuse, juteuse...). Équipement (hachoir, mélangeur, poussoir), pasteurisateur (four de cuisson).
<b>Économiques et de marché</b>	Obtention d'un produit de grande valeur, valorisation des co-produits, innovation, accès à de nouveaux marchés. Stabilité du produit final en matière de conservation.
<b>Législatifs</b>	Qui concerne les produits traités à la chaleur (PASTEURISÉS).
<b>DEGRÉ DE VIABILITÉ</b>	Élevé



### 4.3. Valorisation agricole

#### - COMPOSTAGE

Processus de décomposition biologique des matières organiques dans des conditions contrôlées d'humidité et de température, comprise entre 50 et 70 ° C, entraînant ainsi la destruction des agents pathogènes et donc l'innocuité totale du produit. Le compost obtenu est utilisé dans le secteur de l'agriculture et du jardinage comme amendement du sol, en plus d'être utilisé dans l'aménagement paysager, le contrôle de l'érosion, les revêtements et l'assainissement des sols.



<b>ORIGINE-POTENTIEL</b>	
Sous-produits utilisables	Légumes, agrumes, non agrumes, pommes de terre, sous-produits générés dans l'élaboration du vin et du cidre, pulpe de café, etc.
<b>APPLICATIONS</b>	
Produits résultants	Substrat pour les engrais agricoles.
Marchés potentiels	Secteur agricole.
<b>FACTEURS D'INFLUENCE</b>	
Techniques (exigences opérationnelles)	Systèmes de contrôle des conditions appropriées pour la décomposition de la matière organique : température et humidité.
Économiques et de marché	Décomposition lente de la matière organique. Système économique et peu complexe de traitement des déchets.
Législatifs	Besoin d'un traitement intégral du sous-produit : gestion du substrat.
<b>DEGRÉ DE VIABILITÉ</b>	Élevé



#### 4.4. Valorisation environnementale

##### - ADSORPTION

Certains sous-produits de l'industrie de traitement de produits végétaux transformés présentent certaines propriétés absorbantes intéressantes qui peuvent être utilisées pour la décontamination des effluents contenant des métaux lourds.

Sous-produits utilisables : ABSORBANT	ADSORBAT
Coquille de noix	Cuivre (Cu) Manganèse (Mn) Plomb (Pb)
Balle de riz	Cadmium (Cd) Plomb (Pb)
Paille de blé	Cadmium (Cd) Plomb (Pb)
Coques d'amandes modifiées	Chrome (Cr) Plomb (Pb) Cuivre (Cu)
Marc de l'industrie brassicole	Chrome trivalent (Cr <sup>+++</sup> )
Résidus de maïs	Cuivre (Cu <sup>++</sup> )

<b>ORIGINE-POTENTIEL</b>	
<b>APPLICATIONS</b>	
Produits résultants	Décontamination des métaux lourds des effluents
Marchés potentiels	Entreprises de traitement des eaux usées, stations d'épuration industrielles
<b>FACTEURS D'INFLUENCE</b>	
Techniques (exigences opérationnelles)	Caractérisation des effluents à traiter, type de contaminant, concentration initiale qui exigera des études préalables d'extraction
<b>DEGRÉ DE VIABILITÉ</b>	Expérimental