

Valorisation des sous produits d'huilerie

Définition d'une huile végétale

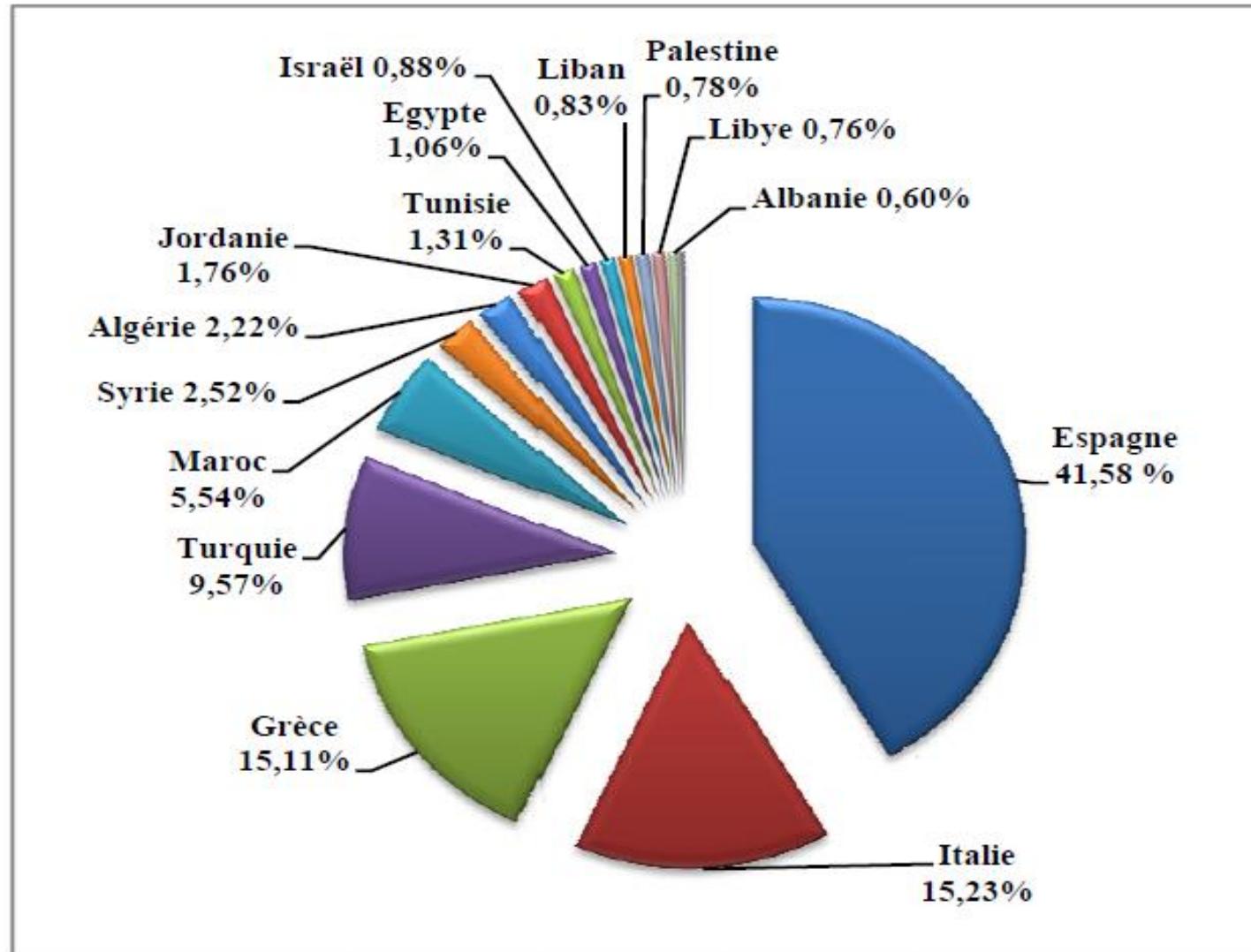
- Une **huile végétale** est un corps gras extrait d'une plante oléagineuse, c'est-à-dire une plante dont les graines, noix ou fruits contiennent des lipides
 - les graines oléagineuses, issues de plantes cultivées spécifiquement pour la production d'huile : colza, tournesol, arachide, soja, sésame, noix, amande



Les huiles végétales : huiles consommée directement après extraction (**sans traitement chimique**): **huile d'olive**
huiles consommés après leur raffinage: **huile raffinée**

Valorisation des sous produits d'huilerie

Production d'Huile d'olive (COI, 2014)



Valorisation des sous produits d'huilerie

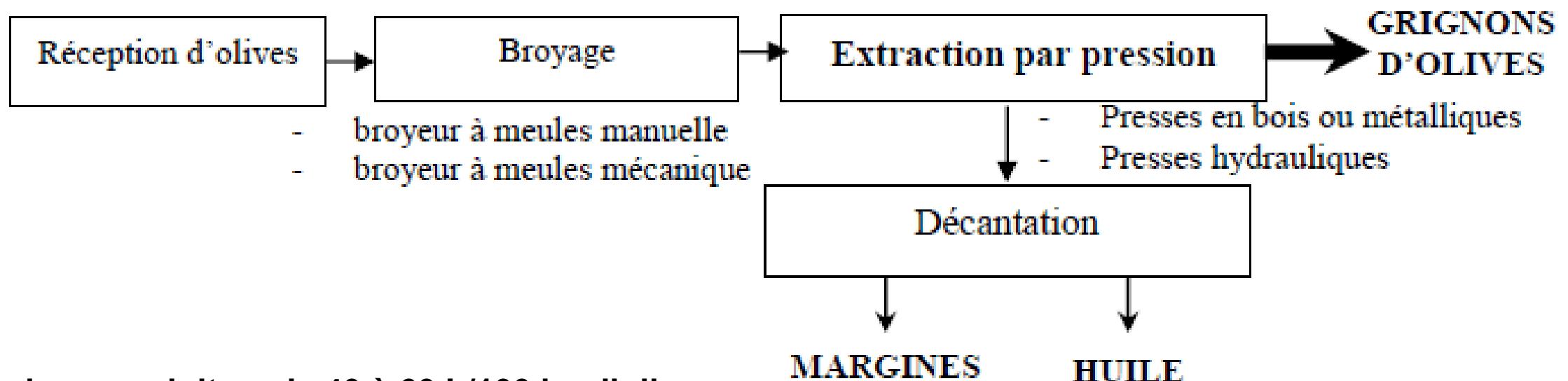
Evolution de la production et la consommation d'Huile d'olive Cas d'Algérie

Années	Production		Consommation		Exportation		Importation	
	Huile d'olive	Olives de table						
2005/06	32	68,5	35	80	0	0	0	0,5
2006/07	21,5	81	23	81,5	0	0	0	0,5
2007/08	24	91	25	86	0	0	0,5	2
2008/09	61,5	98	55	97,5	0	0	0,5	4
2009/10	26,5	136	33,5	134	0	0	0	1,5
2010/11	67	192,5	59	189	0	0	0	0
2011/12	39,5	145,5	42,5	166	0	0	0	15,5
2012/13	66	175	60,5	172	0	0	0	12
2013/14	44	208	48,5	205	0	0	0	0
2014/15	44	216	45,5	215	0	0	0	8

Technique d'extraction de l'huile d'olive ?

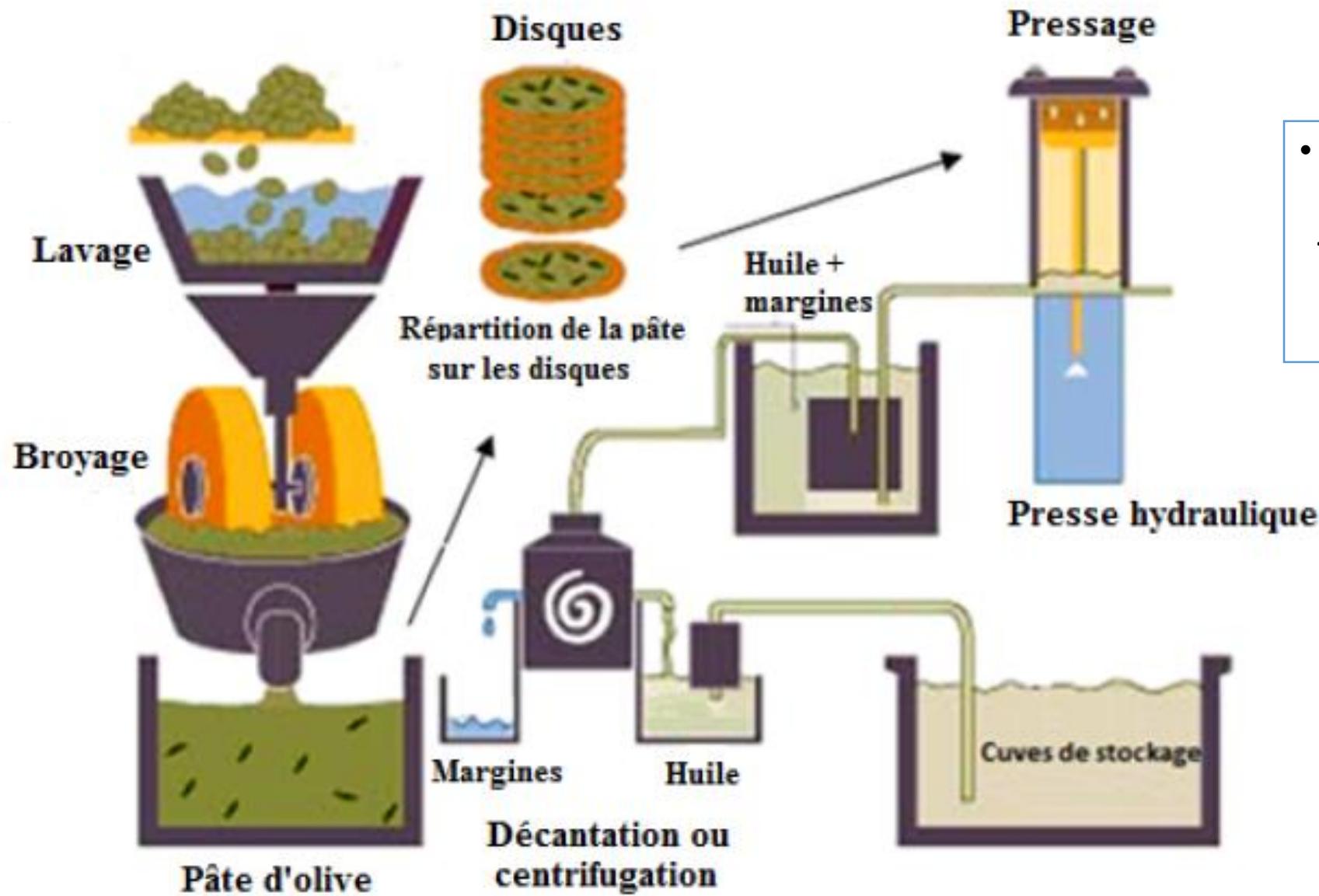
- Pour connaître les différents sous produits oléicoles, on doit comprendre les différents procédés d'extraction d'huile d'olives. En effet, il existe principalement trois types d'huileries.

1. Système d'extraction en système discontinu par presse



- Margines produites: de 40 à 60 L/100 kg d'olives
- Le grignon d'olive= la peau, de la pulpe et du noyau

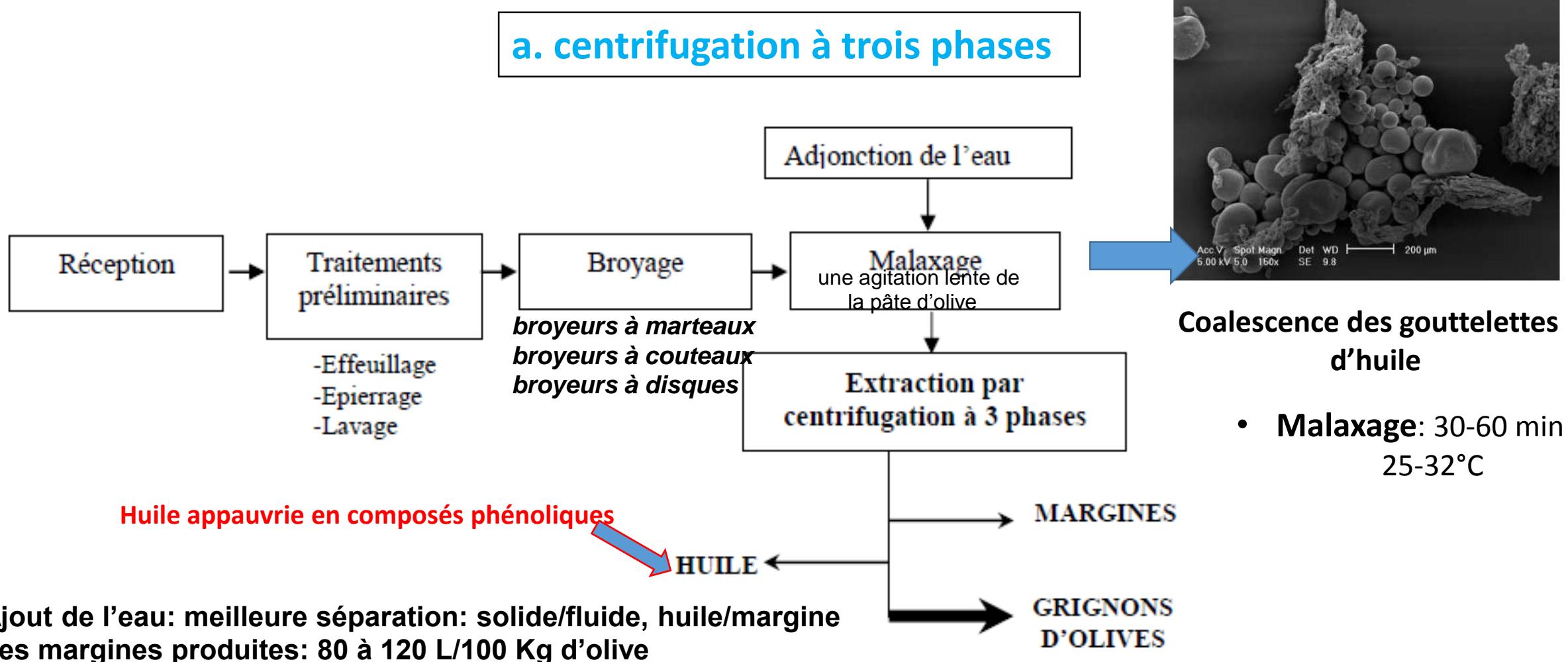
1. Système d'extraction en système continu par presse



- Les produits obtenus:
 - huile
 - margines
 - grignons d'olive

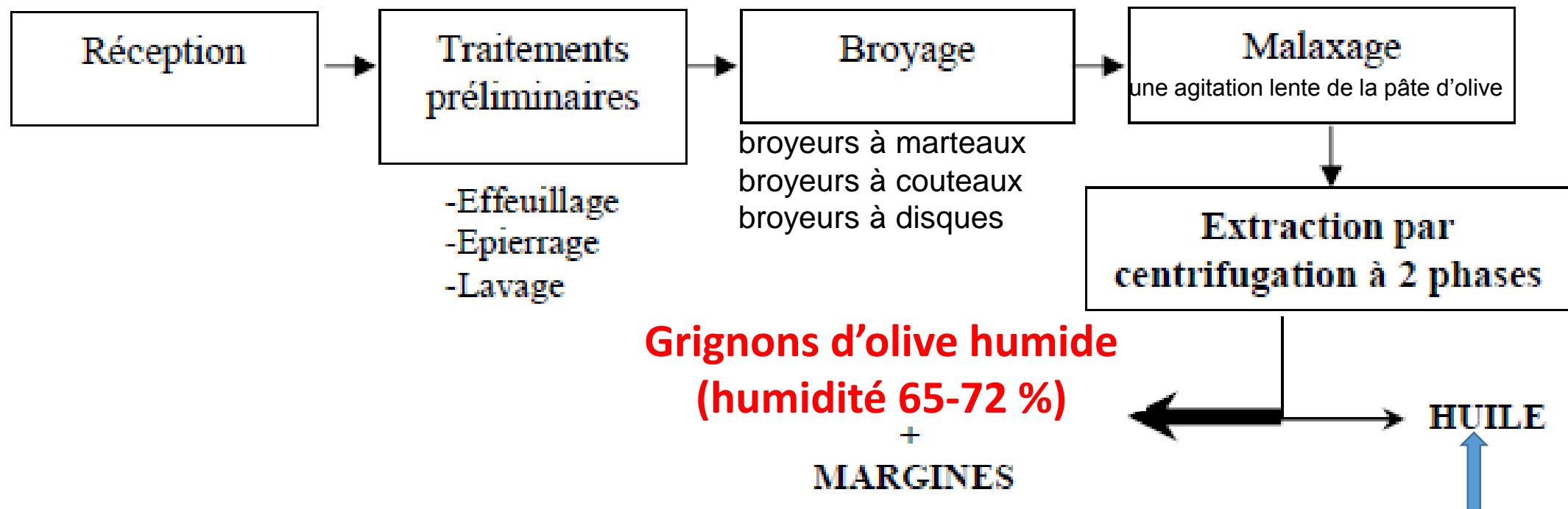
2. Système d'extraction en système continu

- Il existe deux types du procédé d'extraction continu : système par centrifugation à trois phases et système par centrifugation à deux phases.



2. Système d'extraction en système continu

b. centrifugation à deux phases



- Les grignons humides formés: 10 L/100 kg d'olives

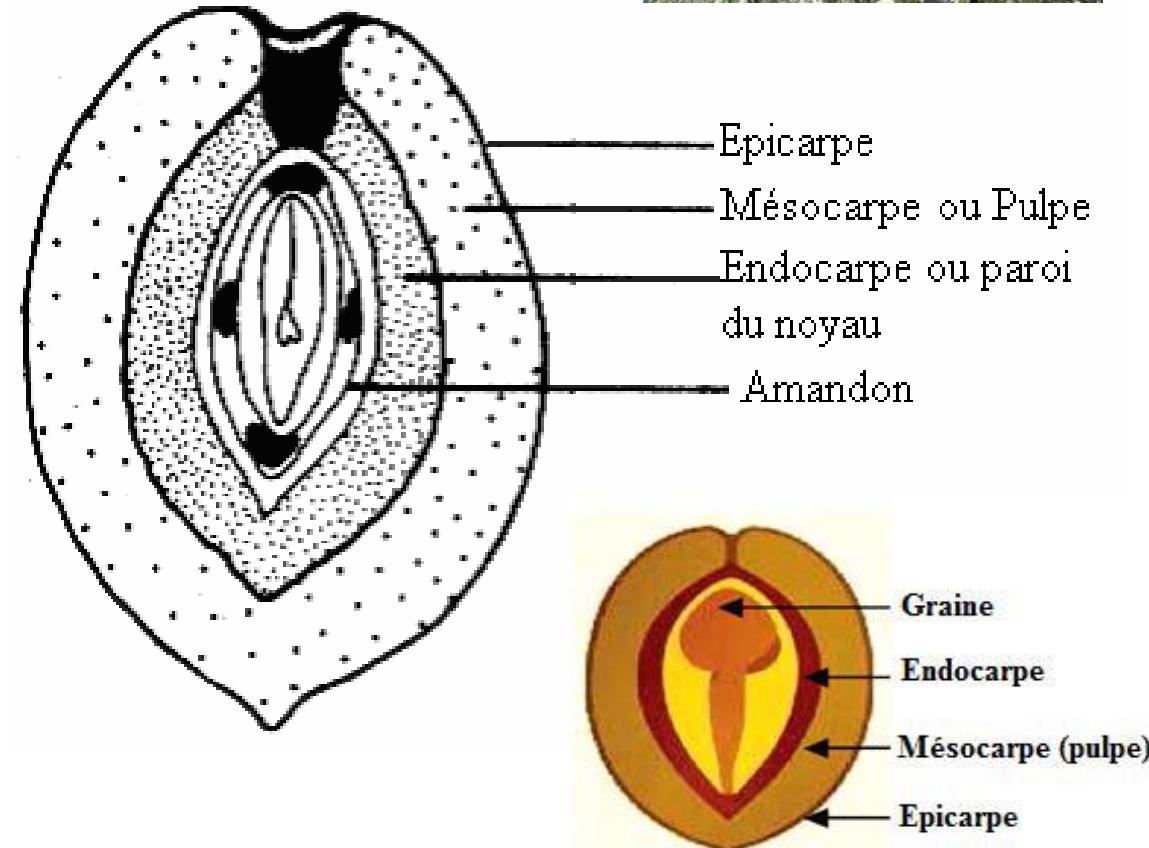
Huile plus riche en CP
+ résistante à l'oxydation



Caractérisation des sous produits de l'extraction d'huile

Composition de l'olive

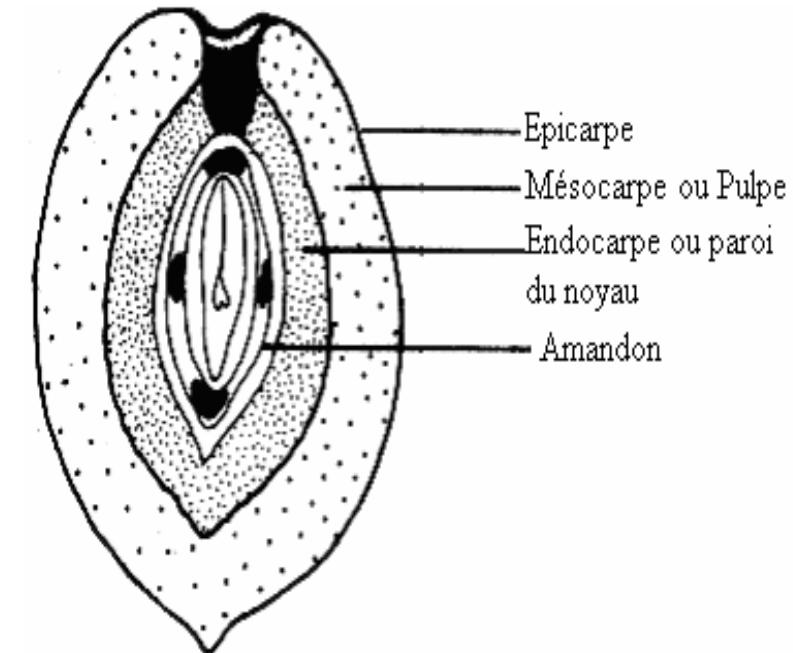
- L'olive est **une drupe**.
- Sa composition dépend de sa variété, du sol et du climat.
- Le contenu de l'olive est composé:
 - **noyau** (17,3%-23% m)
 - **amandon** (2%-5,5% m)
 - **épicarpe** (2%- 2,5% m)
 - **la pulpe** (71,5%-80,5% m)



Caractérisation des sous produits de l'extraction d'huile

Composition chimique de l'olive

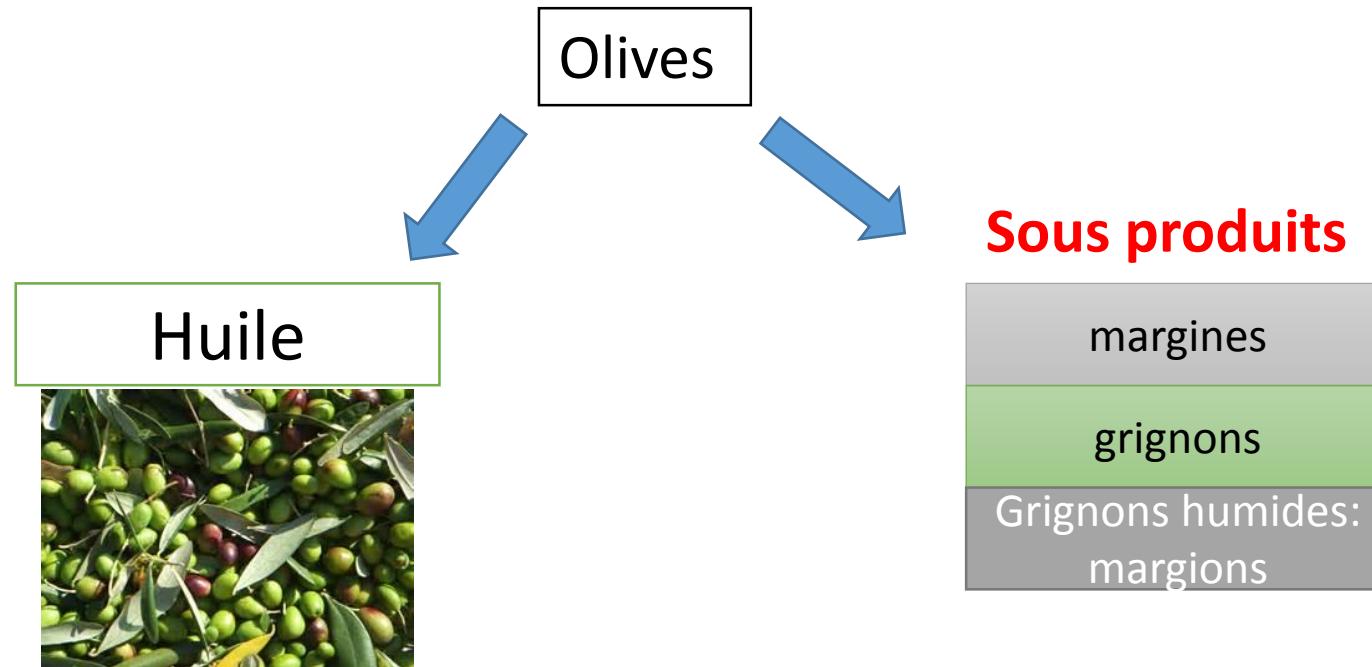
Composants	Pulpe d'olive	Endocarpe	graine
Eau	50-60	9,3	30
Huile	15-30	0,7	27,3
Composés azotés	2-3	3,4	10,2
Sucres non cellulosaques	3-7,5	41	26,6
Cellulose	3-6	38	1,9
Minéraux	1-2	4,1	1,5
Composés phénoliques	2,25-3	0,1	0,5-1
Autres composés	-	3,4	2,4



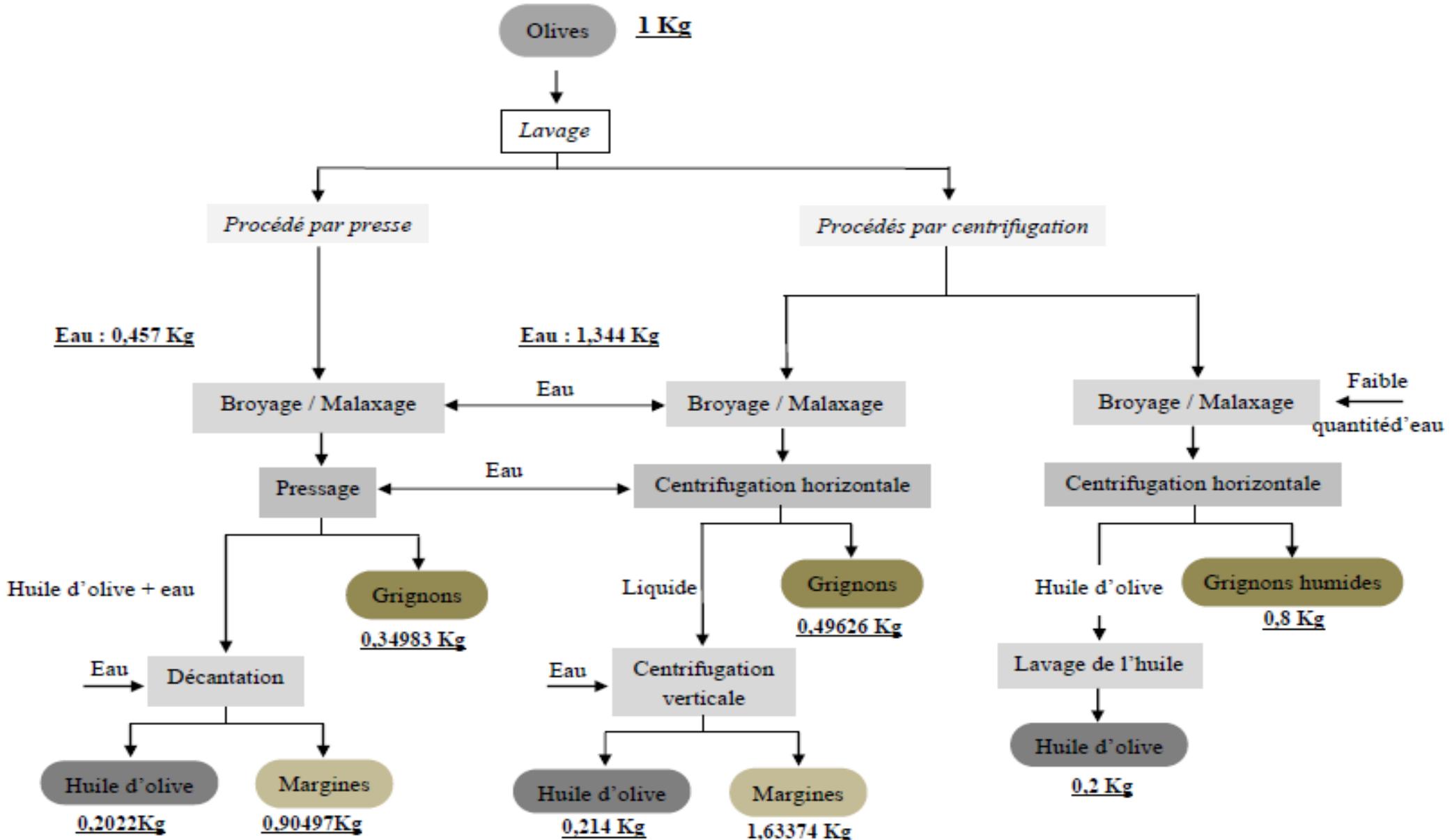
- **Les composés phénoliques:** des secoiridoïdes, des acides phénoliques et des flavonoïdes
- L'oleuropéine (**responsable de l'amertume**), le deméthyloleuropeine, le ligstroside, sont les secoiridoïdes glycosides les plus abondants dans l'olive

Les sous produits oléicoles?

- il est intéressant de noter que pour **1 tonne d'huile** récupérée environ **3 tonnes de déchets** sont produites.
- Ces déchets dépendent de la technique de trituration de l'olive.



Méthodes d'extraction et les sous produits oléicoles



Les sous produits oléicoles

1. Les grignons d'olive

- Les grignons sont les résidus solides issus de la première pression.
Ils sont formés de la **pulpe** et **noyaux d'olives**
- Le poids des grignons: 1/3 du poids des olives fraîches triturées.
- Ces déchets contiennent en moyenne **28,5% d'eau, 41,5% de coque, 21,5% de pulpe et 8,5% d'huile.**



De par ce pourcentage non négligeable en huile, le grignon est souvent valorisé par la production d'huile secondaire.

- **La cellulose, l'hémicellulose et la lignine sont les composants principaux des grignons.**

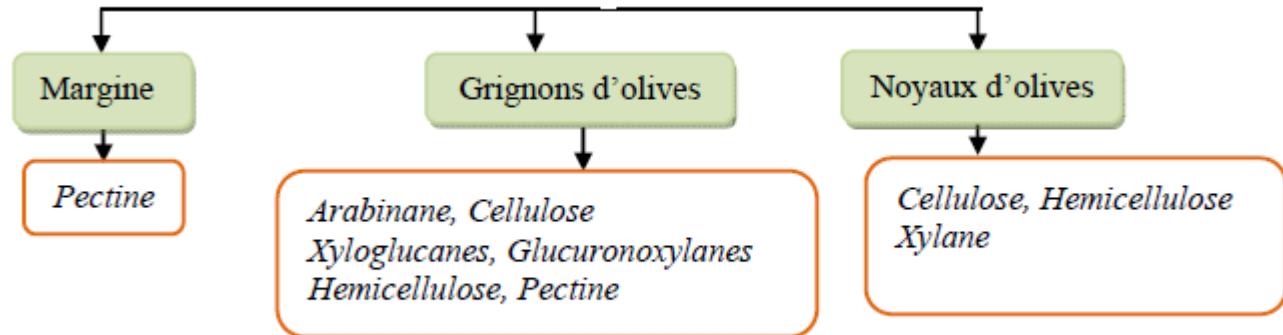


Auteurs	Hemicellulose (%)	Cellulose (%)	Lignine (%)
Demirbas, 2004	23,6	24	48,4
Jauhainen <i>et al.</i> , 2005	44		45
Garcia-Ibanez <i>et al.</i> , 2006	21,5	24,3	38

Les sous produits oléicoles

1. Les grignons d'olive

Les polysaccharides des sous produits



• Les grignons humides

- sont formés **d'eau de végétation**, de morceaux de **noyaux** et de **pulpe**.
- Leur taux d'humidité est élevé (65-75%), comparé à celui des grignons issus des systèmes d'extraction traditionnel (22-25%)



Les sous produits oléicoles

2. Margines

- **Les margines:** des effluents liquides de couleurs rouge-à-noire légèrement acides, à conductivité élevée.
- Le pressage d'une tonne d'olives avec les modes de production modernes produit en moyenne 1,5 tonnes de margines
- Leurs compositions varient selon la variété d'olive, les conditions climatiques, les pratiques culturelles, le temps de stockage (entreposage) des olives ainsi que le procédé d'extraction.
- **Composition:**
 - En plus de l'eau (83 –92%), les composants principaux des margines sont les **Composés phénoliques**, les **sucres**, et les **acides organiques**, des éléments minéraux, tels que le **potassium**.

DBO et DCO élevées: margines sont une source de pollution à considérer

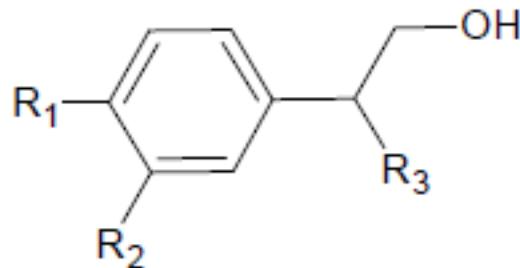
La composition des sous produits oléicoles

Paramètres	Sous-produits oléicoles		
	<i>Margines</i>		<i>Résidus solides</i>
	<i>Grignons</i>	<i>Grignons humides</i>	
Pulpe (%)			12-35
Matière sèche (%)	6,33-7,19	87,1-94,4	10-15
Taux de cendre (%)	1	1,7-4	1,42-4
pH	2,24-5,9		4,9-6,8
Conductivité électrique (dS/m)	5,5-10		1,78-5,24
Carbone total (%)	2-3,3	29,03-42,9	25,37
Matière organique (%)	57,2-62,1	85	60,3-98,5
Carbone organique (g/L)	20,19-39,8		
Solides en suspension totaux (g/L)	25-30		
Carbone inorganique (g/L)	0,2		
Azote total (%)	0,63	0,2-0,3	0,25-1,85
Lipides (%)	0,03-4,25	3,5-8,72	3,76-18,0
CP totaux (%)	0,63-5,45	0,2-1,146	0,4-2,43
Sucres totaux (%)	1,5-12,22	0,99-1,38	0,83-19,3
Protéines totales (%)		3,43-7,26	2,87-7,2
Éléments minéraux (%)			
P	0,19	0,03-0,06	0,03-0,14
K	0,44-5,24	0,1-0,2	0,63-2,9
Na	0,15		0,02-0,1
Ca	0,42-1,15		0,23-1,2

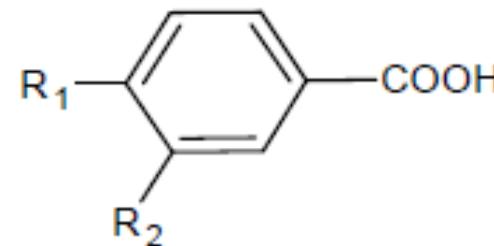
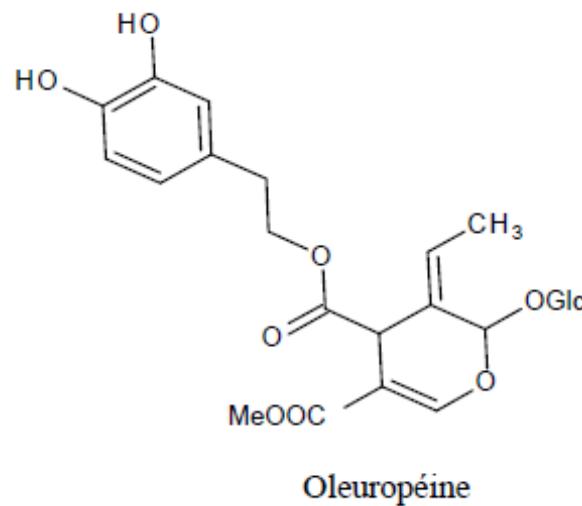
Les composés phénoliques des sous produits oléicoles

- Une grande partie **des CP** de la pulpe d'olive se retrouve dans **les margines** après **extraction** de l'huile par les systèmes presse ou à trois phases
- CP dans les **grignons humides**: cas de l'extraction a 2 phases
 - Les classes hydrophiles y sont logiquement les plus représentées et incluent:
 - ✓ les acides phénoliques,
 - ✓ les dérivés de secoiridoïdes,
 - ✓ les flavonoïdes (lutéoline, luteolin-7-glucoside)
 - ✓ les lignanes.
 - ✓ l'oleeuropéine

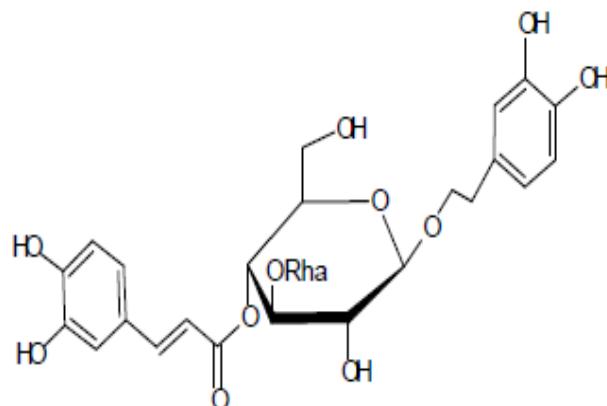
Les composés phénoliques des sous produits oléicoles (exemples)



$R_1 = OH$, $-R_2 = H$, $-R_3 = H$: tyrosol
 $R_1 = OH$, $-R_2 = OH$, $-R_3 = H$: hydroxytyrosol
 $R_1 = OH$, $-R_2 = OH$, $-R_3 = OH$: 3,4-dihydroxyphenylglycol



$R_1 = OH$, $-R_2 = H$: 4-acide hydroxybenzoïque
 $R_1 = OH$, $-R_2 = OH$: acide protocatechuique
 $R_1 = OH$, $-R_2 = OCH_3$: acide vanillique



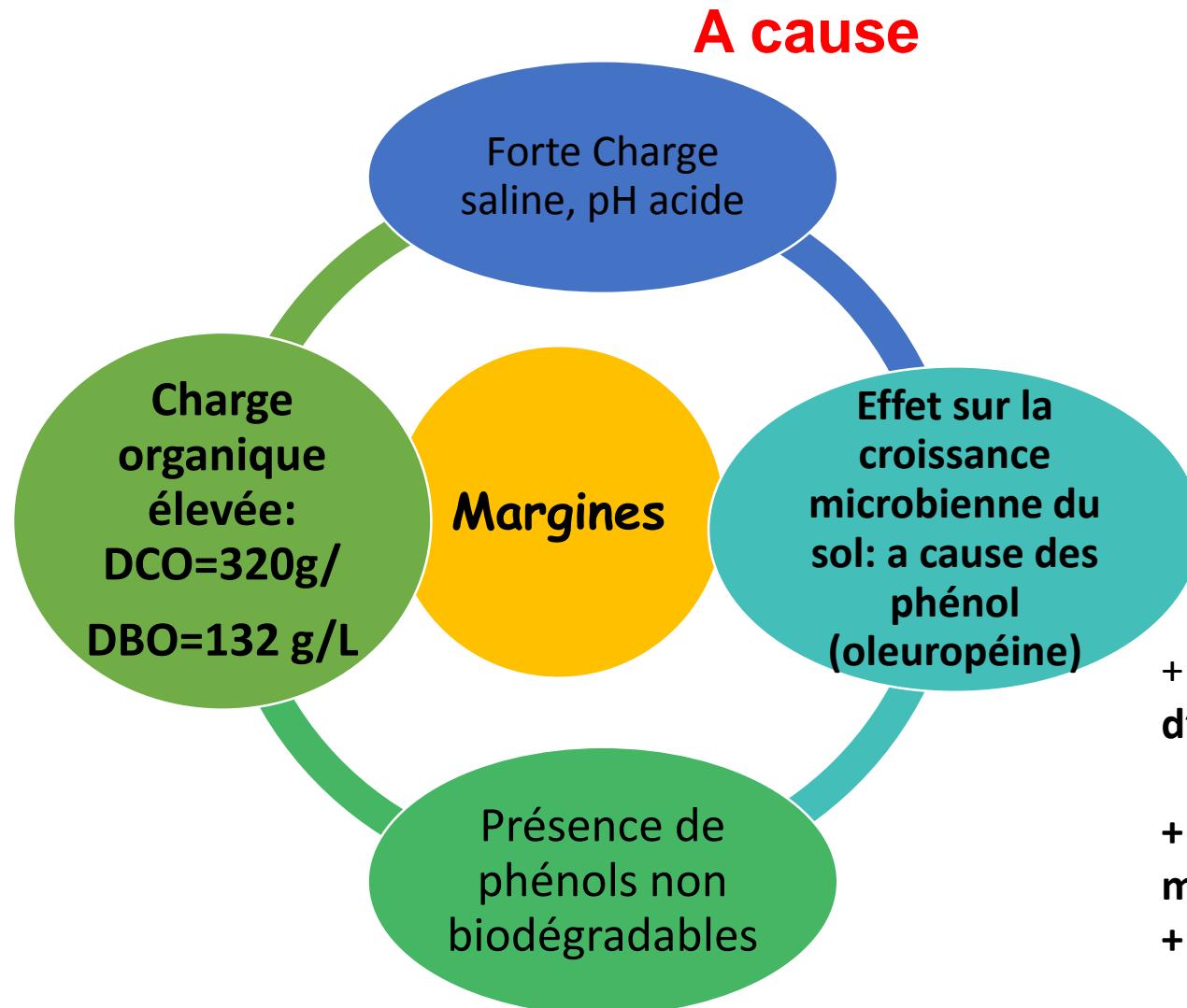
Verbascoside

Acide elenolique+ hydroxytyrosol

Responsable de l'amertume

Impacts des sous-produits oléicoles sur l'environnement?

- Les margines, principaux sous-produits de l'industrie oléicole posent un problème écologique important pour les pays producteurs.



- + pollution du l'eau: diminution de la concentration d'O₂ dissous et déséquilibre de l'écosystème aquatique
- + pollution du l'air: fermentation et dégagement du méthane, et de gaz irritant (sulfure d'hydrogène)
- + pollution du sol

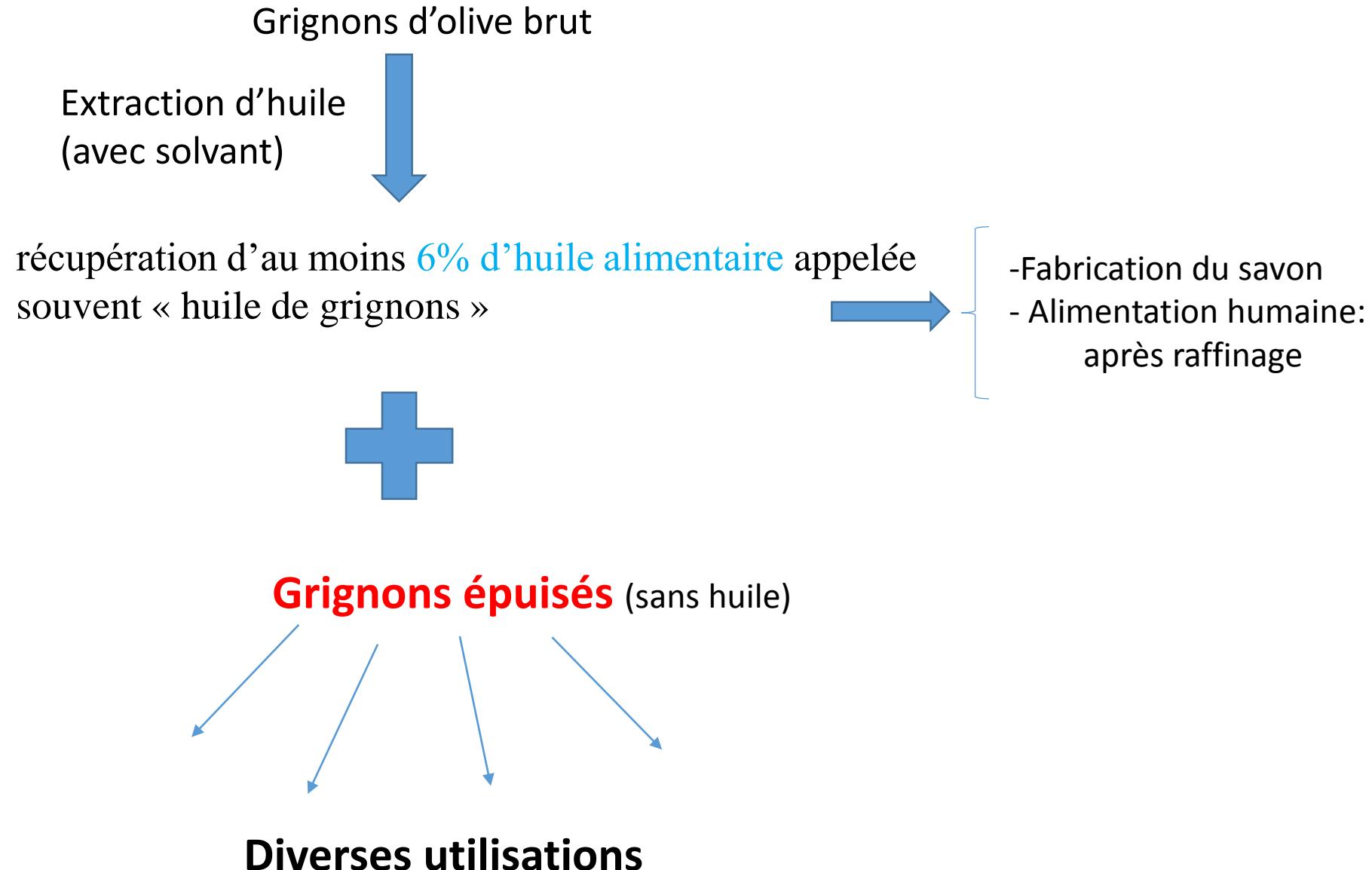
Traitements et voies de valorisation des sous produits oléicoles

- Objectif des traitements:
 - diminuer la DCO, DBO et les concentrations en composés organiques tels que les CP.
- Plusieurs **systèmes d'épuration** et de procédés de traitement des margines sont cités par la littérature. Ils peuvent être classés en trois catégories:
 - **des procédés physiques** tels que la distillation, l'évaporation, l'ultrafiltration, l'osmose inverse et l'électrodialyse.
 - **des procédés chimiques** tels que la coagulation-flocculation et l'adsorption.
 - **des procédés biologiques**

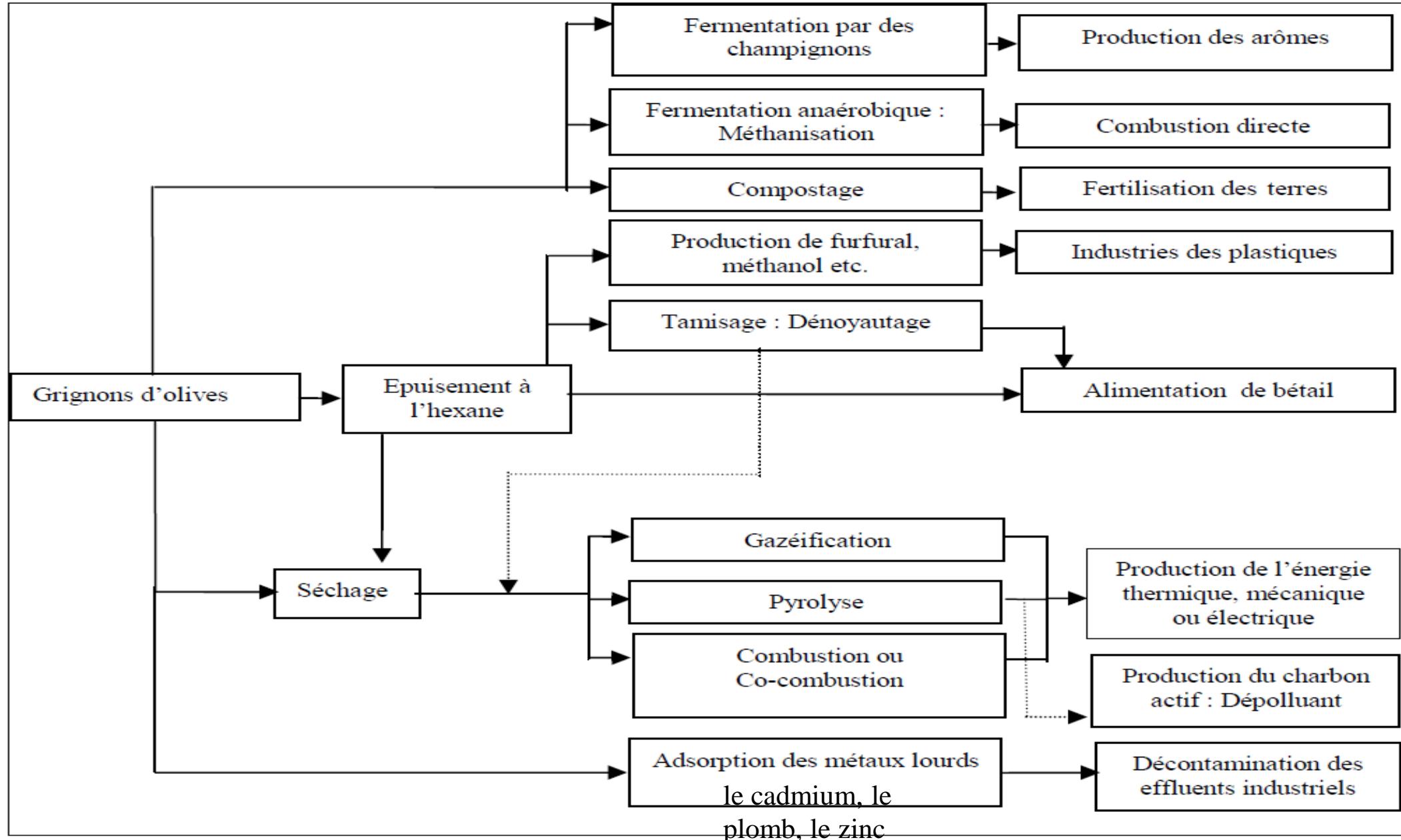
Sont citées ci-après les principales voies de valorisation des sous-produits oléicoles.

Voies de valorisation des sous produits oléicoles: grignons d'olive

- Grignons bruts: première voie de valorisation :



Voies de valorisation des sous produits oléicoles: grignons d'olive



Voies de valorisation des sous produits oléicoles: margines

1. Utilisations agricoles

a. Utilisation comme engrais

Le contenu élevé en eau, matière organique et nutriments font des margines un bon candidat pour sa **bioconversion en engrais** après élimination des CP.

- L'élimination des CP est réalisée par des traitements microbiens aérobies avec des levures et des **champignons filamentueux**

b. Utilisation comme fertilisant (compost) .

Le compostage est également l'une des technologies assurant la transformation des margines en fertilisant.

- Un **co-composting** des grignons et des margines a été également rapporté. Les composts obtenus possédaient **une valeur agronomique élevée**

Voies de valorisation des sous produits oléicoles: margines

2. Production de bioénergies

- Les margines constituent un substrat candidat pour la production de bio hydrogène, de bio méthane et de bioéthanol de par leur contenu en sucres, en acides volatils, et en lipides.



Les différents types de polysaccharides des margines et des grignons peuvent être en effet bioconvertis **en éthanol** après hydrolyse enzymatique des fibres polysaccharidiques ou après un prétraitement physico-chimique. Les sucres fermentescibles libérés seront ensuite fermentés par des levures ou des bactéries (*Saccharomyces cerevisiae*, *Thermoanaerobacter mathranii*, *Pleurotus sajor-caju*, etc.). Les sous-produits oléicoles peuvent également être bioconvertis **en biodiesel**.

Voies de valorisation des sous produits oléicoles: margines

3. Extraction ou production de molécules d'intérêt en nutrition et en santé

a. Composés phénoliques

- Les margines et les grignons humides sont une source intéressante de substances phénoliques biologiquement actives ayant
 - un **grand potentiel antioxydant**,
 - des propriétés antiinflammatoires et antimicrobiennes.
- Plusieurs études ont ainsi validé que les activités bactéricides et fongicides des margines sont principalement dues à leur contenu en CP et notamment en **hydroxytyrosol** et en **tyrosol**

Voies de valorisation des sous produits oléicoles: margines

3. Extraction ou production de molécules d'intérêt en nutrition et en santé

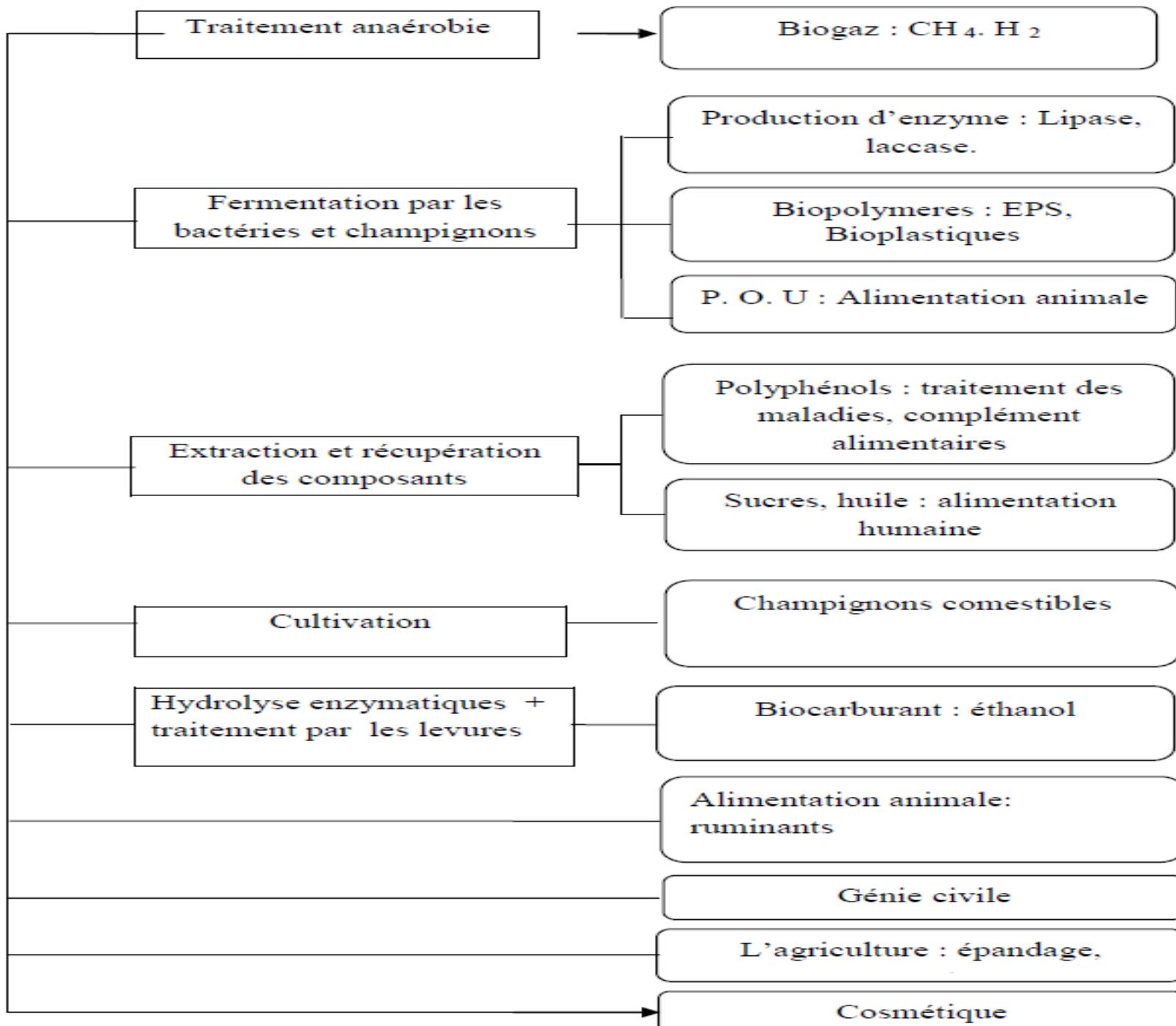
b. Polysaccharides

- **Les polysaccharides** jouent un rôle important dans beaucoup de processus physiologiques et dans la **prévention de plusieurs maladies** tels que le cancer : cela a conduit au développement d'un marché potentiel pour les produits alimentaires enrichis en fibres et en agents gélifiants polysaccharidiques.
- **Les margines** et la pulpe d'olive contiennent des matériaux pectiques qui pourraient constituer une **source potentielle** d'agents de gélification

Voies de valorisation des sous produits oléicoles: margines

4. Autres utilisation ?

- La production de **mycètes** (champignons) comestibles est possible en utilisant les sous produits oléicoles comme substrat, particulièrement en ce qui concerne les espèces *Pleurotus*, *Lentinula* et *Agaricus bisporus*
- La production d'**enzymes** industrielles, telles que des lipases et des pectinases, peuvent être produites par des levures et des champignons filamenteux en utilisant les margines et les grignons comme substrats
- La production de **polysaccharides** microbiens



La trituration des graines oléagineuses et leur sous produits?

Graines oléagineuses: graines cultivées pour la production des huiles alimentaires

Composition des graines oléagineuses

- Les graines oléagineuses se composent essentiellement:
 - **d'une enveloppe** ou tégument (**coque**) riche en cellulose
 - **d'un embryon** encore appelé **amande** riche en huile.
- Les principales graines oléagineuses principalement cultivées: **colza, tournesol et soja**
- Les graines dont la teneur en matière grasse est supérieure à **35 %** sont dites **riches en huile** (**colza, tournesol, arachide**).
- les graines dont la teneur en huile est inférieure à 35 % – dites **pauvres en huile** –



Tableaux de composition des graines oléagineuses

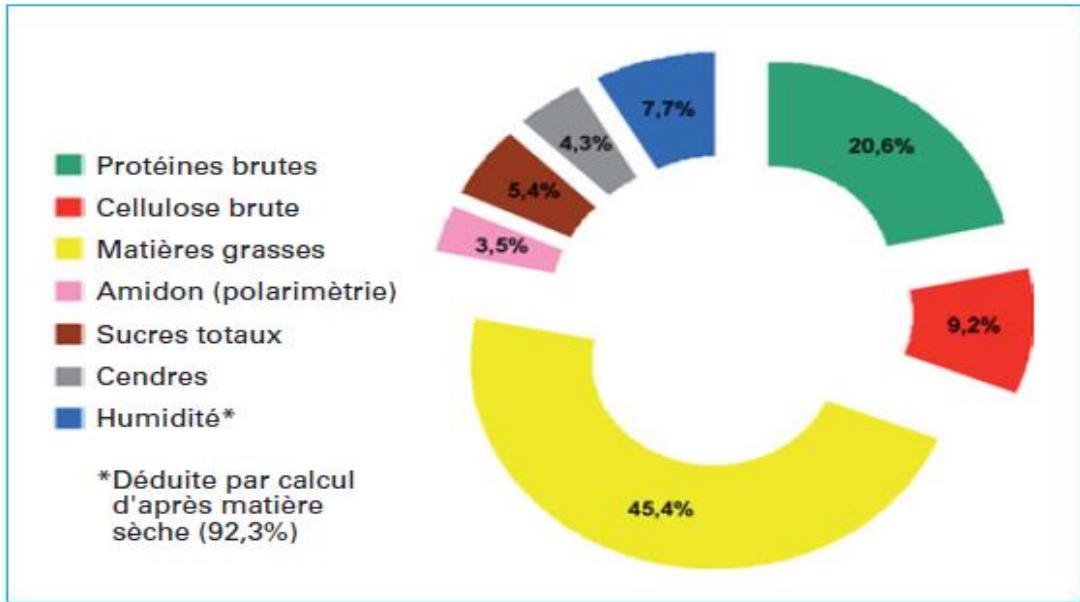
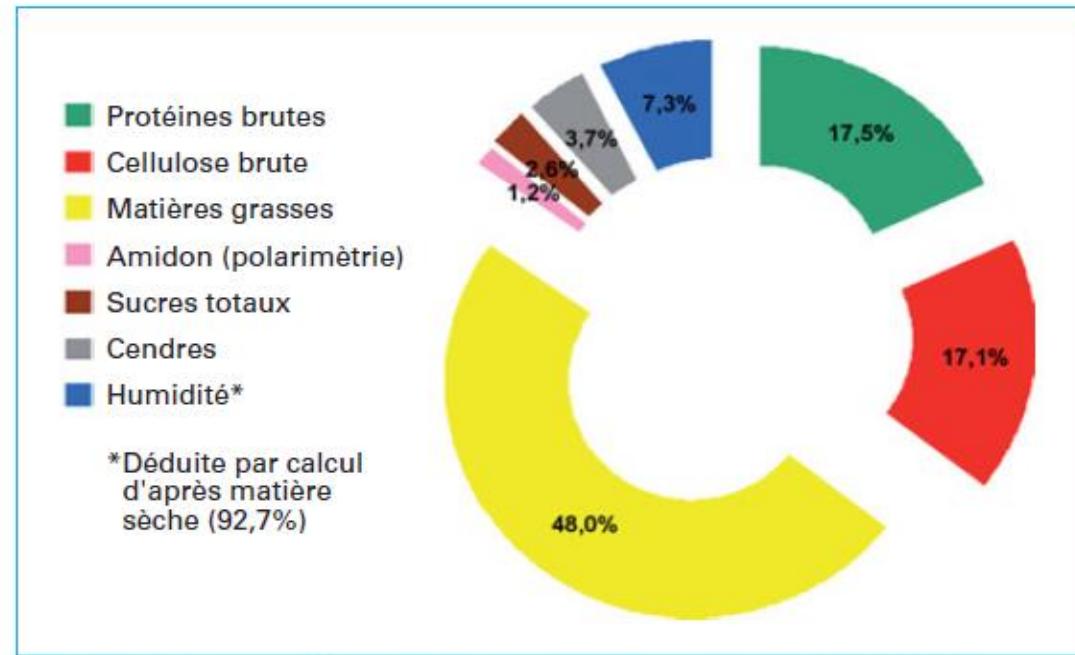


Figure 1 – Composition de la graine de colza (doc. ITERG)



Composition de la graine de tournesol (doc. ITERG)

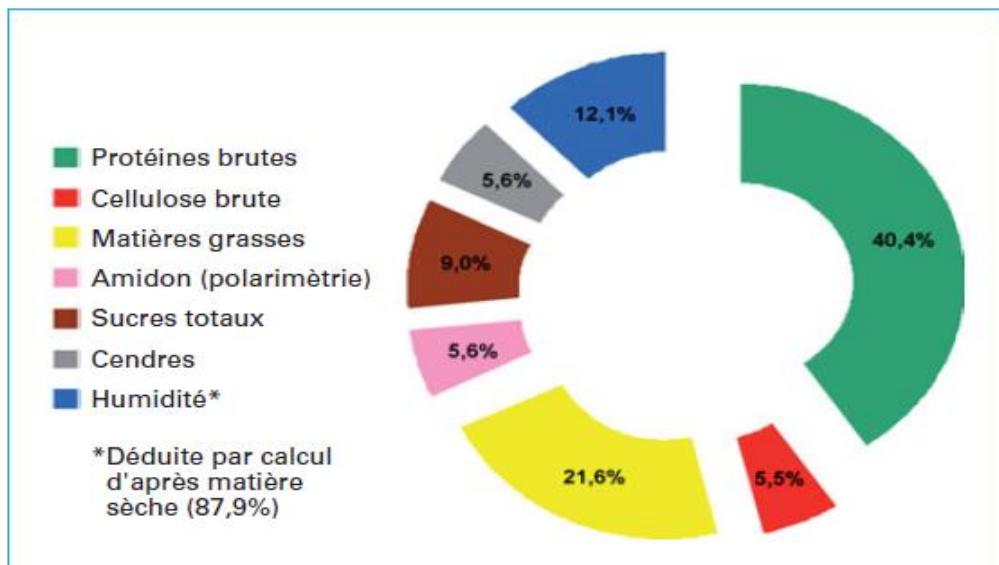
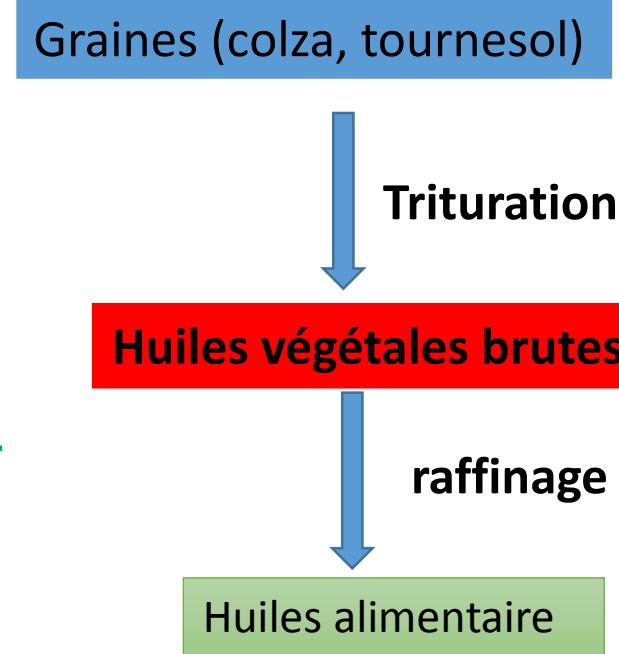


Figure 3 – Composition de la graine de soja (doc. ITERG)

La trituration des graines oléagineuses et leur sous produits?

- La trituration des graines oléagineuses est la première étape du procédé d'obtention des huiles végétales alimentaires (pression et extraction).
- la seconde étape étant le raffinage.



Obtention des huiles végétales brutes

- Après séparation des enveloppes de la graine, le procédé industriel diffère selon que l'on traite des graines riches en huile (> 35%) (colza, tournesol, lin) ou du soja dont la teneur en huile est assez faible (< 35%).

la trituration consiste en une première **étape de pression** qui permet d'extraire environ la moitié de l'huile. La deuxième étape consiste en une **extraction de l'huile résiduelle** par un solvant organique (l'hexane en général)

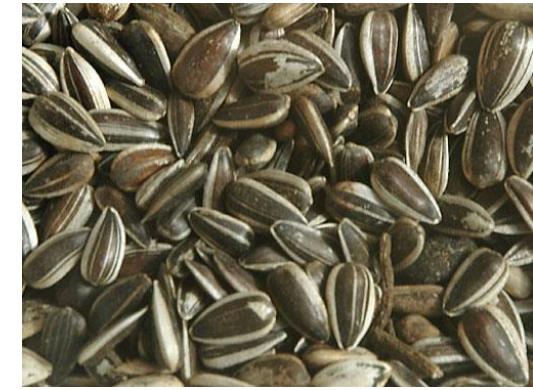
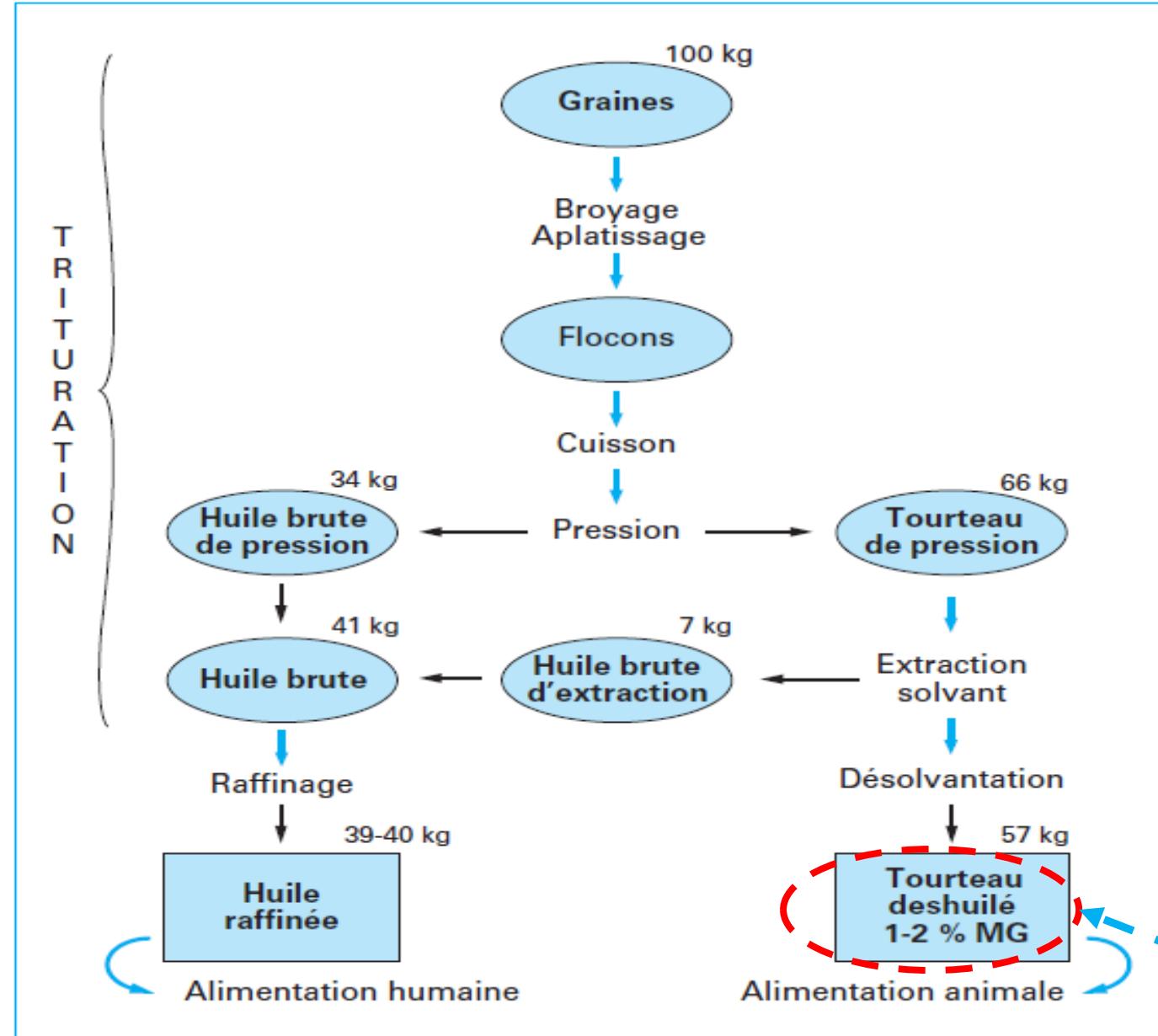
Pour **le soja** on **broie** les graines et on passe directement à **l'extraction** par solvant. Le solvant est ensuite séparé de l'huile et récupéré intégralement.

Les étapes de trituration (cas des graines de colza)

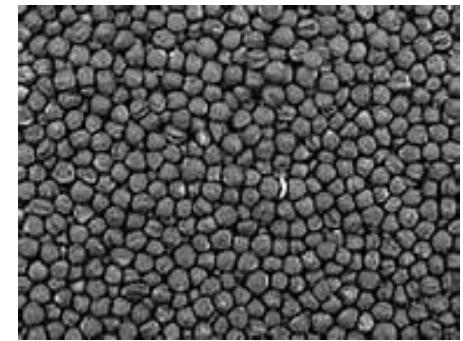


Graines de soja

▪ Pas de pressage



Graines de tournesol



Graines de colza

Principal sous produit

La valorisation des sous produits issue de la trituration

➤ Le sous produit principal de la trituration des graines est: le tourteau

Quelques Définitions

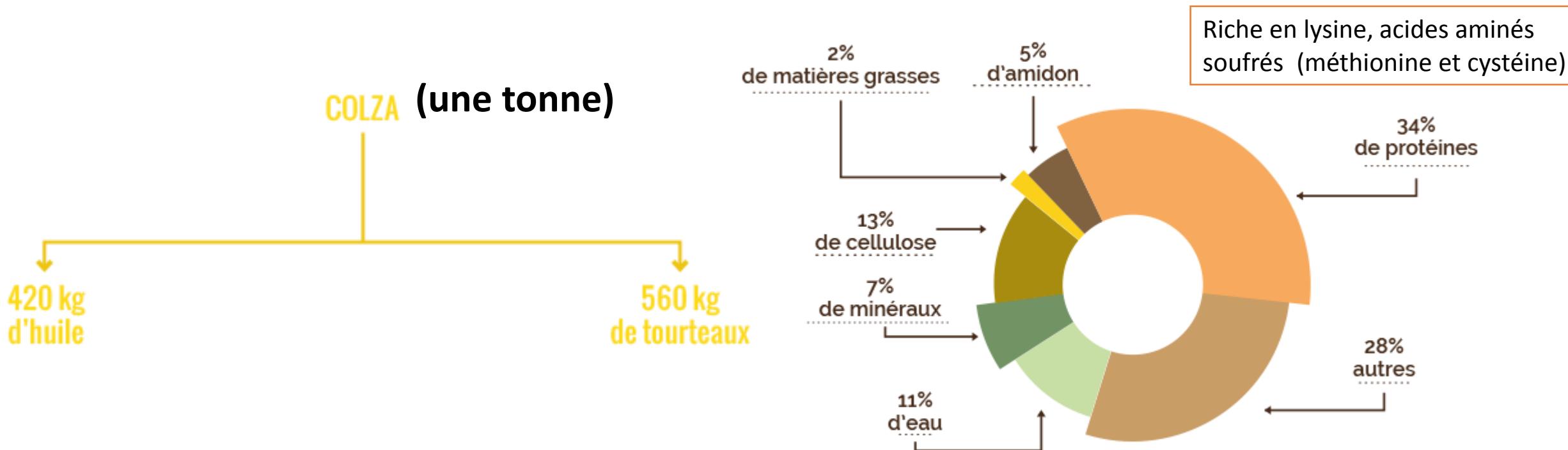
- Les **tourteaux** sont les résidus solides obtenus après extraction de l'huile des graines ou des fruits oléagineux. Ils représentent généralement de 50 à 75 % de la masse des graines.
- **Les tourteaux gras:** les tourteaux qui n'ont pas encore subit d'extraction d'huile
- **Les tourteaux déshuilés:** tourteaux après extraction d'huile

La valorisation des sous produits issue de la trituration

Les principaux tourteaux industriels

1. Les tourteaux de colza:

- sont les coproduits de l'extraction de l'huile des graines de colza
- Après désolvantation, les écailles de colza sont granulées pour donner un tourteau contenant 1 à 2 % d'huile résiduelle et 10 à 12 % d'eau.



La valorisation des sous produits issue de la trituration

Les principaux tourteaux industriels

2. Les tourteaux de tournesol sont issus de la trituration des graines de tournesol. Le tourteau après séchage contient entre **10 et 12 % d'humidité**.

Le tourteau représente environ **55% de la graine** et sa composition protéique en fait une bonne **matière première** pour l'alimentation animale

- certaines usines réalisent préalablement un décorticage des graines ayant pour conséquence de réduire fortement leur teneur en fibres indigestibles et de concentrer leur teneur en protéines.

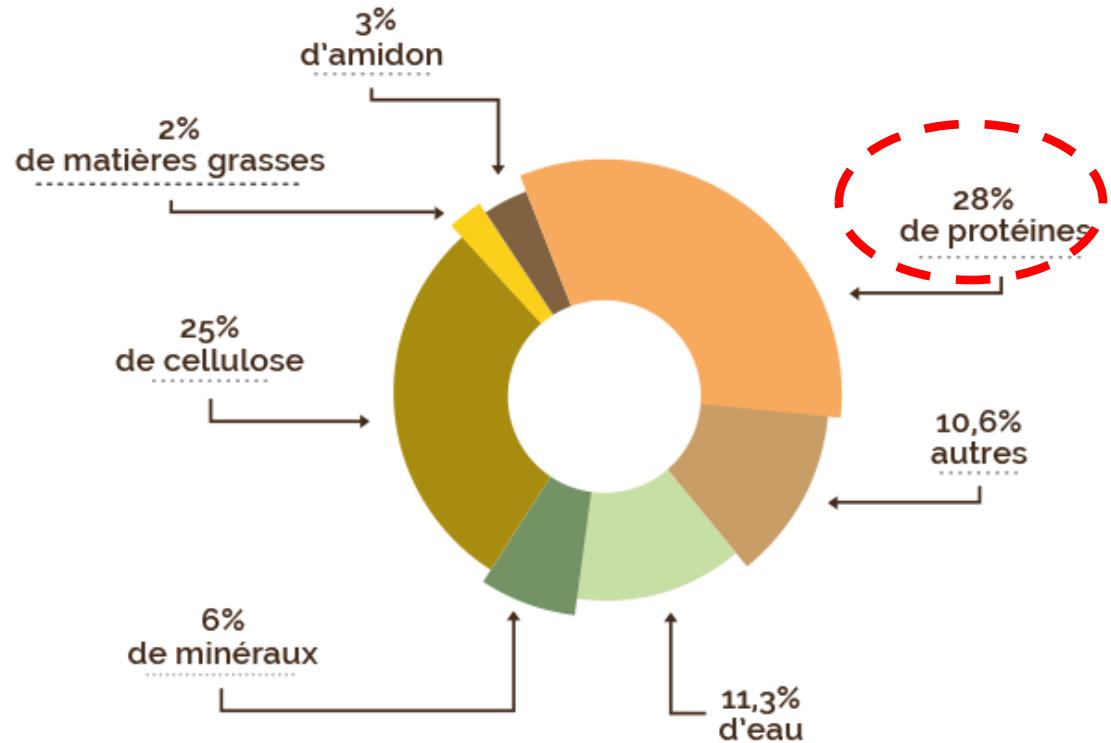


La valorisation des sous produits issue de la trituration

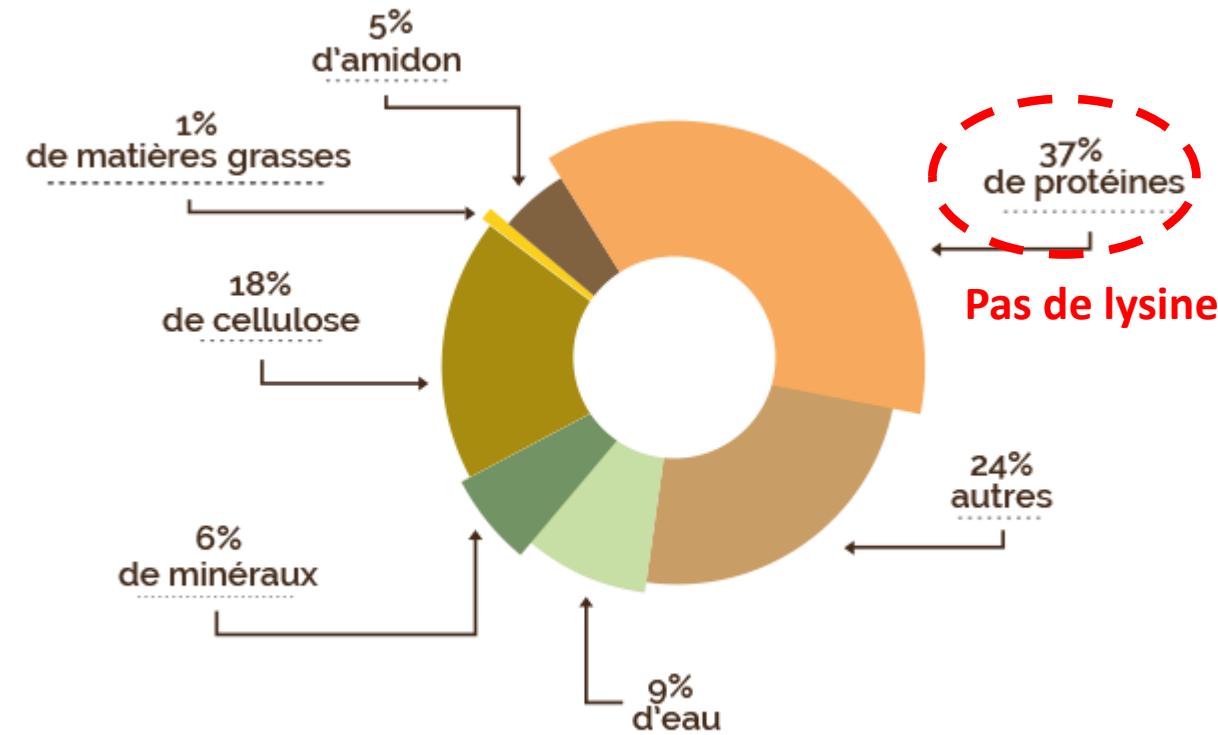
Les principaux tourteaux industriels

2. Les tourteaux de tournesol

**COMPOSITION MOYENNE DU TOURTEAU DE TOURNESOL
(NON DÉCORTIQUÉ)**



**COMPOSITION MOYENNE DU TOURTEAU DE
TOURNESOL HIGHPRO (DÉCORTIQUÉ)**



La valorisation des sous produits issue de la trituration

Les principaux tourteaux industriels

3. Les tourteaux de soja

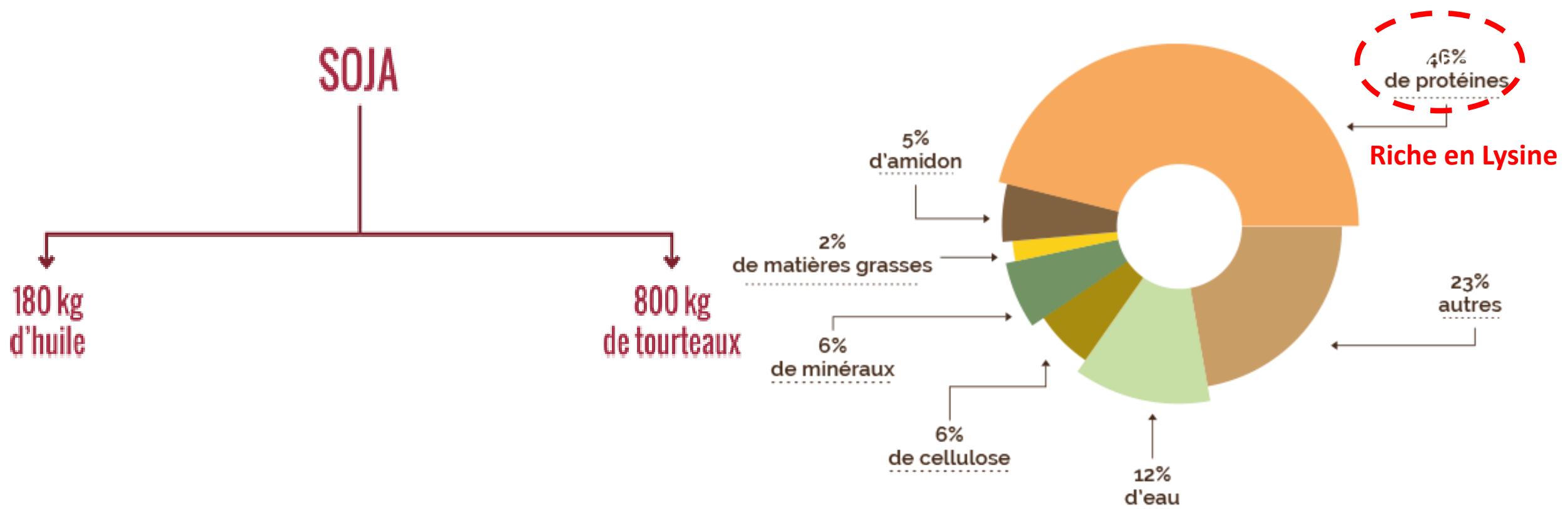
3. Le tourteau de soja **constitue la principale source de protéines** pour les animaux d'élevage à travers le monde, représentant même les 2/3 de la production mondiale de matières premières riches en protéines.

- 80 % du poids des graines de soja.
- Il existe également plusieurs types de **tourteaux de soja** en fonction de leur teneur en protéines et en matières grasses résiduelles. on distingue trois catégories appelées tourteaux 46, 48 et 50.
- Les **tourteaux dits gras ou expeller** obtenus par simple pression des graines, sont plus riches en matières grasses et contiennent moins de protéines. Leur incorporation dans les aliments est principalement limitée par la quantité de matières grasses qu'ils apportent.

La valorisation des sous produits issue de la trituration

Les principaux tourteaux industriels

3. Les tourteaux de soja (composition)



La valorisation des sous produits issue de la trituration

La valorisation des tourteaux ?

1. Utilisation dans l'alimentation animale

- Le tourteau de colza est particulièrement utilisé pour **l'alimentation des bovins**, en remplacement du tourteau de soja d'importation et en complément de l'herbe et des fourrages.
- Le tourteau de tournesol conventionnel présente une valeur énergétique plus faible que celle du tourteau de colza, mais sa teneur en fibres peut être intéressante pour **l'alimentation de certains animaux** comme les truies et **les ruminants**. Le tourteau HighPro présente des concentrations en énergie et en protéines plus importantes rendant cette matière première plus polyvalente en alimentation animale
- Le tourteau de soja constitue la principale source de protéines pour **les animaux d'élevage** à travers le monde, représentant même les 2/3 de la production mondiale de matières premières riches en protéines

La valorisation des sous produits issue de la trituration

La valorisation des tourteaux ?

1. Utilisation dans l'alimentation animale (cas de la farine de colza)

- **Riche en protéines**
 - ✓ les protéines d'oléagineux possèdent une valeur nutritionnelle supérieure aux autres protéines végétales et rivalisent même avec les protéines animales
Exemple: protéines des tourteaux colza: globulines (acide glutamique), albumines (amines aminés soufrés, lysine)
- **Faible teneur en composés « antinutritionnels »:**
 - ✓ **Composés antinutritionnels:** composés susceptibles de provoquer des réponses physiologiques lors de leur ingestion.
 - ✓ **Exemple:** Glucosinolates, composés phénoliques, acide phytique, acide érucique

La valorisation des sous produits issue de la trituration

La valorisation des tourteaux ?

2.

- En dehors de **l'utilisation en alimentation animale**, certaines voies de **valorisation non alimentaires** du tourteau de colza ont été envisagées.
- **Des études** ont été menées afin de l'utiliser dans
 - la fabrication de **matériaux biodégradables** (combustion)
 - en tant que **milieu fermentescible** par des microorganismes

La valorisation des sous produits issue de la trituration

La valorisation des tourteaux ?

3. PRODUCTION DE CONCENTRATS ET ISOLATS DE PROTEINES

Les concentrats (teneur en protéines d'au moins 60 %) sont obtenus par extraction sélective des composés hydrosolubles non protéiques

les isolats (teneur en protéines supérieure à 90 %) sont obtenus par solubilisation puis récupération sélective des protéines.

- Il s'est avéré que l'élimination des composés antinutritionnels est difficile

La valorisation des tourteaux ?

3. PRODUCTION DE CONCENTRATS ET ISOLATS DE PROTEINES

3.1. préparation de concentrats de protéines (cas la farine de solza)

- Utilisation d'un solvant aqueux ± polaire: extraction des composés indésirables non protéiques
- Le choix du solvant:
 1. d'un point de **vue nutritionnel**, le solvant doit être de grade alimentaire. En outre, il doit solubiliser les composés antinutritionnels de la farine. Les solvants affectent peu la qualité nutritionnelle des protéines
 1. d'un point de **vue organoleptique**, le solvant doit extraire les composés responsables de l'amertume (polyphénols) et de l'astringence (glucosinolates)
 3. d'un point de **vue technologique**, le solvant doit pouvoir s'éliminer facilement du concentrat. Le solvant doit maintenir les propriétés fonctionnelles des protéines

La valorisation des tourteaux ?

3. PRODUCTION DE CONCENTRATS ET ISOLATS DE PROTEINES

3.1. préparation de concentrats de protéines

Les solvants utilisés dans la préparation d'un concentrat protéique à partir de farine de colza:

- Les concentrations les plus élevées en **éthanol** (entre 55 et 70 %) sont les plus aptes à la fabrication de concentrat à partir de farine de colza:
 - solubilité maximale des lipides polaires,
 - des polyphénols, de l'azote non protéique, glucosinolates
 - des sucres solubles
 - une solubilité minimale des protéines (< à 10 %)



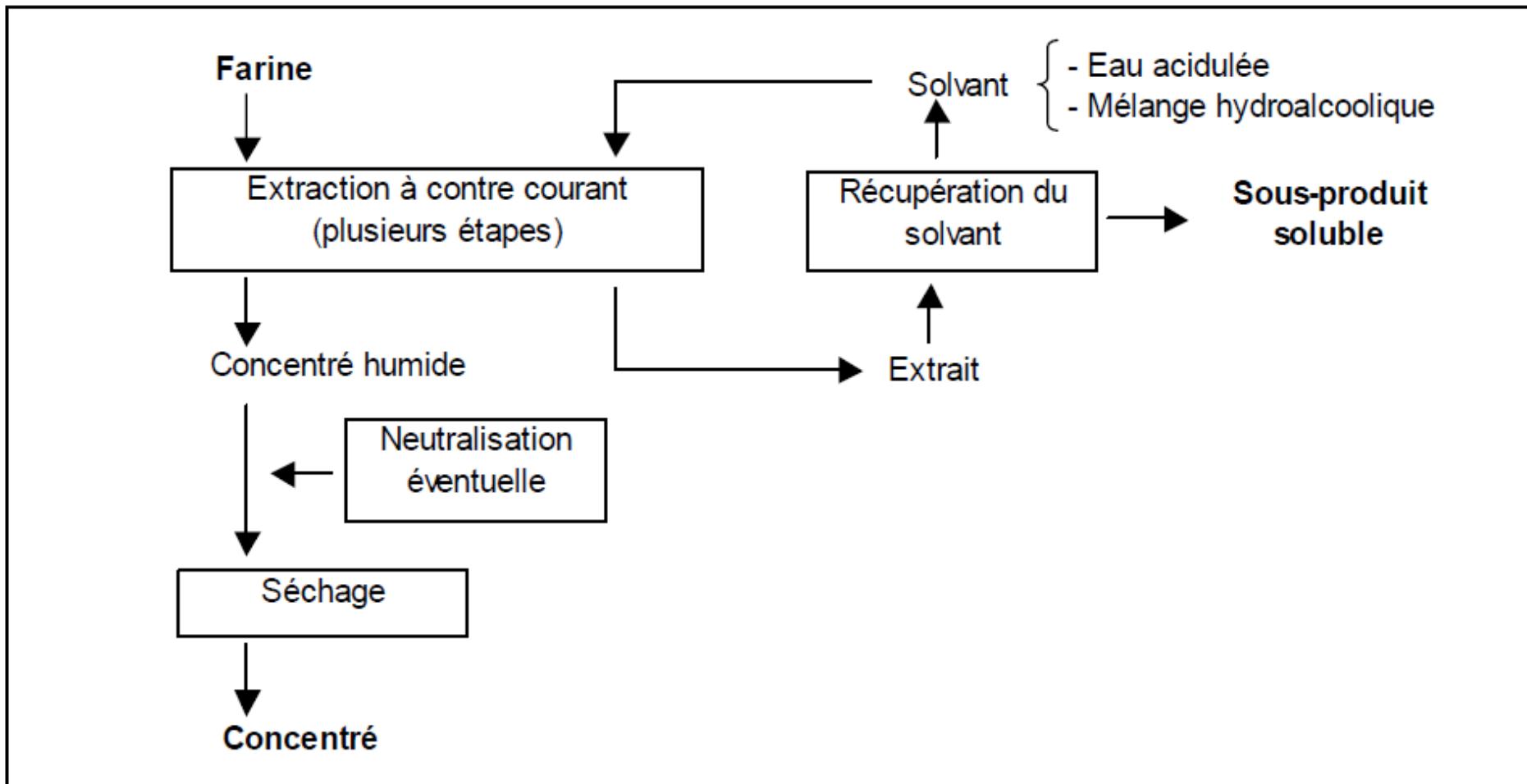
Cependant de tels traitements n'éliminent pas l'acide phytique.

3.1. préparation de concentrats de protéines

Le principe de la fabrication de concentrats protéiques

les extractions permettent une réduction :

- des acides **phénoliques de 60 à 97 %**
- des glucosinolates de **70 à 90 %**



3.1. préparation de concentrats de protéines

Autres procédés de concentration des protéines de la farine.

- **la fermentation** de la farine, ont été étudiés afin de détoxifier les farines de colza
- La détoxification de la farine par **voie enzymatique** a aussi fait preuve de résultats encourageants. Par exemple
 - l'emploi de **phytases** pour l'hydrolyse des acides phytiques
 - l'emploi de **myrosinases** pour l'élimination des glucosinolates
 - d'une **préparation enzymatique** d'origine fongique pour l'élimination de la sinapine

La valorisation des tourteaux ?

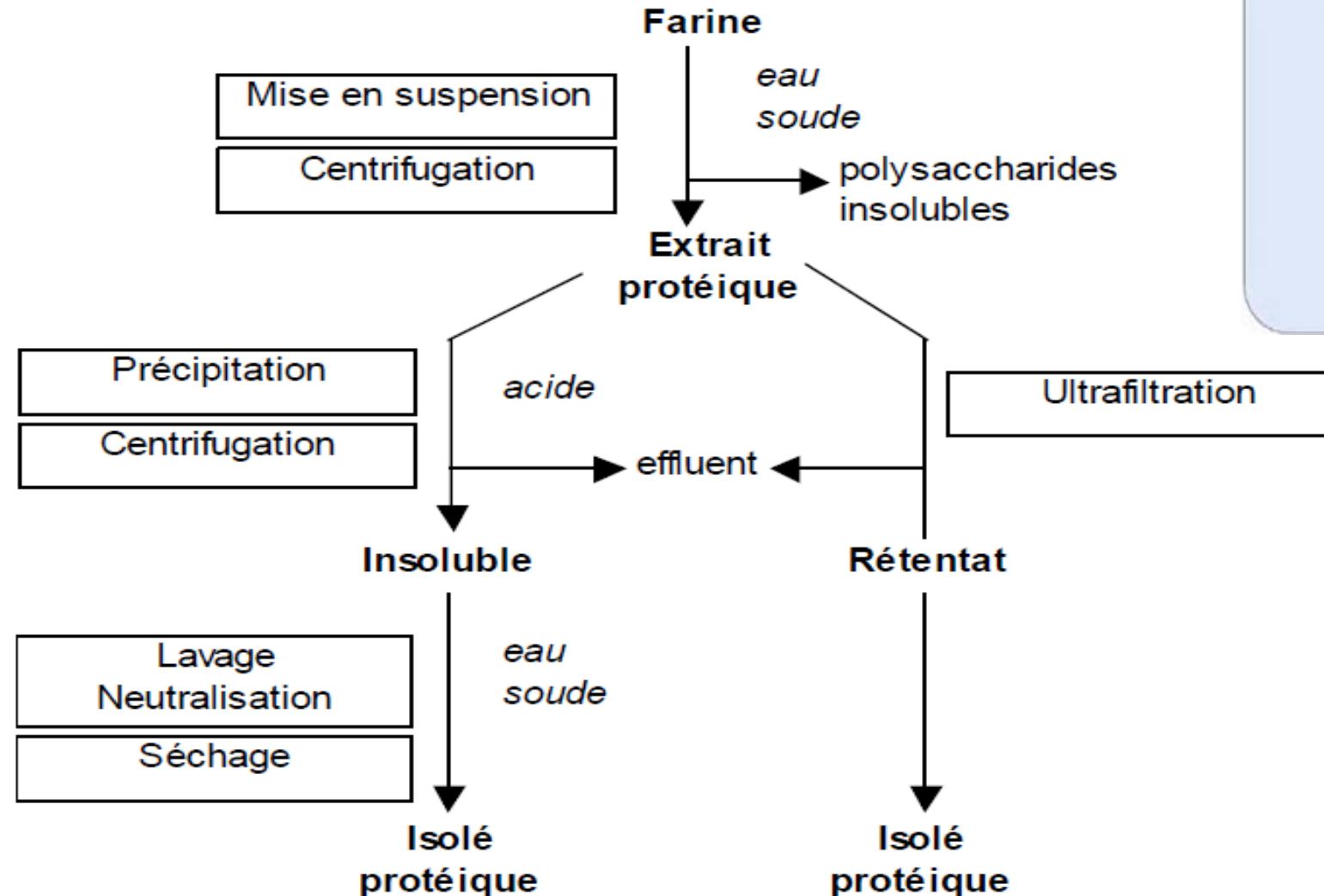
3. PRODUCTION DE CONCENTRATS ET ISOLATS DE PROTEINES

3.2. préparation d'isolats de protéines

- Les isolats sont issus de la mise en oeuvre de deux étapes successives:
 1. **solubiliser les protéines** + séparation des **substances insolubles**
 2. **récupérer ces protéines** de façon aussi sélective que possible en les séparant des **petites molécules restées solubles** (composés antinutritionnels, sels, sucres, azote non protéique).

3.2. préparation d'isolats de protéines

des procédés classiques d'obtention d'isolats protéiques à partir des farines de tourteaux de colza



3.2. préparation d'isolats de protéines

Quelques protocole utilisés dans l'extraction et la récupération des protéines

Procédé d'extraction des protéines	Rdt (% MS)	Procédé de récupération des protéines solubilisées	Rdt (% MS)	P (%)	Référence
<ul style="list-style-type: none"> • pré-extraction avec de l'eau ($\times 4$) et de l'éthanol à 20 % ($\times 2$) • extraction basique : NaOH 0,2 % 	50 à 60 %	<ul style="list-style-type: none"> • précipitation isoélectrique (pH 5) • lavage du précipité à l'eau, éthanol et acétone 	n.d.	98,7 %	Gonçalves et al. (1997)
<ul style="list-style-type: none"> • extraction basique : Na₂SO₃ 0,25 % (pH 10,5) 	n.d.	<ul style="list-style-type: none"> • précipitation isoélectrique (pH 5) • lavage du précipité à l'eau 	n.d.	97,8 %	Vioque et al. (1999, 2000)
<ul style="list-style-type: none"> • pH basique (NaOH, pH = 11) + addition de 1 % de Na₂SO₃ 	35 %	<ul style="list-style-type: none"> • précipitation isoélectrique (pH 3,5) 	22 %	82 %	Tzeng et al. (1990)
<ul style="list-style-type: none"> • pH basique (NaOH, pH = 11) + addition de 1 % de Na₂SO₃ 	35 %	<ul style="list-style-type: none"> • précipitation isoélectrique • récupération des protéines solubles • UF et DF protéines solubles (seuil de coupure 10 kDa) 	11 %	86 %	Tzeng et al. (1990)
<ul style="list-style-type: none"> • pH basique (NaOH 1N) + agitation orbitale 	95 à 99 %	<ul style="list-style-type: none"> • acidification par ajout d'acide acétique (pH 3,5) 	88 %	n.d.	Klockeman et al. (1997)

- DF: diafiltration ; UF: ultrafiltration)

3.2. préparation d'isolats de protéines

1. Méthodes de solubilisation des protéines

La solubilisation des protéines sont liés à:

- la matière
- solvant utilisé
- aux conditions de mise en oeuvre.

Solvant

- la soude (NaOH) ou le sulfite de sodium (Na_2SO_3) sont les solvants alcalins généralement utilisés pour la solubilisation des protéines.
- Les rendements d'extraction: **2 fois plus élevés avec la soude** qu'avec le sulfite de sodium mais l'utilisation de ce dernier présente l'avantage d'obtenir un isolat de couleur brun clair: Ceci est dû au propriétés réductrices du sulfite qui empêchent l'oxydation des polyphénols

Ex. protéines colza: pH 11

3.2. préparation d'isolats de protéines

1. Méthodes de solubilisation des protéines

Solvant (suite)

- Certains travaux ont étudié l'influence des conditions opératoires sur la solubilisation des protéines. En règle générale
- le **ratio** farine/solvant (p/v): est compris entre 25 et 100 g/L. Plus ce ratio est faible, plus le rendement d'extraction est important
- Une **seule étape** d'extraction est souvent préférée
- une **durée d'extraction** supérieure à 60 minutes n'entraîne aucune augmentation du rendement protéique

3.2. préparation d'isolats de protéines

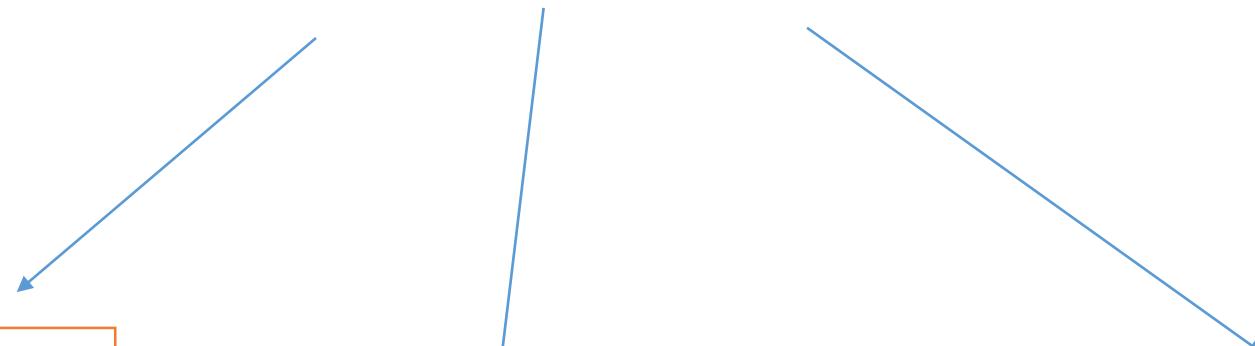
2. Méthodes de récupération des protéines

La récupération, sous forme d'isolat

précipitation isoélectrique

ajout d'adjuvants

ultrafiltration

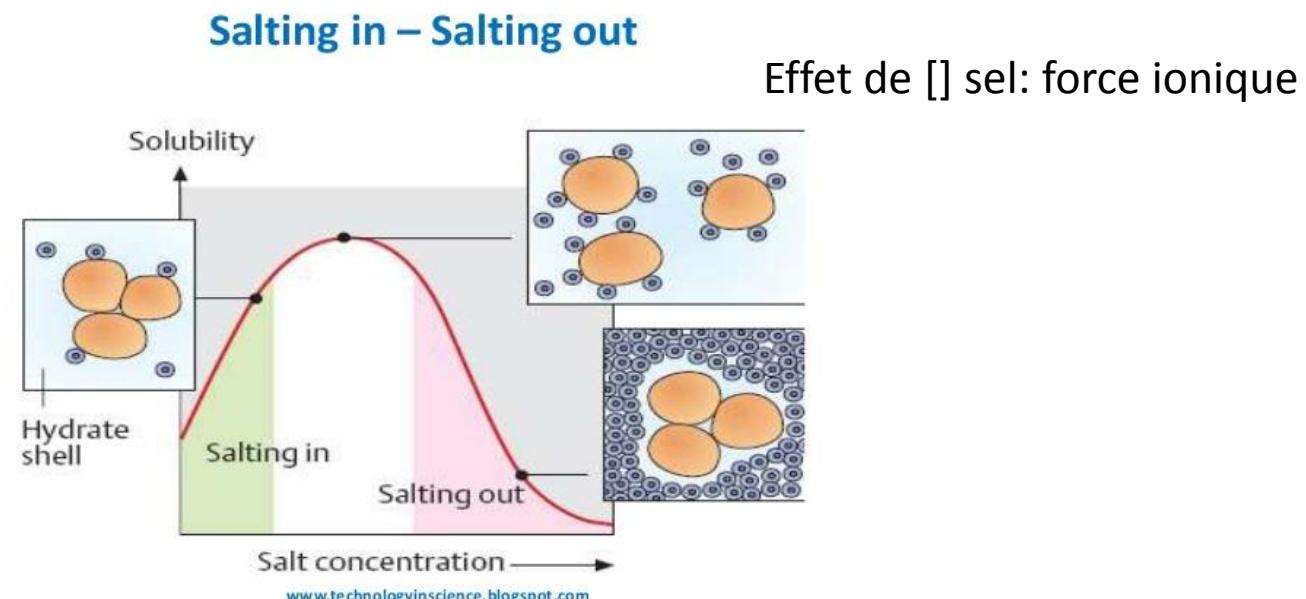
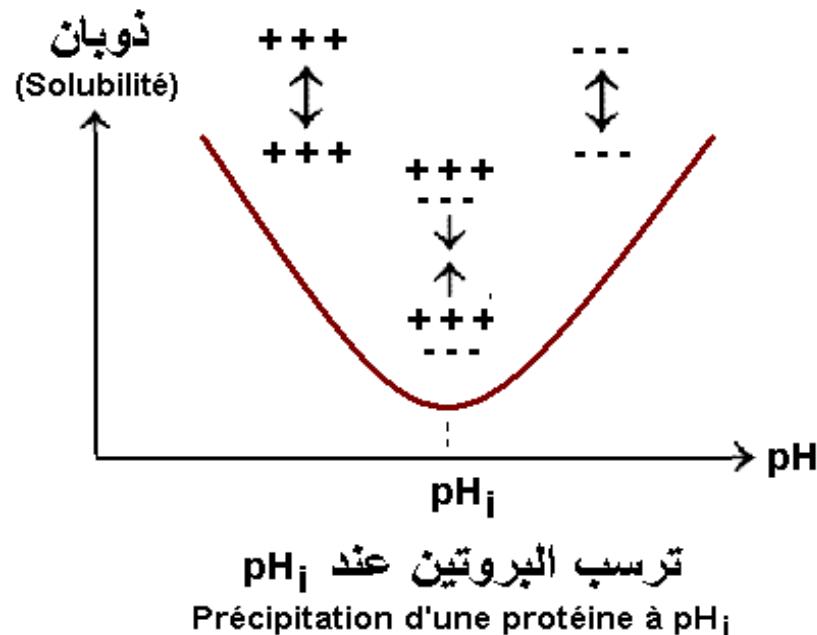


3.2. préparation d'isolats de protéines

2. Méthodes de récupération des protéines

Précipitation isoélectrique

- une **approche** couramment utilisée pour **purifier** une ou des protéines est de les précipiter (diminuer sélectivement leur **solubilité dans l'eau**)
 - la **précipitation** exige la formation **d'agrégats de protéines**
 - Divers facteurs peuvent causer l'aggrégation protéique: pH, force ionique...



3.2. préparation d'isolats de protéines

2. Méthodes de récupération des protéines

Précipitation isoélectrique

Dans le cas des **protéines de colza**:

- **protéines de colza: albumines et globulines**

- précipitations dites « multi-étapes » des protéines solubilisées, c'est-à-dire précipitation isoélectrique aux différents minima de solubilité des protéines : **pH 4 et pH 6**
 - ajout d'agents précipitants tels que **l'hexamétaphosphate** de sodium ou la **carboxyméthylcellulose** dans l'extrait protéique pour faciliter la précipitation isoélectrique
 - Ou ajout de **sulfate d'ammonium** afin de précipiter directement les protéines
- +** l'utilisation de l'ultrafiltration pour la récupération des protéines restées solubles après précipitation isoélectrique des protéines extraites permet d'améliorer le rendement

3.2. préparation d'isolats de protéines

2. Méthodes de récupération des protéines

Récupération des protéines extraites par ultrafiltration et diafiltration.

L'ultrafiltration (UF): permet d'éliminer toutes les molécules de faible masse molaire:

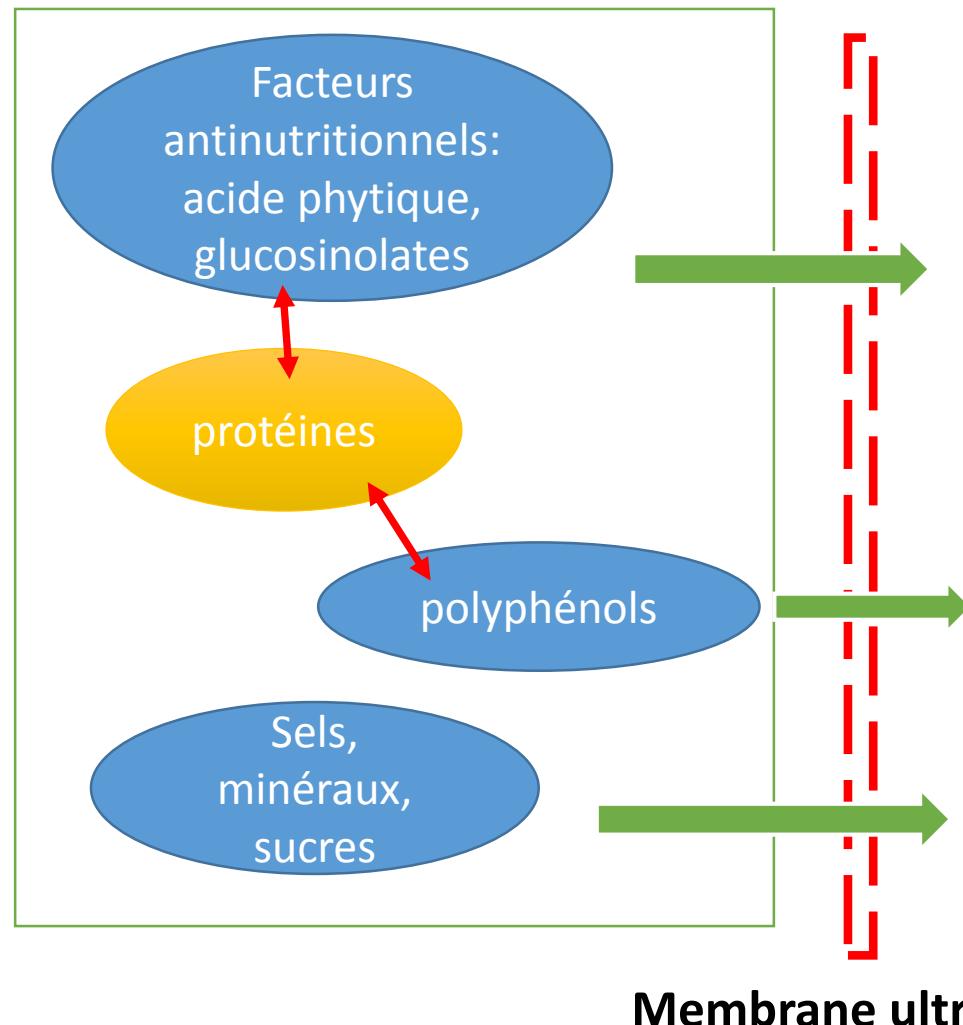
- azote non protéique,
- acide phytique, polyphénols ou glucosinolates.

- Il est cependant nécessaire de travailler à des concentrations salines élevées (NaCl à 0,7 – 0,9 M) pour diminuer les interactions électrostatiques entre protéines et acides phytiques ou glucosinolates, et ainsi permettre une élimination totale de ces composés

- Les polyphénols liés aux protéines ne sont toutefois pas éliminés: C'est pourquoi, l'ajout de NaCl (0,05 M) dans l'extrait protéique afin de diminuer les diverses liaisons protéines-polyphénols et d'éliminer par UF les polyphénols libres.

3.2. préparation d'isolats de protéines

2. Méthodes de récupération des protéines



- Cette étape: purification des protéines

Interaction possible: formation de complexe et les matières indisérables restent liées aux protéines

- Il faut travailler avec des [] NaCl élevées

4. Utilisation des concentrats et isolats protéiques

- Les protéines végétales intéressent souvent les industriels de l'agroalimentaire pour leur capacité à posséder diverses propriétés fonctionnelles comme:
 - a. Des propriétés moussantes,
 - b. Des propriétés émulsifiantes
 - c. Des propriétés gélifiantes.



Ce cela augmente les potentialités d'utilisation de concentrats de protéines en tant qu'ingrédients dans divers aliments (produit carné ou pâtisserie)

4. Utilisation des concentrats et isolats protéiques

- Les protéines végétales peuvent subir une hydrolyse enzymatique libérant des peptides

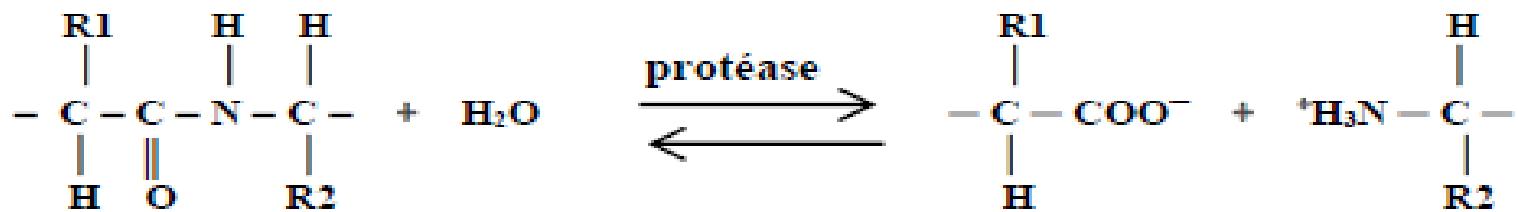


Figure B.II.1 : hydrolyse de la liaison peptidique par une protéase.

↓
hydrolysats utilisables (peptides de petites tailles)

formulations diététiques

les milieux de culture pour
microorganismes

peptides bioactifs
(antioxydant, antihypertensifs,
antimicrobiens,)

Valorisation des sous produits des meuneries

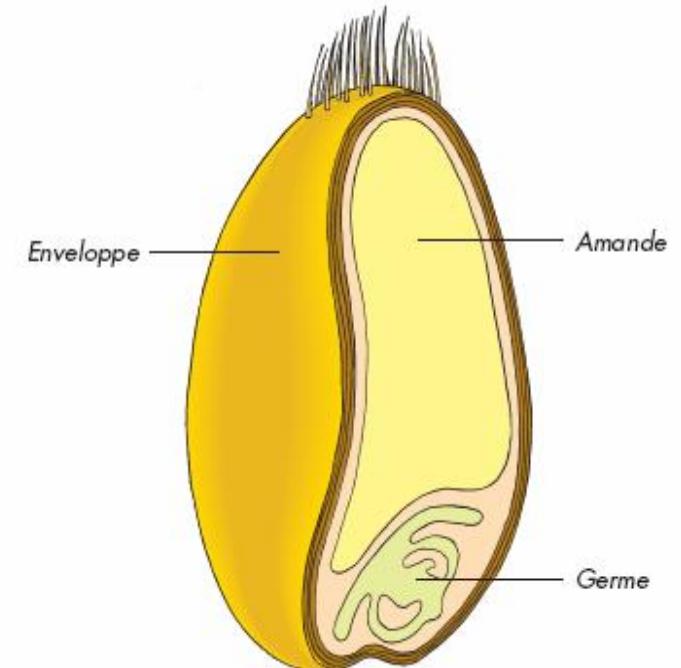
Meunerie: Définition

- La **meunerie**: est un domaine faisant partie de la **transformation des céréales** et permet de passer du blé à la farine par différentes étapes de fabrication.



Grain de blé : composition

- Chaque grain de blé est constitué de trois parties principales :
 - **L'enveloppe** qui représente 13 à 15% du poids du grain (ou son)
 - **L'amande farineuse** qui représente 82 à 84 % du poids du grain:
(**amidon** et protéines (**gluten**= globulines, gluténines))
 - **Le germe** qui représente environ 3% du poids du grain.



Il renferme beaucoup de matières **grasses** et de **vitamines**,

Valorisation des sous produits des meuneries

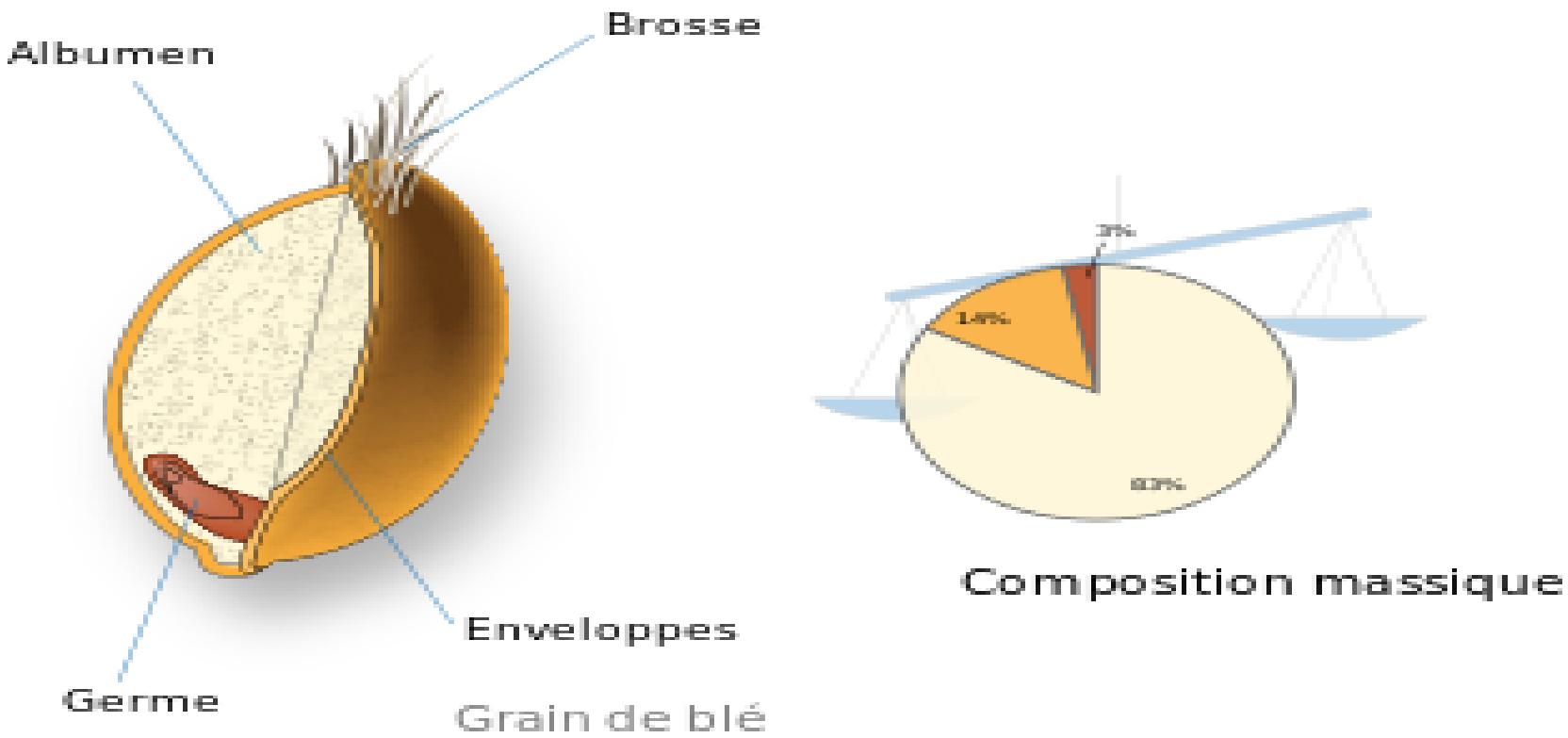
Grain de blé: composition



- Les céréales contiennent *des hydrates de carbone, des protéines, des lipides riches en acides gras essentiels* Et des fibres, ainsi que des minéraux et des vitamines, en particulier le groupe B, D, Et E, et ont un pH presque neutre

Les céréales sont : source importante d'hydrates de carbone et d'approvisionnement en énergie et d'éléments nutritifs (vitamines, acides aminés essentiels)

Grain de blé: composition



	Glucides	Protéines	Lipides	Fibres	Fer (% A.J.R.)	Autres
Enveloppes	63	16	3	43	59	Vitamines B
Albumen	29	7	0	4	7	
Germe	52	28	10	14	35	Vitamines B, oméga-3,6

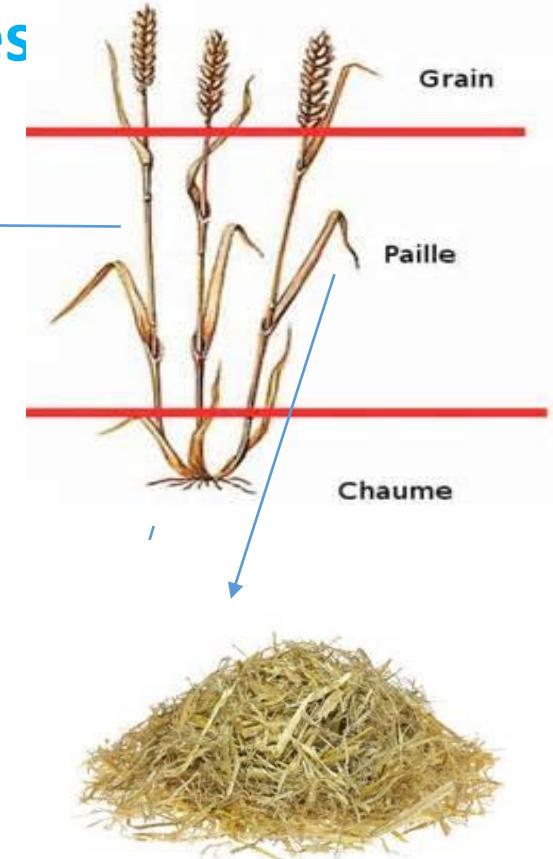
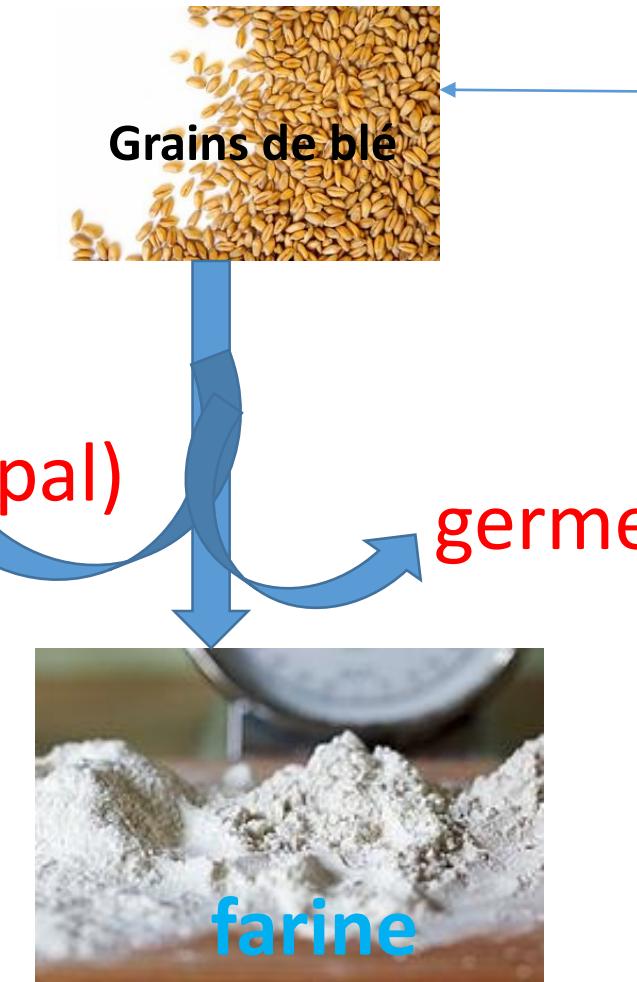
Informations nutritionnelles (en g pour 100g)

Valorisation des sous produits des meuneries

Les sous produits issus des meuneries



sons (le sous produit principal)



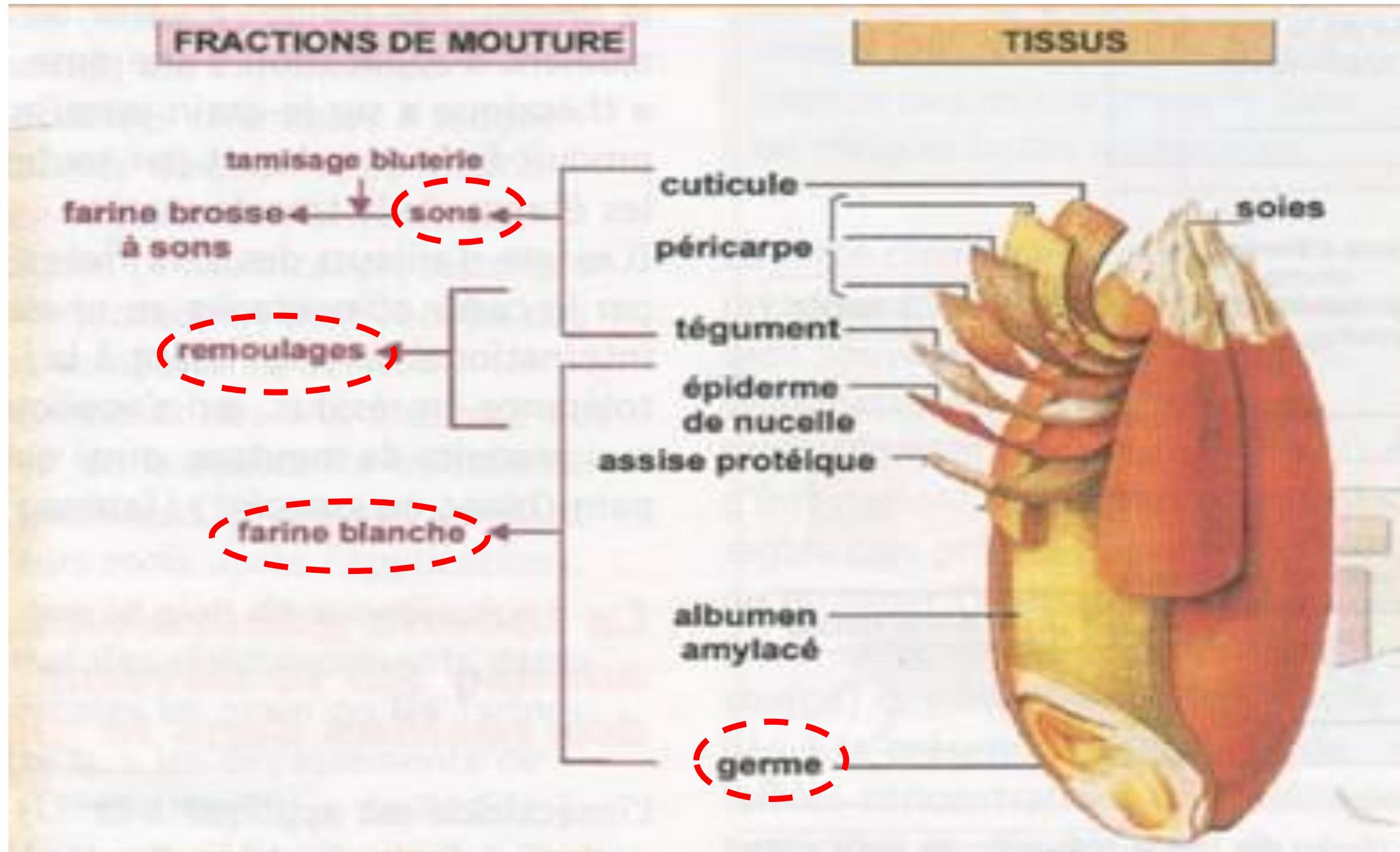
paille

Le sous produit: le Son

- Le son de blé est un **co-produit** de la minoterie, il représente avec la farine et le germe, l'une des trois fractions de la mouture
- le son est issu **des parties externes** du grain qui représentent l'ensemble des tissus maternels auxquels reste rattachée la **couche aleurone**
- **Le son est riche en polysaccharides pariétaux** contrairement à **l'endosperme** qui présente une haute teneur **en amidon**.
- Sa composition varie en fonction de **ses variabilités génétiques** et **fonction de la mouture**, laissant des quantités d'amidons résiduels plus ou moins grandes.



Fractions de mouture du grain de blé



le Son (composition)

Composition chimique du son de blé brut (en % de Matière Sèche)

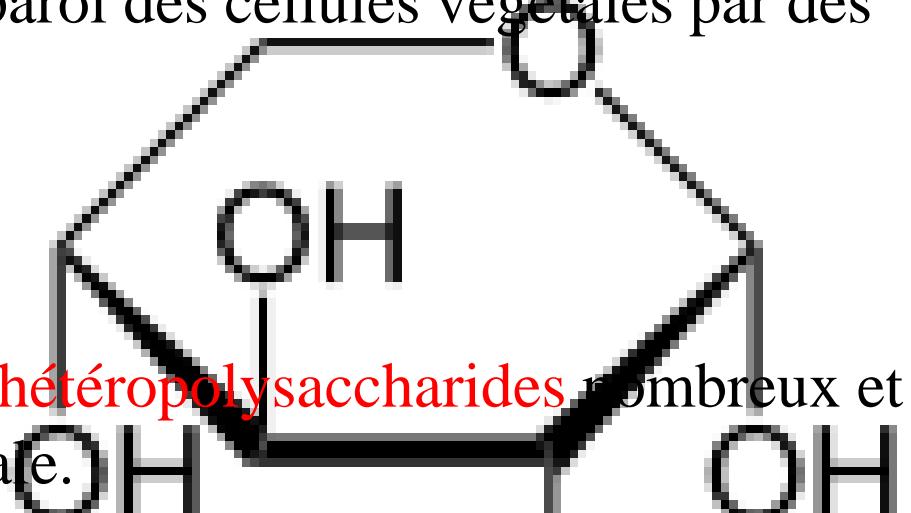
Référence	Raynal, 1996	Bergmans et al., 1996	Bataillon et al., 1998
Hémicelluloses	37 ⁽¹⁾	41,4 ⁽⁵⁾	19 ⁽²⁾
Lignine	6,7 ⁽¹⁾	9,8 ⁽⁴⁾	3 ⁽¹⁾
Cellulose	9,2 ⁽¹⁾	12,6 ⁽³⁾	11 ⁽¹⁾
Amidon	20 ⁽⁸⁾	11,8 ⁽⁸⁾	29 ⁽⁸⁾
Protéines	14,8 ⁽⁷⁾	15,9 ⁽⁶⁾	14 ⁽⁷⁾
Cendres	5,3 ⁽⁹⁾	n.d	4 ⁽⁹⁾

- Information tirée : Les hémicelluloses sont, après l'amidon, le composé majoritaire du son brut.
- Les protéines: proviennent de couche la plus interne de l'enveloppe qui forme la frontière avec l'endosperme amylacé.

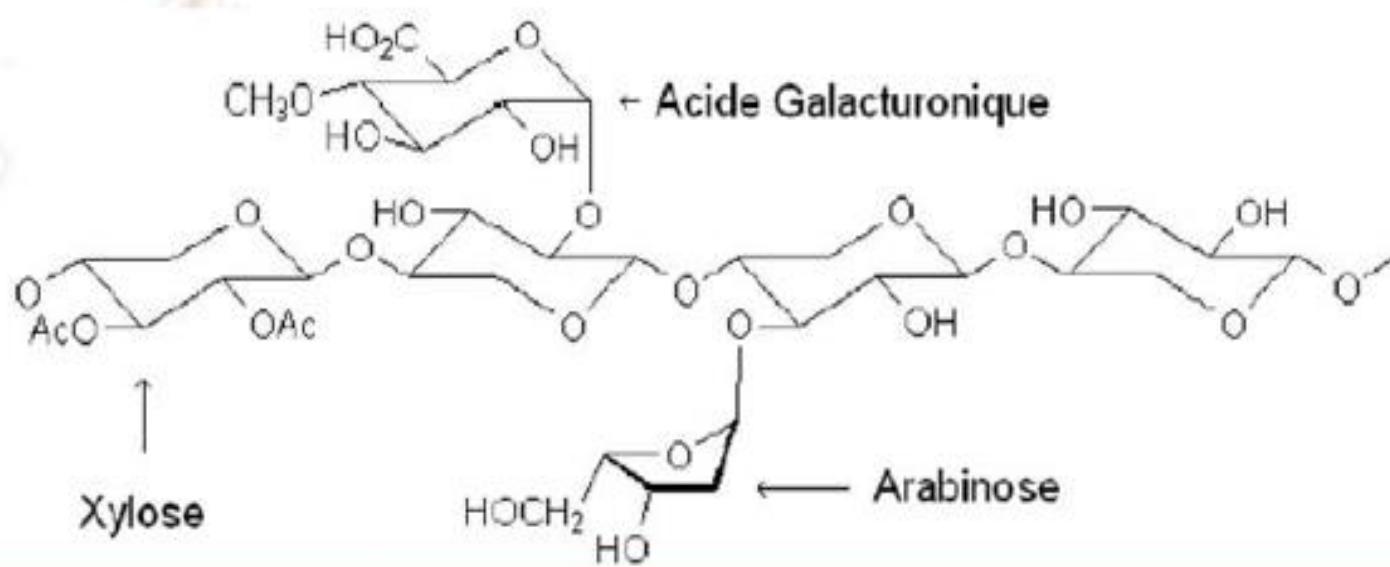
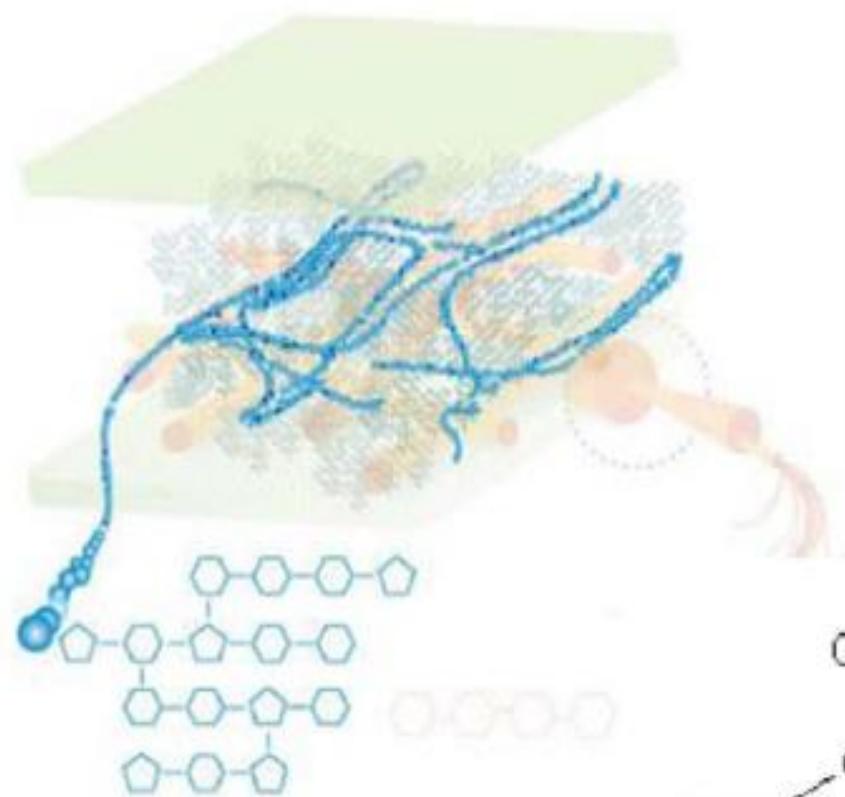
La composition de son ?

1. les hémicelluloses

- ensemble des **polysaccharides** autres que **la cellulose** et les substances **pectiques**
- présents dans les **parois cellulaires** des plantes terrestres,
- **solubles dans l'eau** et pouvant être extrait de la paroi des cellules végétales par des **solutions alcalines**.
- **maintien de l'intégrité** des tissus de la plante.
- Ce groupe de composés consiste en **la réunion** d'**hétéropolysaccharides** nombreux et variés dont la structure est fonction de l'espèce végétale.
- Les **hémicelluloses de céréales** présentent des structures extrêmement variées qui s'articulent autour d'un squelette **xylane** constitué de résidus *D-xylopyranose* liés en position **β -(1-4)**.

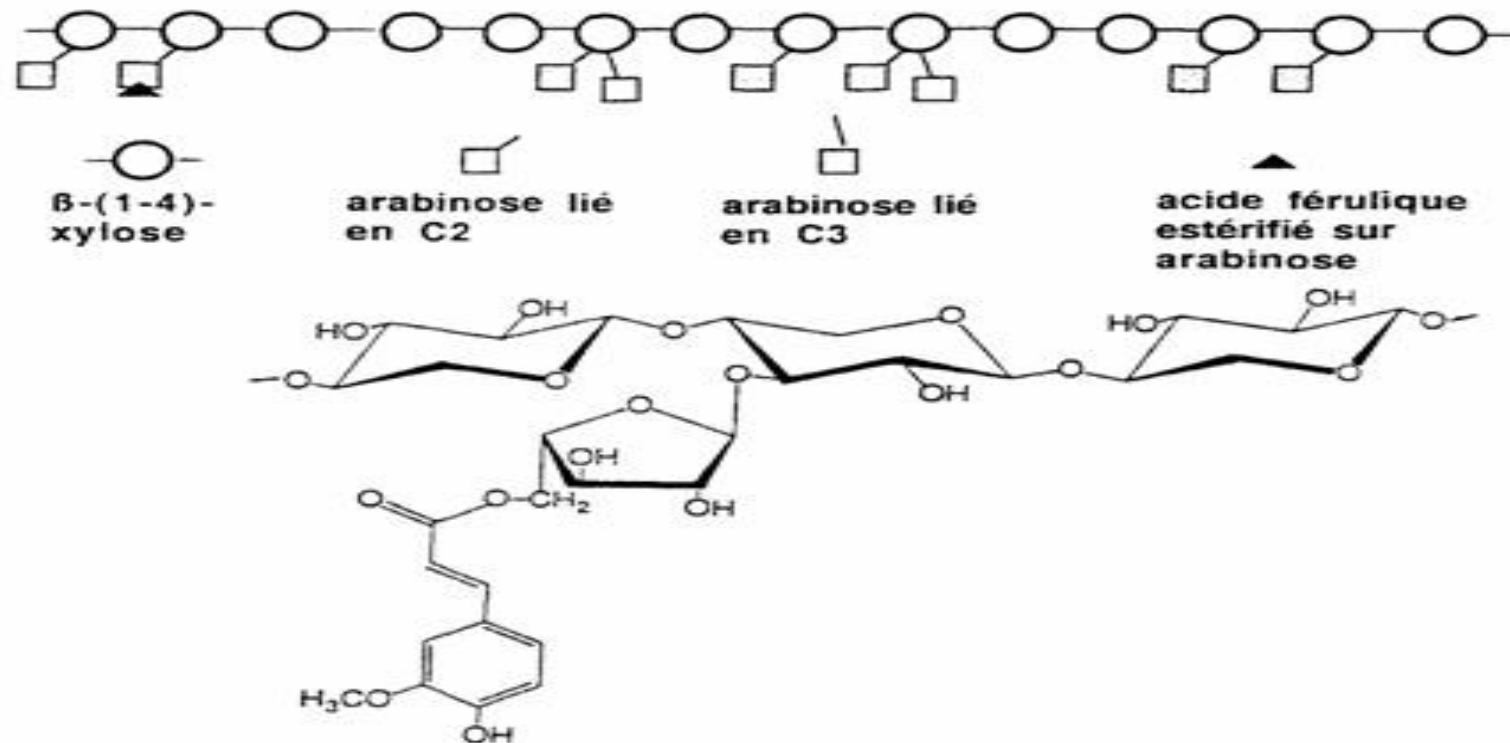


Représentation schématique des hémicelluloses



Les hémicelluloses du son de blé?

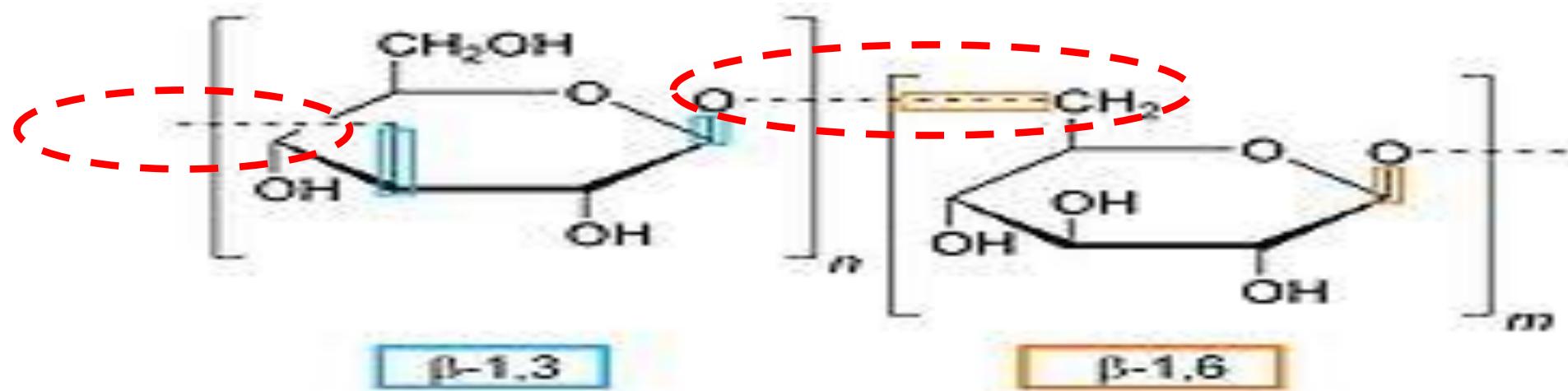
- a. Les arabinoxylanes sont les polysaccharides (hémicellulosiques) les plus représentés dans les sons de blé (environ 30 à 40% de la matière sèche)
- sont constitués d'une chaîne principale de D-xylopyranose (xylose) liée en β (1-4)



Les hémicelluloses du son de blé?

b. Les β -glucanes

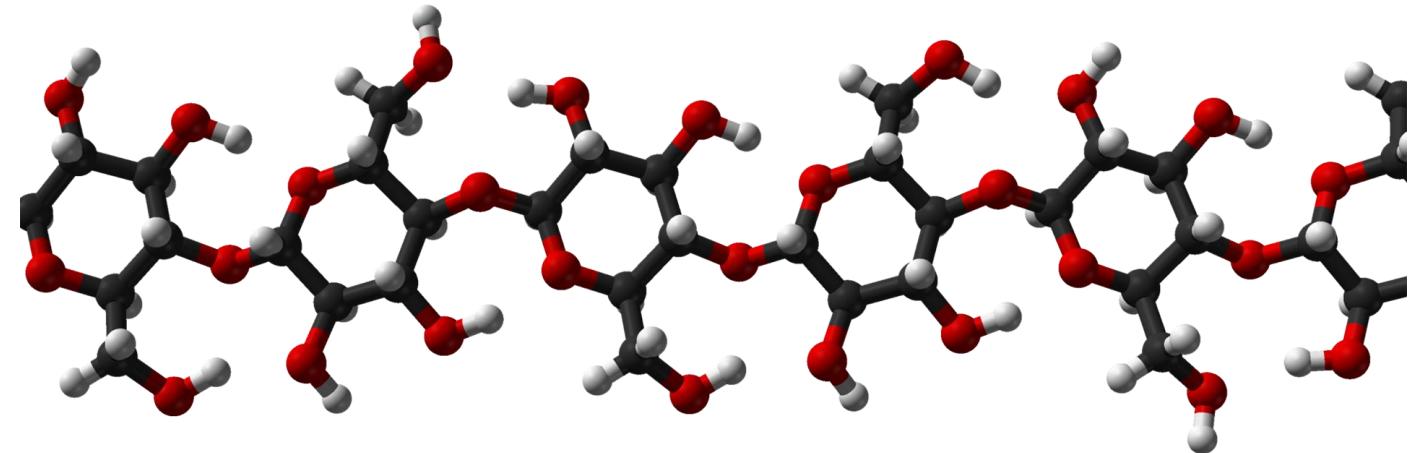
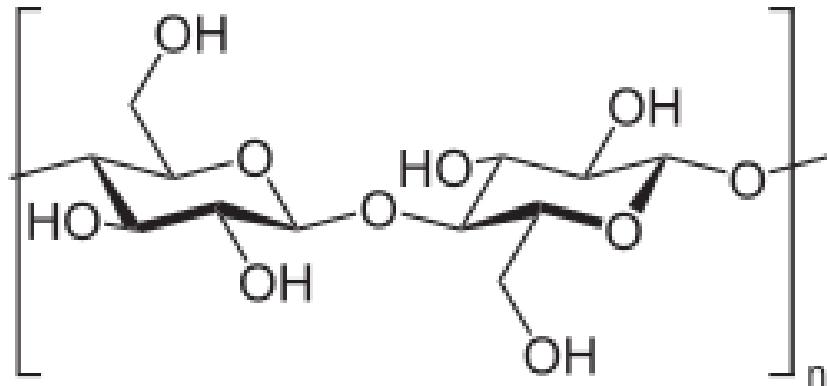
- Les β -glucanes sont des courtes chaînes linéaires de 3 ou 4 motifs glucoses liés entre eux par des liaisons β -(1-4), (1-3) ou (1-6).
- A la différence des arabinoxylanes, les β -glucanes sont généralement extractible par l'eau.
- Ils sont liés aux hétéroxylanes par des liaisons non covalentes.



Le sous produit: le Son (composition)

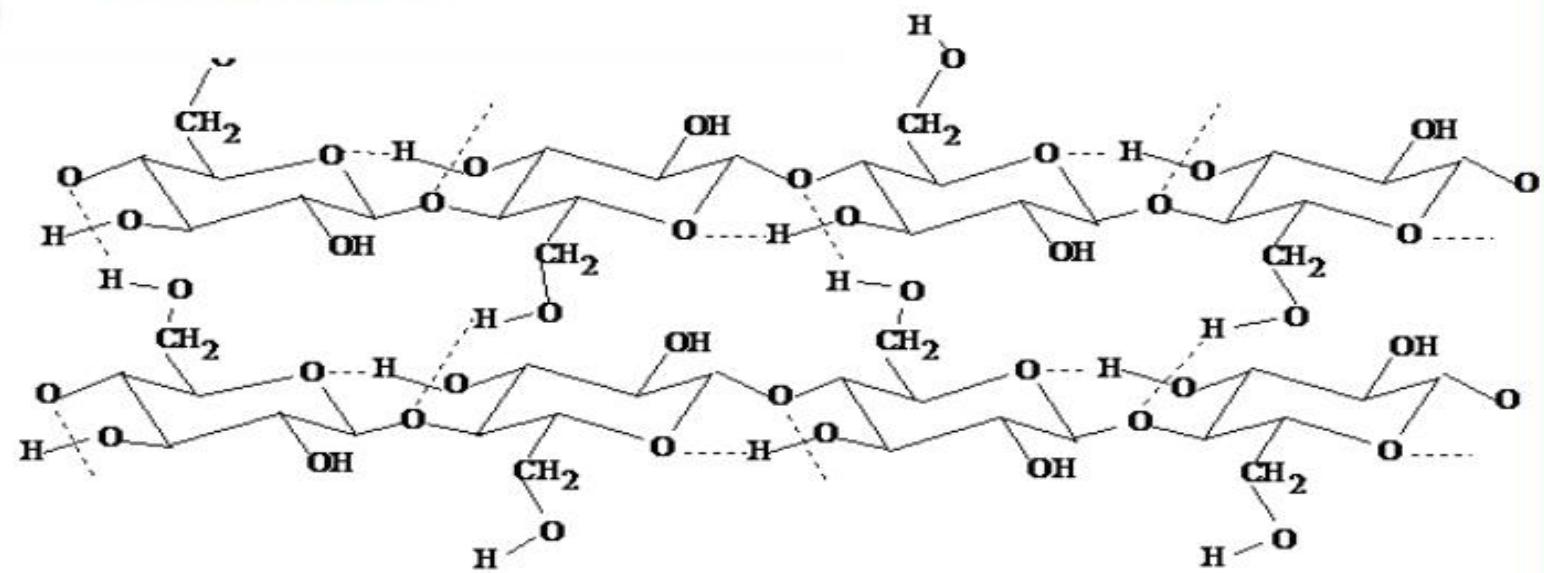
2. La cellulose:

C'est un **homopolymère** formé de longues chaînes linéaires d'unités D-glucose, reliées par des liaisons B (1-4)



- Le composant principal des parois des végétaux

Cellulose



3.Amidon de son

- L'amidon est constitué de deux composés majeurs : l'amylose et l'amylopectine.
- L'**amylose** se présente sous forme d'un **enchaînement linéaire** d'un **α -D-glucopyranose** liés par l'intermédiaire de **liaisons (1-4)**.
- L'amylopectine présente une structure **très ramifiée**
 - constituée de **chaînes linéaires** α -(1-4)-D-glucopyranose sur lesquelles viennent **se greffer en α -(1-6)**, approximativement **tous les 25 résidus**, des chaînes latérales également formées d' α -(1-4)-D-glucopyranose.

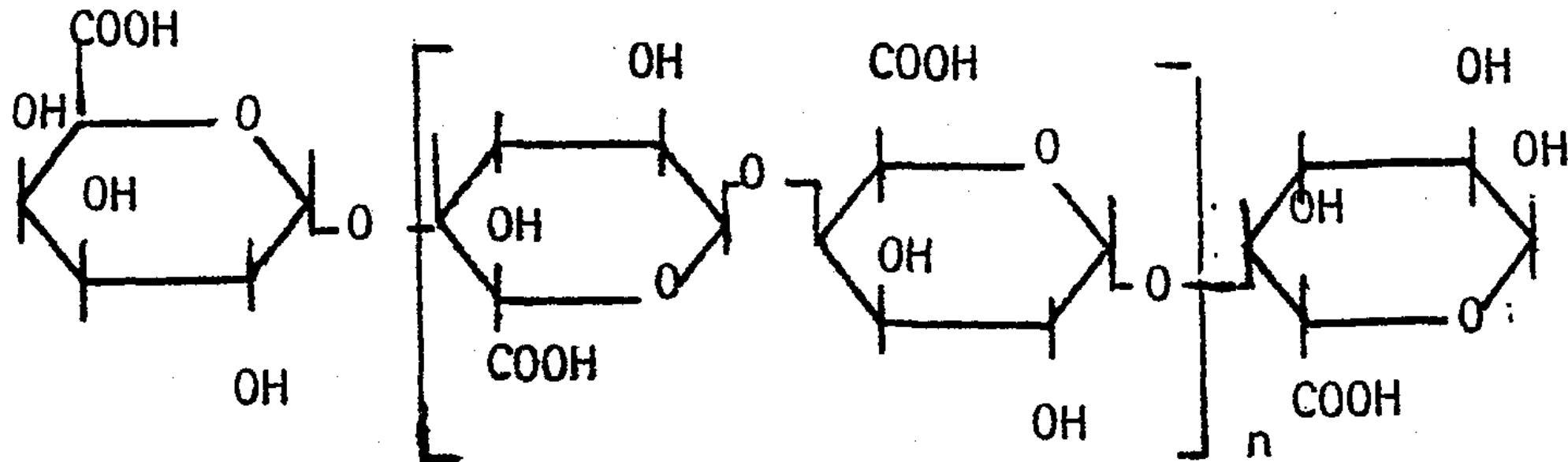
3. Amidon de son

- ✓ Les **interactions** entre ces deux composés se font par l'intermédiaire de **liaisons hydrogènes** intermoléculaires
- ✓ L'**amidon** est principalement présent dans **les sons**, sa teneur varie entre **15 et 20%** et dépend du processus de la mouture et des méthodes d'analyse

Le sous produit: le Son (composition)

4. Les pectines

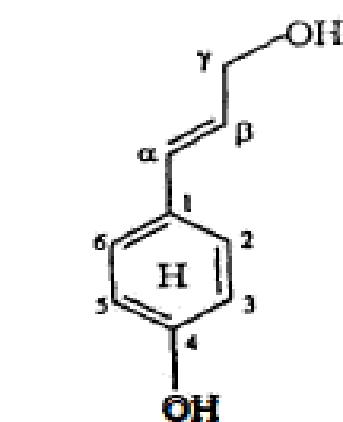
- Ces hétéro polymères complexes formés par une chaîne linéaire de résidus d'acide galacturonique liés par des liaisons a (1- 4) ou a (1-2) avec des composés L-Rhamnose.



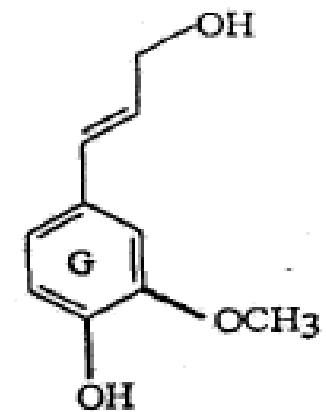
Le sous produit: le Son (composition)

5. Les lignines résultent de la polymérisation de trois unités phénylpropanes: alcools p-coumarylique, l'acide coniférylique et l'acide sinapylique

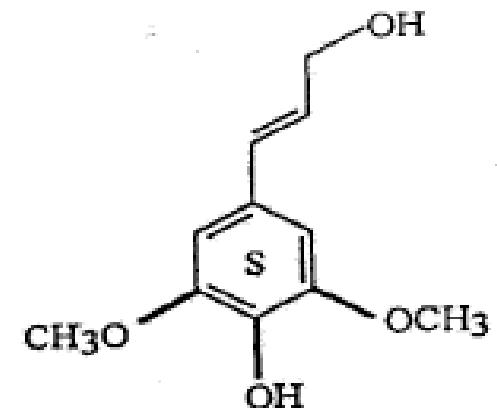
- Elles sont connues pour former une barrière physique bloquant la pénétration des agents pathogènes et pour limiter la dégradation des arabinoxylanes pariétaux



Alcool coumarylique



Alcool coniférylique



Alcool sinapylique

Unité
p-hydroxyphénylpropane
H

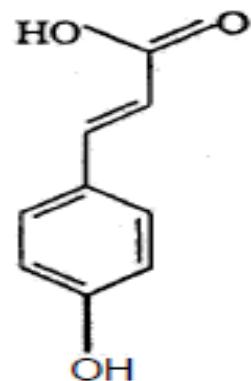
Unité
Gaiacylpropane
G

Unité
Syringylpropane
S

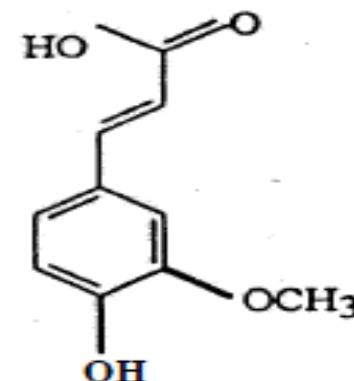
Le sous produit: le Son (composition)

5. Acides phénoliques

- L'**acide férulique** (FA), et dans une moindre proportion l'**acide pcoumarique** (pCA), sont les deux composés prédominants
- d'autres acides hydroxycinnamiques ont été mis en évidence dans le grain de blé: acides **sinapique**, **syringique**, **caféique** et vanillique
- Les acides hydroxycinnamiques ont un rôle important dans la **réticulation** covalente des **polymères pariétaux**, le **FA** étant majoritairement **estérifié** aux **arabinoxylanes** alors que le pCA serait associé préférentiellement sous forme éthérifiée **aux lignines**



Acide p-coumarique



Acide férulique

Le sous produit: le Son (composition)

5. Acides phénoliques

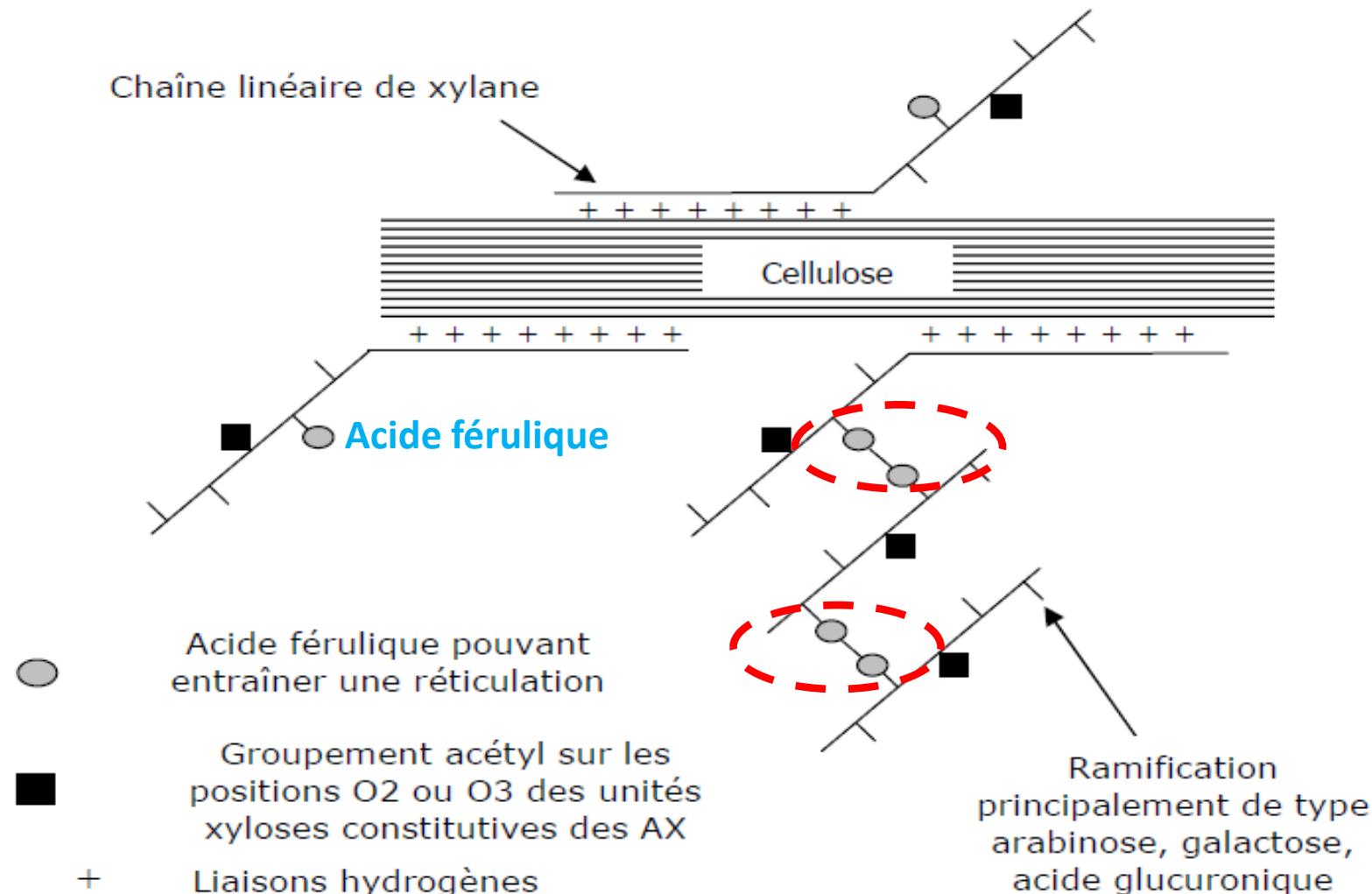


Figure 7 : Structure schématisée des interactions entre les différents constituants du son, d'après Mandalari (2005).

Le sous produit: le Son (composition)

6. lipides

- Les lipides représentent environ 4 % de la matière sèche du son.
- Ils sont principalement déposés sous forme d'assises cuticulaires diverses,
- Ces couches participent à la résistance aux stress biotiques (microorganismes, insectes, virus, enzyme) ou abiotiques ou elles présentent une barrière physico chimique sélective au passage de nombreux composés comme les enzymes.

Le sous produit: le Son (composition)

7. protéines

- Dans les **sons** de blé, elles constituent environ de **10 à 20%** de la matière sèche,
- sont essentiellement intracellulaires et localisées dans **le cytoplasme des cellules aleurones**.
- les **protéines pariétales** participent à la mise en place ainsi qu'à **la structure des parois**, notamment dans le péricarpe

Le sous produit: le Son (composition)

7. protéines

Les protéines du son sont regroupées en trois grandes classes:

- 1) **Les albumines** : ce sont des protéines **solubles dans l'eau** et les **solutions salines** diluées, mais insolubles dans l'alcool. Elles **coagulent** à la chaleur au dessous de la température d'ébullition de l'eau.
- 2) **Les globulines** : elles sont moins abondantes, mais également solubles en solution saline diluée et **peuvent être précipitées en phase alcoolique**. Les principales globulines de blé sont les **gliadines**.
- 3) **Les glutélines** : ce sont des composés **légèrement solubles dans l'eau**, les solutions salines et les milieux alcooliques. En revanche, elles sont très facilement solubilisées en milieu alcalin.

Le sous produit: le Son (composition)

8. vitamines

Les vitamines

- Le son est un composé particulièrement riche en vitamines.
- La teneur des vitamines dans le son, notamment la niacine, la thiamine et la riboflavine, représente 50 à 90% de leur teneur totale dans le grain.
- Elles jouent un rôle prépondérant dans les qualités nutritionnelles du son

Valorisation de son du blé ?

1. Valorisation en alimentation

Alimentation animale

- l'alimentation animale, en particulier à celle **des ruminants** même si une petite partie est destinée à l'alimentation des monogastriques, tels **les porcs**.
- Le son est utilisé en tant que **source de protéines**

Alimentation humaine

Les **qualités nutritionnelles** et **physiologiques** particulières du son font qu'il est aussi utilisé dans le domaine de **l'alimentation humaine** en tant que '**fibres alimentaires**', notamment dans le domaine de la boulangerie sous la forme de pains et de biscuits.

Sa consommation aurait des **effets bénéfiques** sur le **transit intestinal** en régulant sa durée, sur le foie et sur la **modération du taux de cholestérol**. Il aurait aussi un rôle dans la prévention d'un certain nombre de **maladies** et de **cancers** en agissant comme un inhibiteur d'agents mutagènes.

Valorisation de son du blé ?

2. Valorisation en industrie papetière et en fermentation

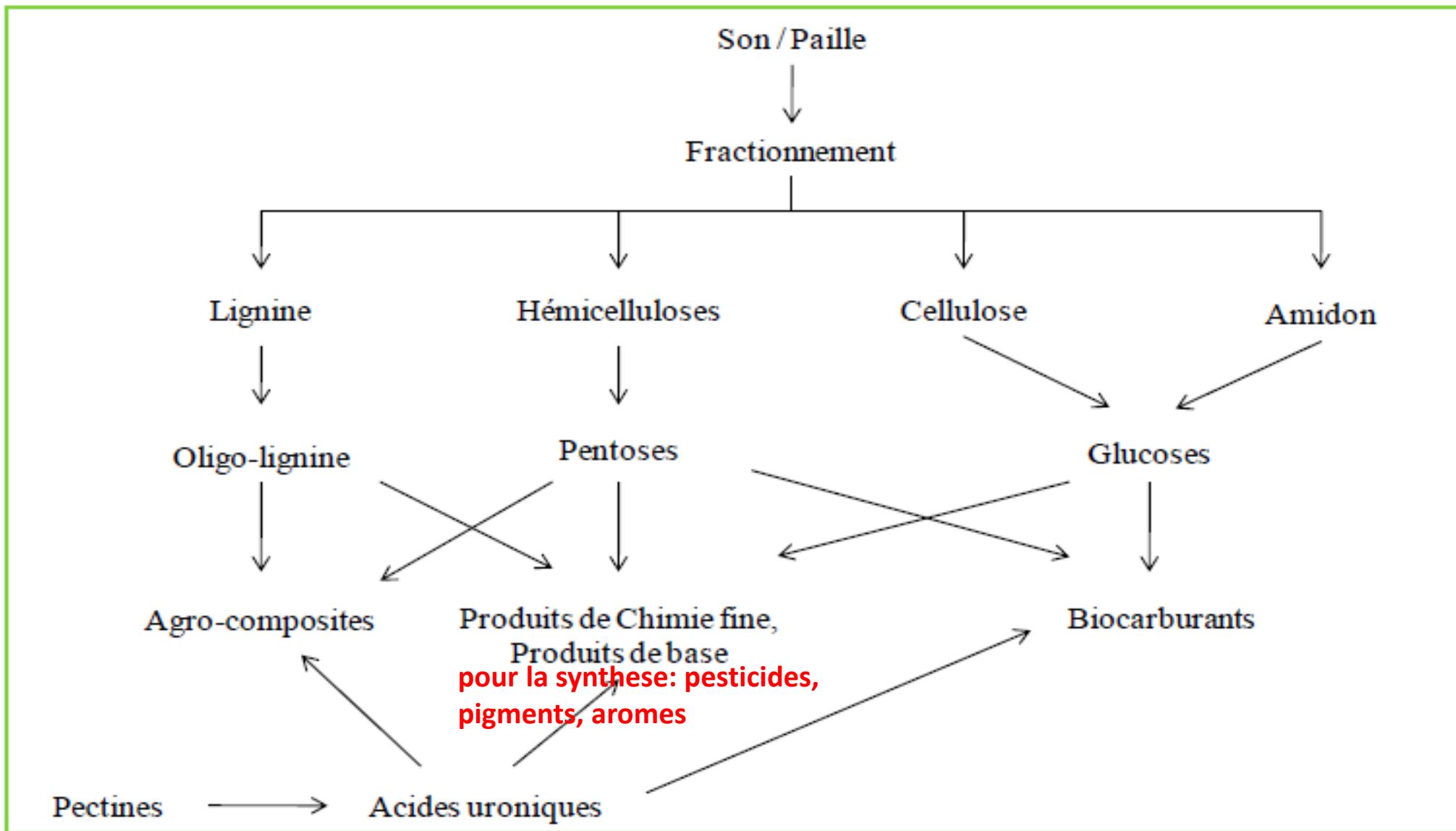
- Le son de blé, plus ou moins **traité pour éliminer l'amidon** pourrait trouver des débouchés dans les domaines de **l'industrie papetière** où sa faible teneur en lignine peut représenter un avantage.
- Il a aussi été étudié, pour **la fermentation en vue de produire de l'éthanol**, de l'**acide citrique**, des produits de **cosmétologie**, ou pour la production de champignons ou d'**enzymes**.

Valorisation de son du blé ?

3. Valorisation par extractions des polysaccharides

- Le **fractionnement** du son consiste généralement à récupérer les trois fractions principales que sont **la lignine, la cellulose et les hémicelluloses**. En effet, les **hémicelluloses** sont susceptibles de présenter de nombreuses applications dans des domaines **alimentaires** et **non alimentaires (biocarburants)**
- le résidu **lignocellulosique** pourrait présenter des intérêts variables (valorisation en matériaux, production d'énergie).

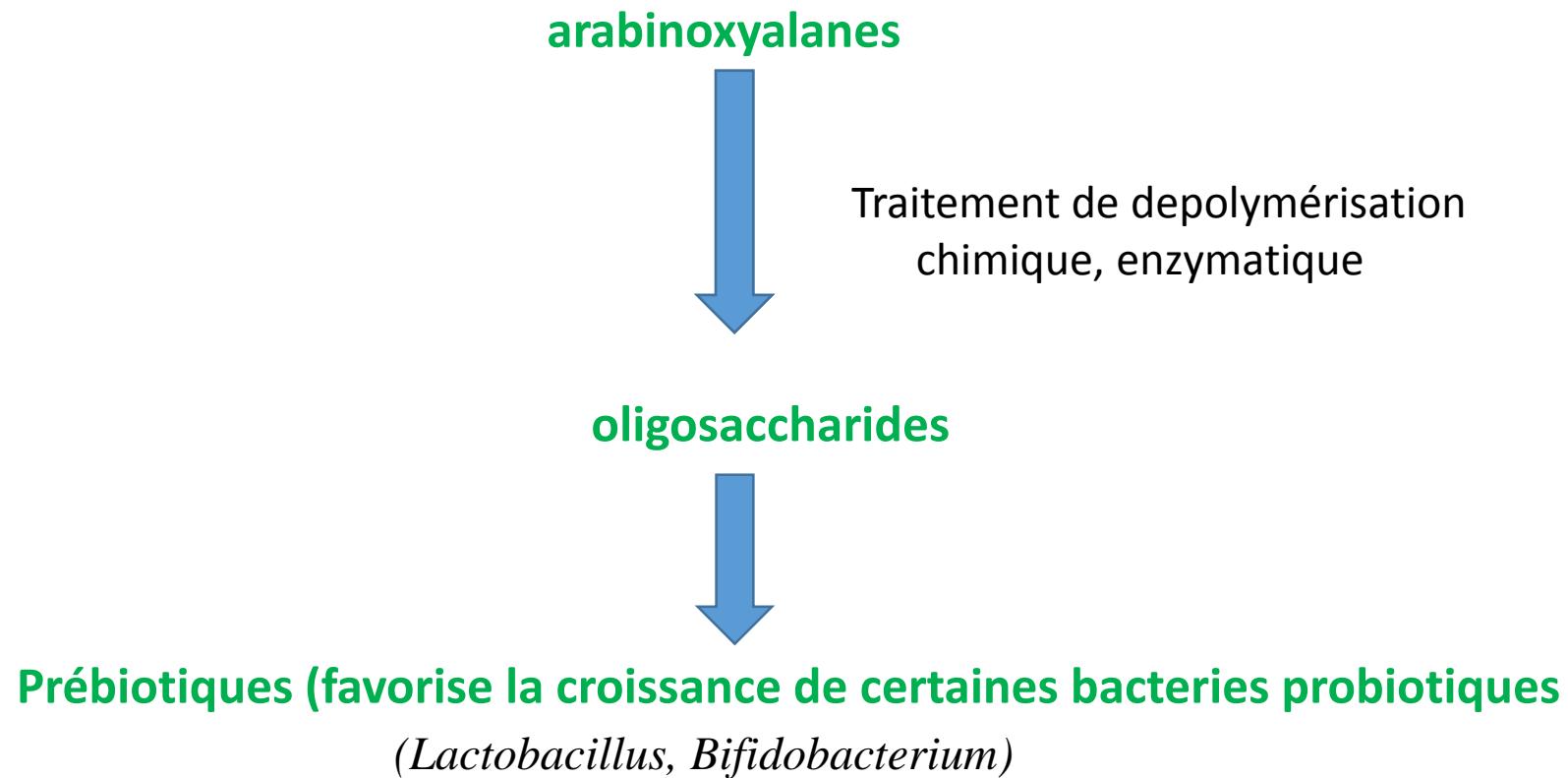
2. Valorisation par extractions des polysaccharides



Utilisation des arabinoxylanes

Utilisation comme prébiotiques

Définition: Les **prébiotiques** sont des ingrédients alimentaires, glucidiques (**2 à 20 glucoses**), non digestibles, stimulant sélectivement la croissance et/ou l'activité d'éléments de la flore colique parmi lesquels les bactéries probiotiques, ingérées vivantes par l'hôte produisent des effets bénéfiques sur sa santé.



Résultat d'une étude sur les oligosaccharides blé

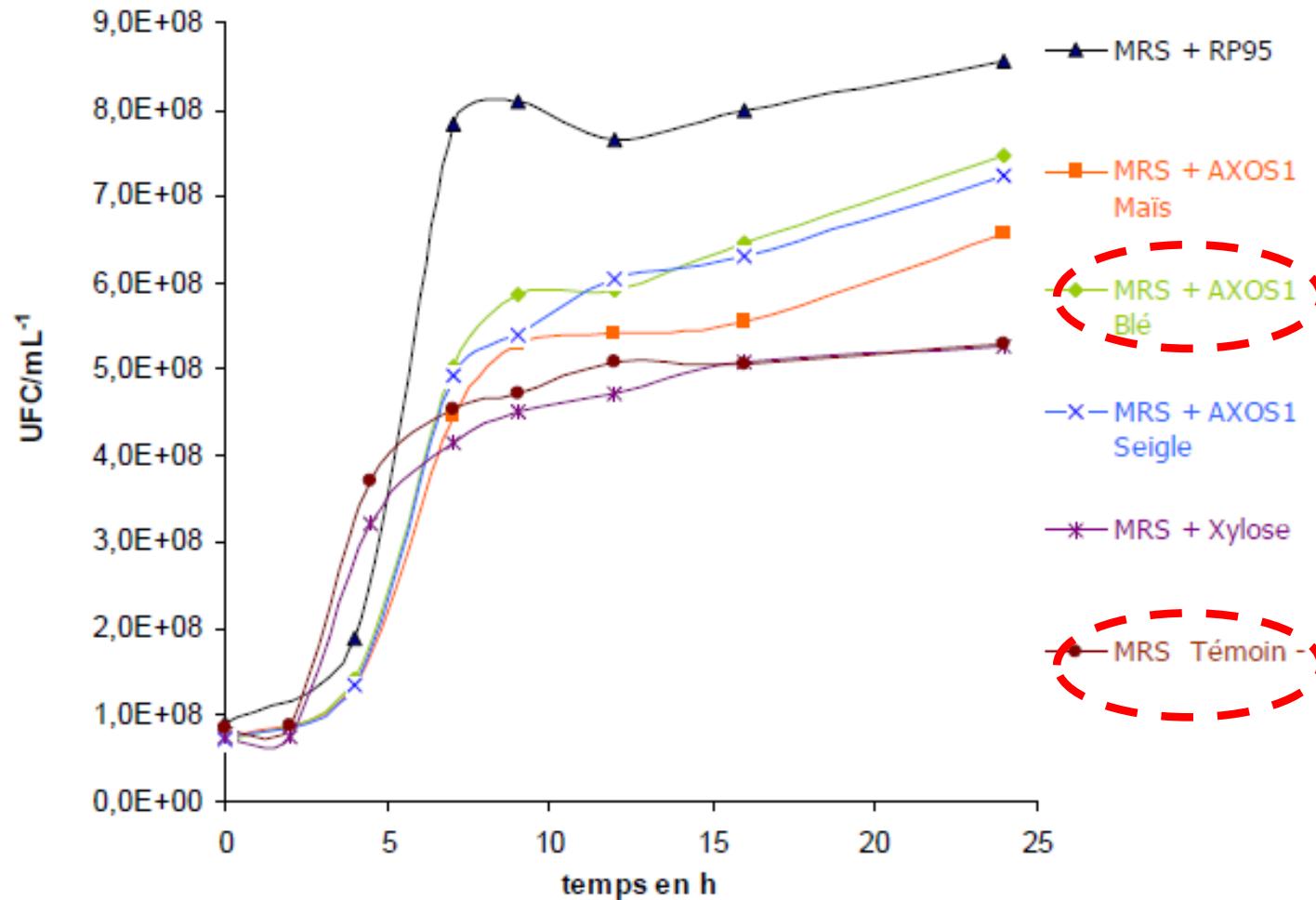


Figure 64 : Courbes de croissances de *Lactobacillus plantarum* 299v sur milieu de culture MRS complémenté par différentes sources carbonées :

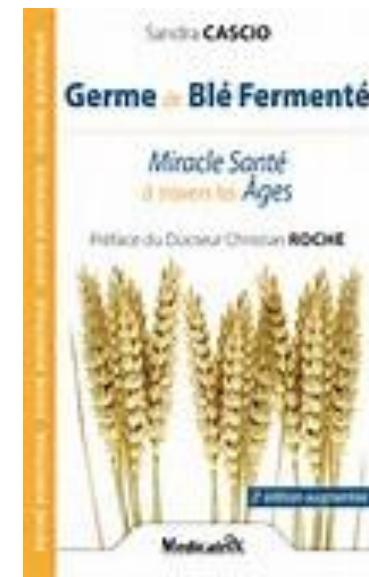
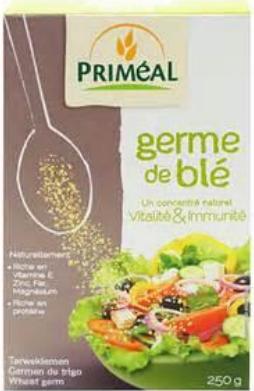
Utilisation des sous produits de la meunerie germes de blé

- **Les germes** sont riches en **protéines**, en **amidon** et en **lipides**, et **tocophérol**
- Ils sont utilisés pour la fabrication de **produits diététiques**, **pharmaceutiques** et **aliments** pour animaux.
- Etant donné sa haute teneur en **acide linoléique** (C18 :2), l'huile de germe de blé est notamment utilisée en **alimentation diététique** et pour la préparation de cosmétiques, comme les rouges à lèvres, crème, lotions

Tableau 4 : composition en acides gras du germe de blé (ENICA)

C16 :0	C18 :0	C18 :1	C18 :2	C18 :3
11 – 20 %	1 – 6 %	13 – 30 %	44 – 65 %	1 – 13 %

Quelques produits à base de germe de Blé



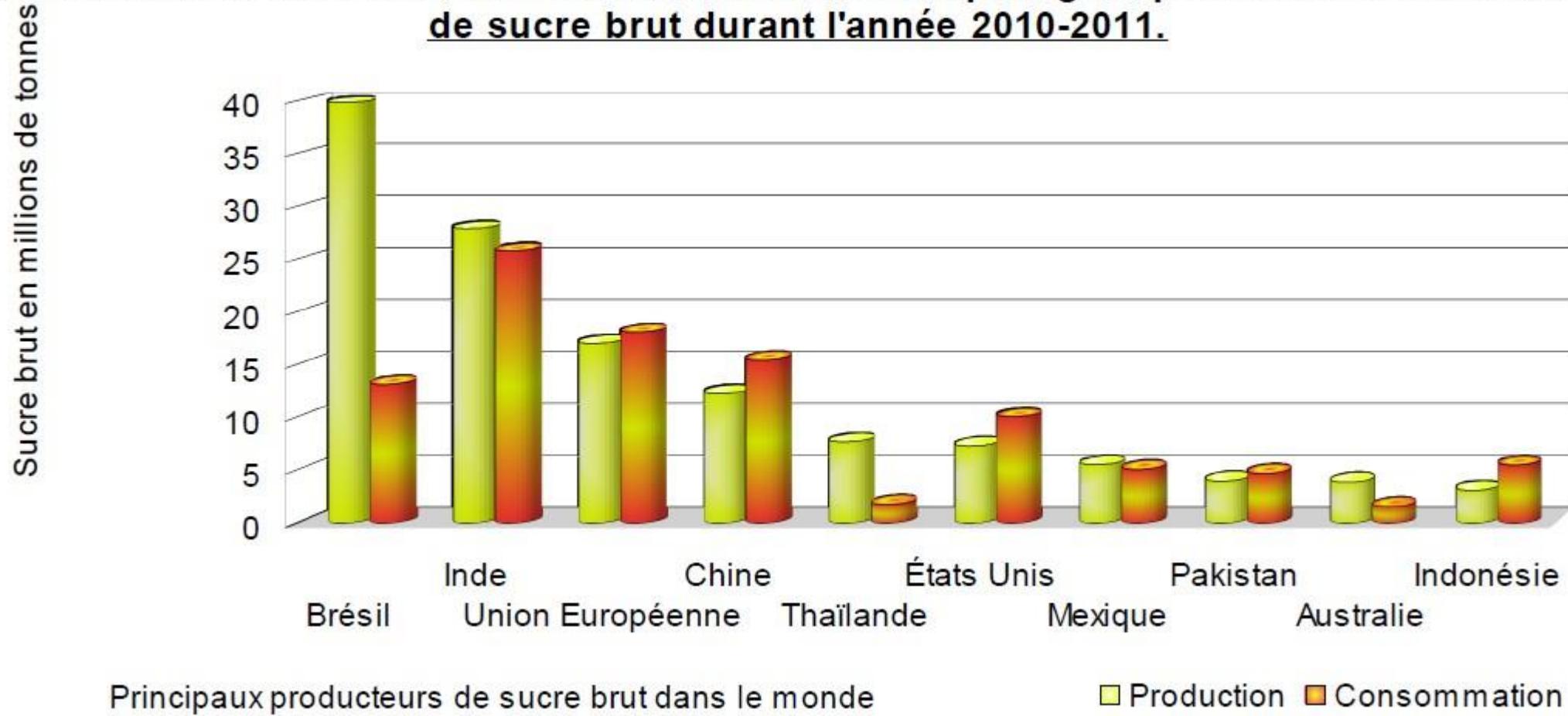
Valorisation des sous produits de l'industrie sucrerie

Définition-présentation

- L'**industrie sucrière** est l'industrie qui produit du sucré à partir de plantes telles que la canne à sucre ou la betterave.
- *La plus grande production vient de la canne à sucre*
 - *Par exemple: la **production mondiale**, qui se chiffrait à 130,5 millions de tonnes en 2000-2001, se répartit pour environ 72 % à partir de la **canne à sucre** et 28 % à partir de la **betterave**.*
- *Le sucre produit :**saccharose (disaccharide= glucose+fructose)***
- *La **sucrerie** est principalement une **industrie de séparation et de purification***

La production mondiale de sucre

Production et consommation de sucre brut des dix plus gros producteurs mondiaux de sucre brut durant l'année 2010-2011.



Production de sucre en Algérie: 3 millions de tonnes

Comment fabrique t-on du sucre ?

- La canne à sucre (*Saccharum officinarum L.*) est une plante vivace de la famille des Graminees au même titre que le ble, le riz et le maïs.
- Mais la canne à sucre n'est pas cultivée pour ses graines mais bien pour ses tiges qui renferment un jus sucré. Il s'agit d'une plante saccharifère qui produit du saccharose.

Composition de la canne à sucre

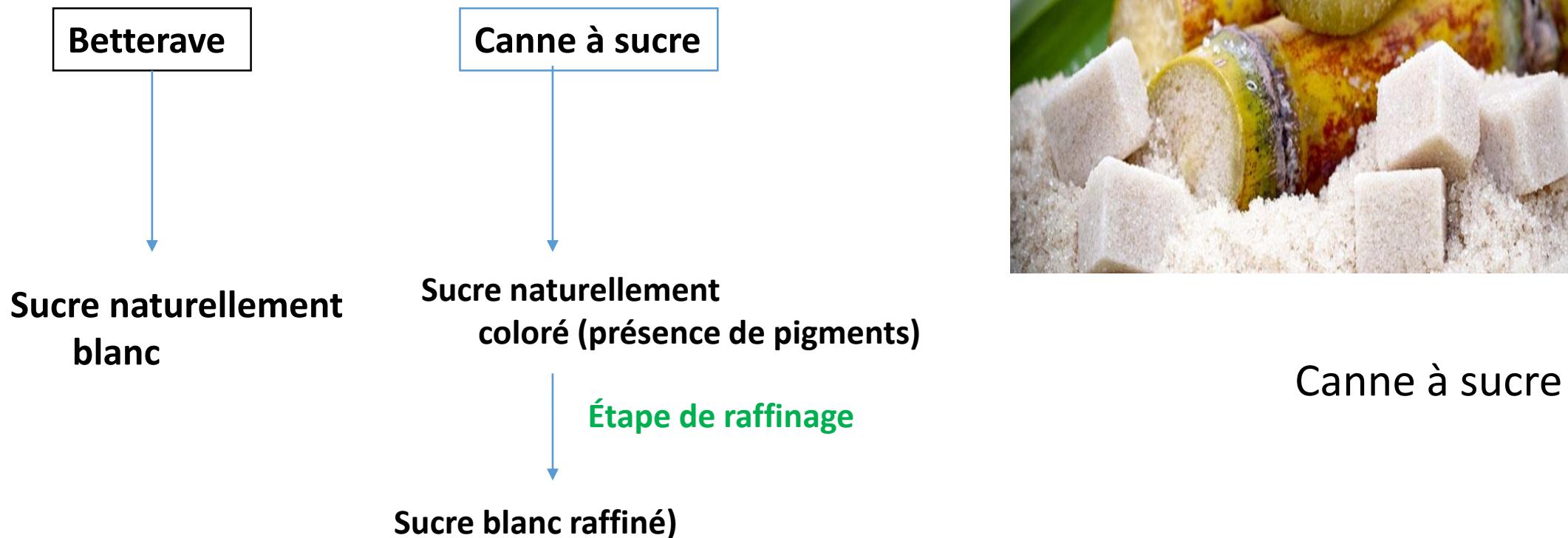
- Les principaux constituants de la canne à sucre sont le sucre et la fibre
- Selon l'état de maturité de la plante la teneur en fibre peut varier de 10 à 18%, la quantité d'eau de 72 à 77% et le saccharose de 12 à 18%.

Tableau I.2. *Composition moyenne de la canne à sucre*

Constituant	Teneur (%)
Eau	70
Fibres ligneuses	14
Saccharose	14
Impuretés	2

Comment fabrique t-on du sucre ?

- Pour extraire, concentrer et raffiner le sucre contenu dans la canne, celle-ci doit être soumise à un traitement qui est devenu très complexe avec les années. Aujourd'hui, le processus s'est grandement mécanisé et permet d'obtenir **un produit d'une grande pureté**.



Étapes de fabrication et génération des sous produits



Fleurs,
parties
supérieures



Récolte des cannes à sucre

Découpage des cannes à sucre

un flux d'eau chaude est injecté afin de faciliter l'extraction du sucre de canne.

Broyage

Résidu fibreux:
La bagasse

Jus de canne (vesou)

Sucre cristallisé

Évaporation , cristallisation

Clarification ,centrifugation

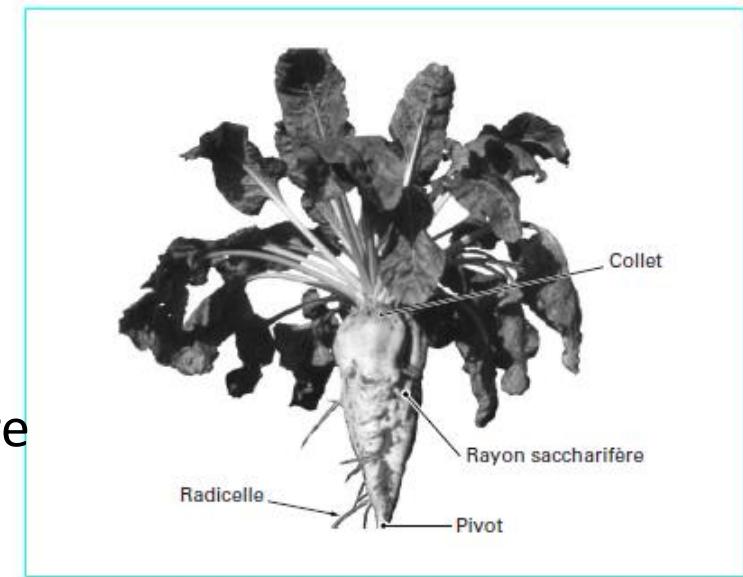
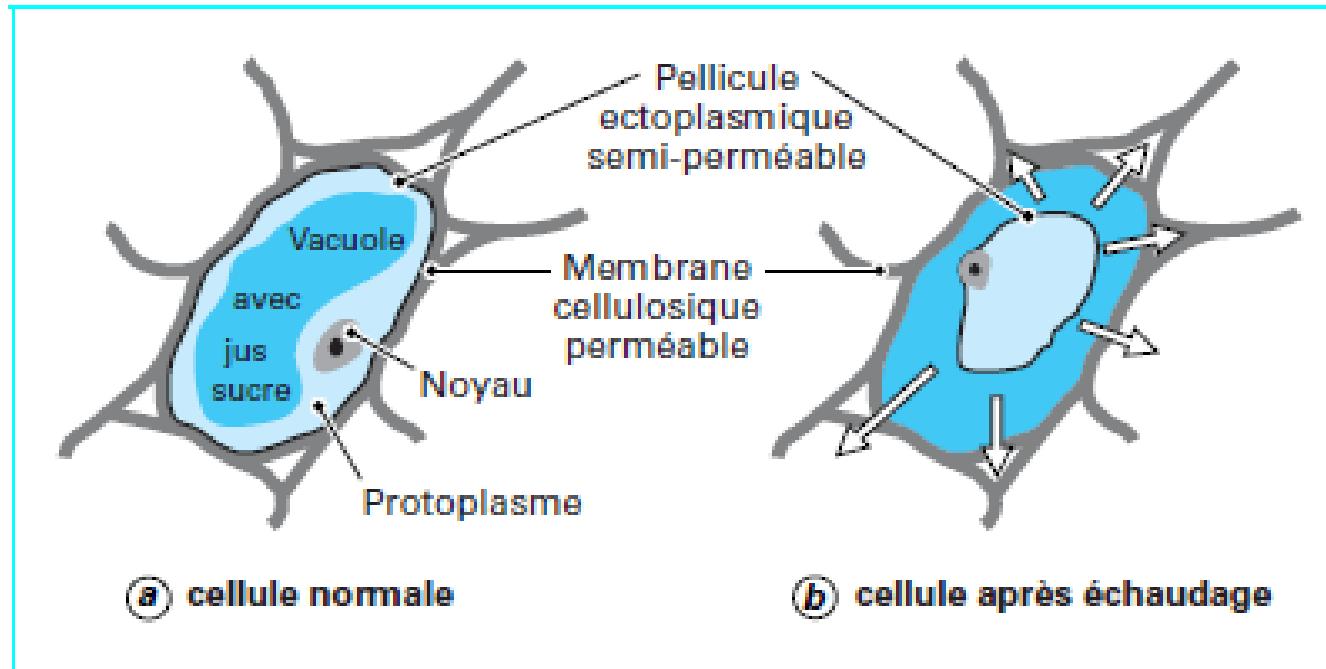
Étape de purification (chaulage)

Sirop: la Mélasse



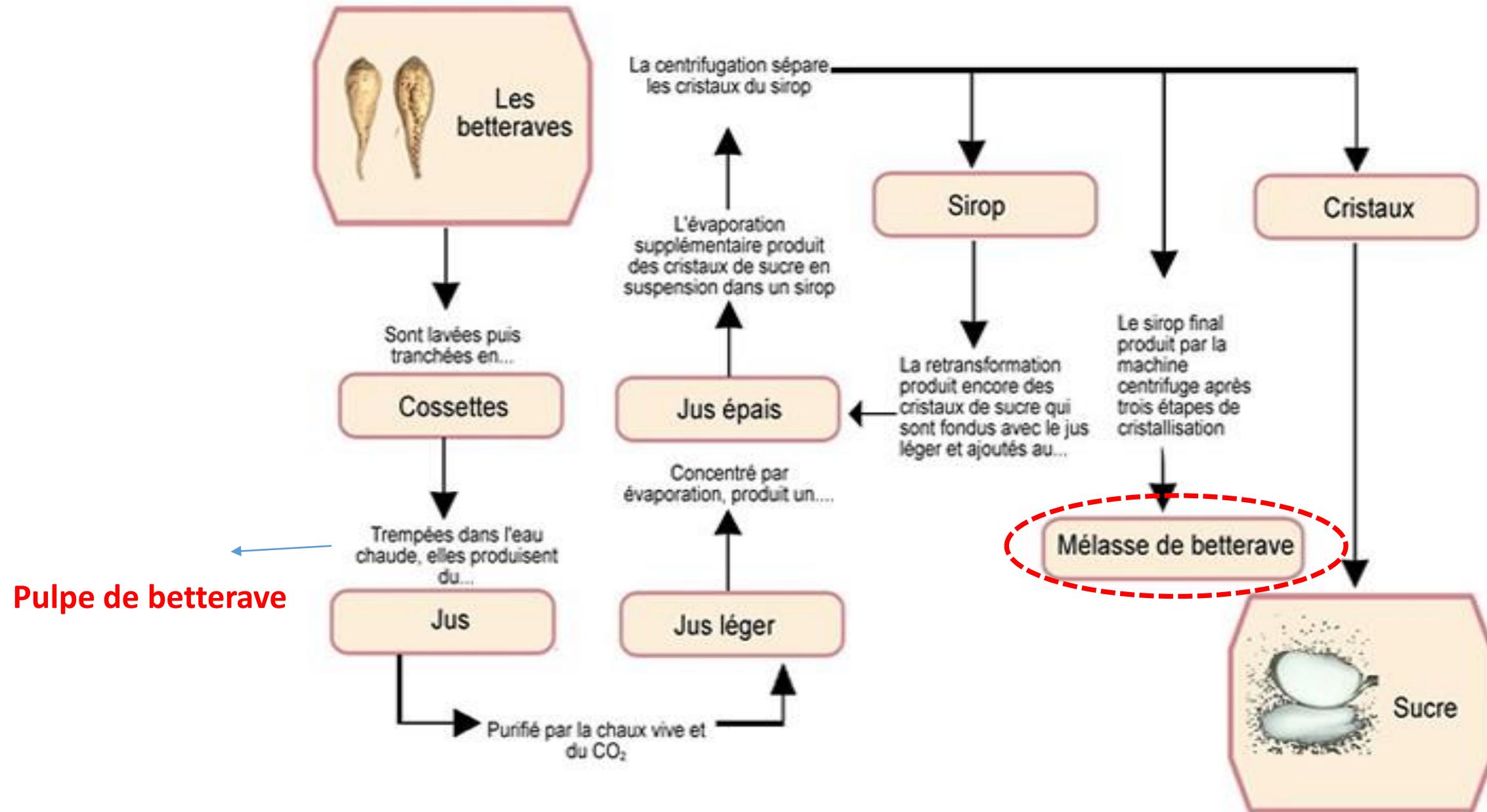
Etapes de fabrication de sucre (cas betterave)?

- La racine est la réserve où s'accumule le sucre élaboré
- à côté du saccharose noté et de l'eau, la betterave contient des non-sucres qui limitent le rendement d'extraction. Parmi ces composés, on peut citer le potassium, le sodium, le glucose, le raffinose et l'azote sous forme a-aminé.
- Contrairement à la canne, on utilise la diffusion pour récupérer le sucre



Betterave sucrière

Etapes de fabrication de sucre (cas betterave)?



Les différents sous produits de l'industrie sucrière

1. Industrie sucrière à base de la canne a sucre

- **une tonne de canne produit environ 250 a 300 kg de sous produits, soit entre 25 et 30% de la matiere premiere.**

Table 15.2 Four Main Residues of Sugarcane Industry

S. NO.	NAME OF THE BY-PRODUCTS	YEARLY PRODUCTION (APPROXIMATELY)
1	Cane tops	200 million tons
2	Bagasse	60 million tons
3	Molasses	16 million tons
4	Press mud	5 million tons

Source: Paturau, J.M. 1982b. *Alternative Uses of Sugarcane and Its Byproducts in Agroindustries*. <http://www.Fao.Org/Docrep/003/S8850e/S8850e03.htm>

Les différents sous produits de l'industrie sucrière

1. Industrie sucrière à base de la canne à sucre

- une tonne de canne produit environ 250 à 300 kg de sous produits, soit entre 25 et 30% de la matière première.

A. Les sommités de la canne à sucre

- Constitué de la partie supérieure de la canne à sucre
- Utilisation
 - alimentation animale (Les chèvres et les moutons)
 - Les hauts de canne sont collectées, hachées, séchées artificiellement et commercialisées comme fourrage grossier
 - les feuilles de canne sont une source riche en cellulose et en lignine: Ces composés peuvent être utilisés pour la production de bio polymères.

Les différents sous produits de l'industrie sucrière

B. La bagasse

- est le résidu fibreux issu de l'extraction du jus de sucre.
- Il s'agit donc d'une biomasse lignocellulosique formée par de fibres végétales broyées, et peut présenter jusqu'à 30% de la matière issue de la canne

Composition

Les composants majeurs de la bagasse de canne à sucre sont les composants macromoléculaires de la paroi cellulaire végétale.

- Elle renferme en moyenne 46-52% d'eau,
- 43- 52% de fibres (incluant **50% cellulose, 25% hemicellulose et 25% de lignine**)



Figure I.7. Bagasse de canne à sucre

Les différents sous produits de l'industrie sucrière

B. La bagasse

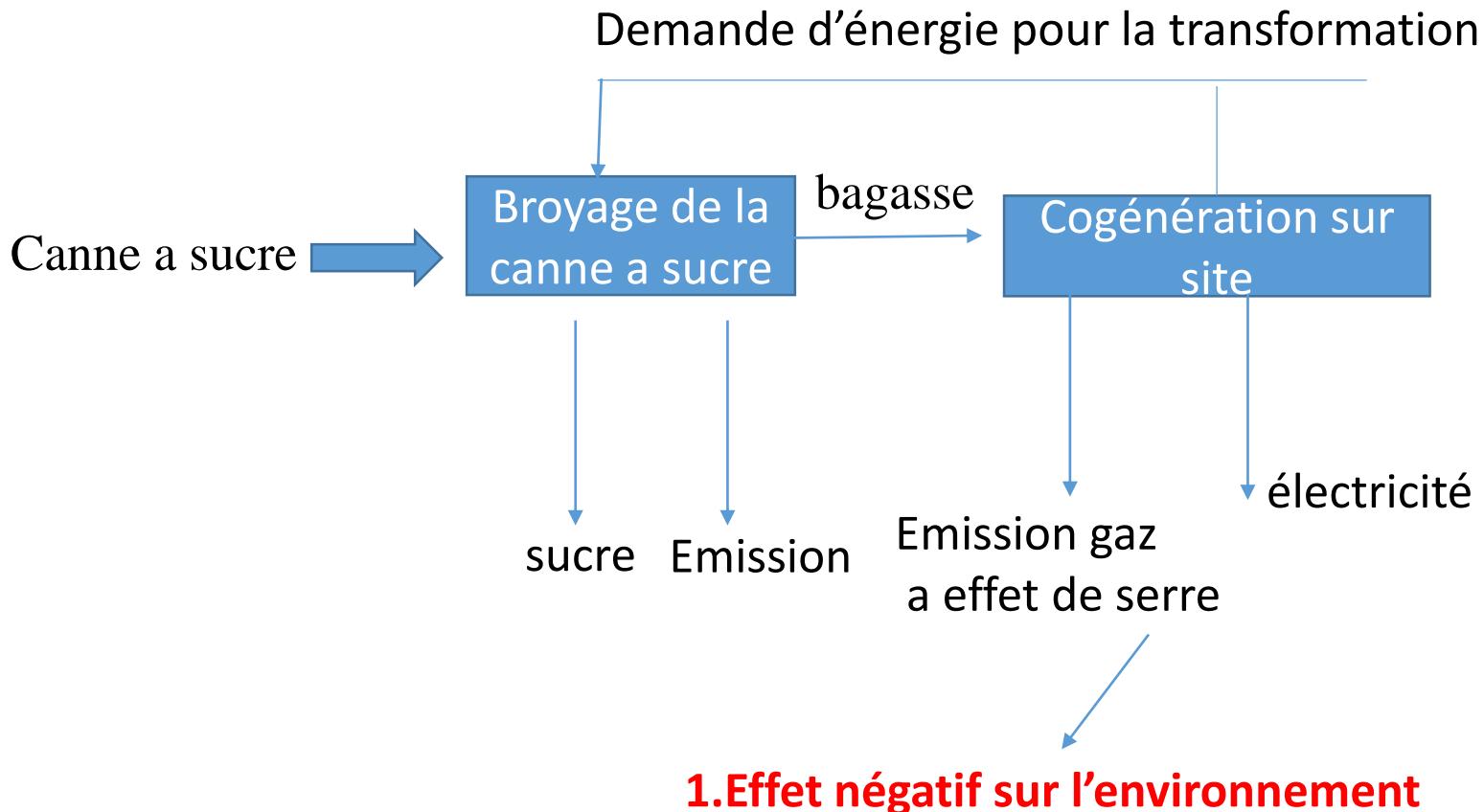
- La bagasse est fortement générée par les industries sucrières plus ou moins partout dans le monde avec une production mondiale annuelle de 234 millions de tonnes
- Sa grande disponibilité, son faible cout et sa biodégradabilité, rendent la bagasse une bonne candidate pour une valorisation et une meilleure exploitation.



Figure I.7. Bagasse de canne à sucre

Valorisation de la bagasse

- Dans le procédé typique de l'industrie sucrière , la bagasse est brûlée dans les chaudières et sert à la génération de la vapeur sous-pression nécessaire au fonctionnement de la sucrerie.
- Dans certains pays comme la Thaïlande ou en France (la Réunion) l'exces de bagasse est utilisé comme combustible dans des centrales électriques alimentées en biomasse



2. A la sortie de l'extraction, **les bagasses sont humides** ce qui nécessite leur séchage avant leur combustion (alors un coût en plus)



Nécessité d'autres **voies alternatives** de valorisation des quantités énormes de bagasse générées tous les jours

1.Effet négatif sur l'environnement

Valorisation de la bagasse (autres voies)

La bagasse de canne est l'une des meilleures matières premières pour la production des produits suivants:

2. Industrie papetière

- Un hectare de canne à sucre peut produire environ 5 tonnes de fibres par an. La majeure partie de la fibre est la cellulose (50%),
- Un pourcentage élevé de bagasse est utilisée comme matière première pour produire de l'emballage de bonne qualité et papier magazine.
- Les produits issus de la cellulose peuvent remplacer à 90 % les produits issus de bois
 - Pour la production, il faut enlever la lignine: La bagasse contenant de la lignine est traitée Avec Le champignon *Pycnoporus cinnabarinus* qui produit l'enzyme laccase, qui décompose la lignine dans les fibres de bagasse

Valorisation de la bagasse (autres voies)

3. Production de bioéthanol cellulosique

- La production de bioéthanol exige d'abord l'hydrolyse de saccharose en sucres fermentescibles
- Le Brésil est le plus producteur de bioéthanol

Etapes de fabrication

a. Prétraitement

La bagasse contient des polysaccharides, de la cellulose et des hémicelluloses, qui sont intimement associées à la lignine. Le composant lignine agit comme une barrière physique et doit être enlevé pour rendre les glucides disponibles pour d'autres processus de transformation: augmente l'accessibilité des enzymes pour hydrolyser la cellulose

Valorisation de la bagasse (autres voies)

3. Production de bioéthanol cellulosique

b. Hydrolyse de la cellulose

- Hydrolyse fournit des sucres fermentescibles: glucose et fructose
 - *Microorganismes responsables : Aspergillus niger, Aspergillus awamori, Trichoderma reesei, and Phanerochaete chrysosporium.*

c. Fermentation

- Fermentation des sucres par les micro-organismes entraîne la conversion du sucre en éthanol.
 - Microorganismes potentiels utilisés pour la production d'éthanol cellulosique comprennent deux types MO thermophiles: *Clostridium thermocellum* et la levure *Thermoanaerobacterium saccharolyticum*
 - Pendant la fermentation, l'éthanol et le dioxyde de carbone sont formés



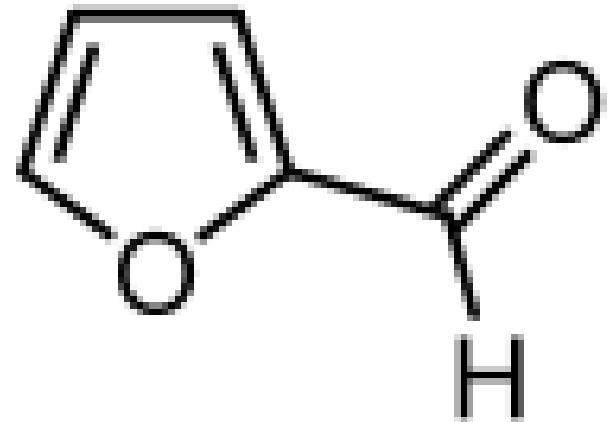
Valorisation de la bagasse (autres voies)

3. Valorisation de la lignine en industrie chimique

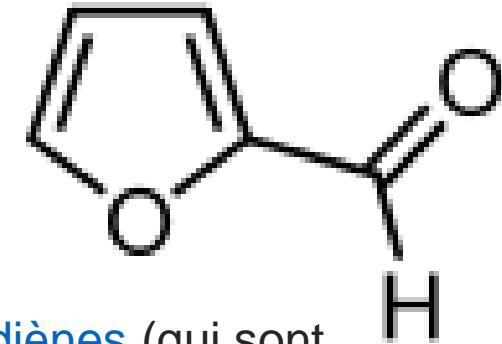
- La bagasse contient 25% de lignine qui peut contenir des applications variées.
- Un grand potentiel existe pour son utilisation dans l'industrie chimique.
- Il est techniquement possible d'obtenir des phénols pour la production des adhésifs, résines, fongicides, produits vétérinaires, insecticides

4. Production du furfural

- un composé chimique industriel
- Le nom *furfural* vient du mot latin *furfur*, qui signifie son, par référence à la source la plus courante.
- c'est un liquide huileux incolore à l'odeur d'amandes



4. Production du furfural

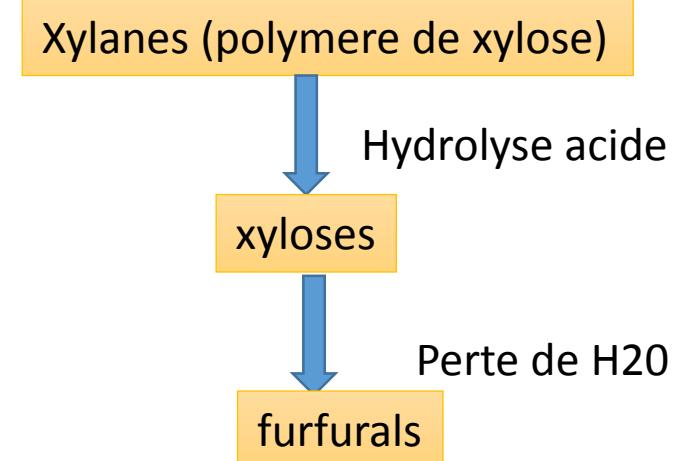
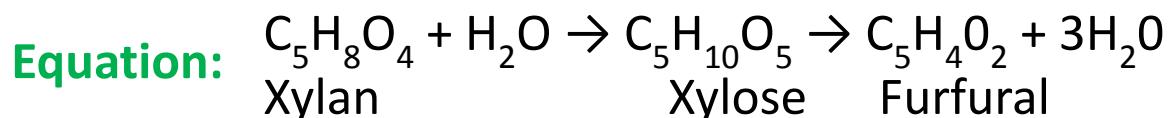


□ Utilisation du furfural

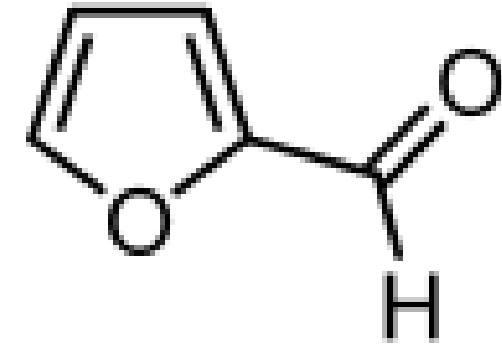
- Le furfural est utilisé comme solvant en raffinage pétrochimique pour séparer les diènes (qui sont utilisés pour fabriquer le caoutchouc synthétique)
- Le furfural, avec son odeur épicée et amandée, est utilisé dans la fabrication d'arômes chocolat, caramel, beurre, noix cannelle, café
- Le furfural est également utilisé dans la production de solvants comme les furanes et le tétrahydrofurane.

□ Production du furfural à partir de la bagasse

- La bagasse riche en fibres = riches en hemicelluloses
- La production du furfural est issue des pentoses (xylases)
- Dans la bagasse, il y a des xylanes (polymères de xyloses)



4. Production du furfural



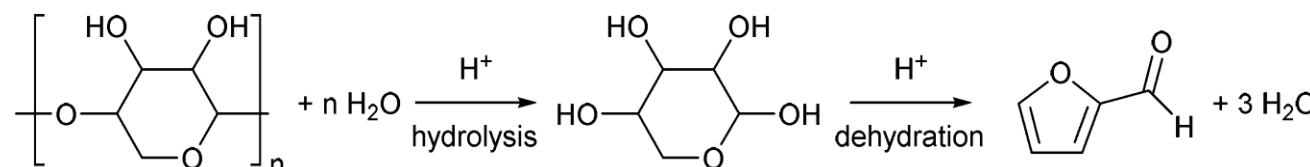
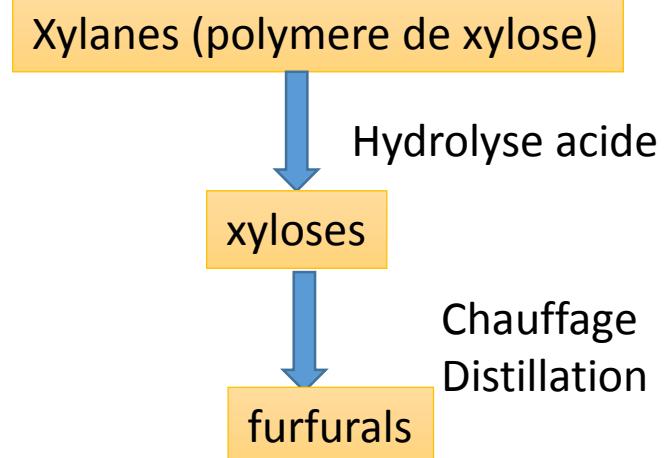
□ Production du furfural à partir de la bagasse

- Dans la pratique, environ **25 tonnes de bagasse permet de produire** 1 tonne de furfural.
- Le coût de production est d'environ 450 USD par tonne de furfural.
- **Pour la production de furfural:**

1. La bagasse est traitée avec **différents acides** (acide acétique, acide formique, l'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique) et autoclavés pendant 30, 60 et 90 min avec le rapport solide-liquide de 1:15 à 110 ° C.

2. Distillation

3. La séparation eau-furfural et la purification



Pentosan
Xylan
Hemicellulose
(polymer)

Pentose
Xylose
C5 sugar
(monomer)

Furfural

Valorisation de la mélasse

La mélasse



- La mélasse est **l'un des sous-produits** les plus importants de la production sucrière processus..
- La mélasse contient **35% de saccharose**, des sucres réducteurs (glucose, fructose) et d'autres produits comme des **minéraux** et des **vitamines**.
- Elle est produite a raison de **30 kg/tonne** de canne soit 3% de la matière première.
- Une bonne partie de la mélasse produite par les sucreries est **utilisée pour la production du rhum** industriel. Une autre fraction est destinée vers **l'alimentation animale**.

Valorisation de la mélasse



1. Production de rhum

- **Le rhum:** distillat alcoolique
- Il est produit à partir du **jus fermenté de la canne à sucre**, de la canne à sucre, le sirop, la mélasse de canne à sucre ou d'autres sous-produits de la canne à sucre.
- Il a un goût caractéristique et arôme qui contient moins de **96% d'alcool**.
- La majeure partie de la **production mondiale de rhum** se produit dans les **Caraïbes Et l'Amérique latin**

Les étapes de fabrication

- **Les principes de base** de la fabrication du rhum sont assez simples.
- Les ingrédients:
 - la mélasse de la canne à sucre, l'eau et la levure

La mélasse est diluée avec de l'eau pour avoir une concentration de 15%



une culture de levure pure est ajoutée à Le mélange



Fermentation: transformer le sucre de mélasse en alcool.



Distillation

a.Fermentation

- Microrganismes responsables: genre *Saccharomyces*
- Levure convertit 88-90% de **sucres fermentescibles** en **éthanol** et en **dioxyde de carbone**.
- La fermentation prend environ **30 h.**
- ce mélange (leveure+ mélasse) est appelé le «lavage vivant» « live wash »

b. Distillation

- Distillation: A la fin du processus de fermentation, le Liquide restant, qui est appelé «**lavage mort**», est utilisé pour la **distillation**.
- La distillation **sépare** l'alcool du mélange fermenté pour avoir le rhum réel.
- Durant ce processus, les **substances indésirables** sont **éliminés** et les composés souhaitables sont récupérés



Produit pur

Valorisation des sous produits de la fromagerie

- Les industries laitières sont l'une des principales industries de fabrication de différents produits dans le monde entier.
- Cette industrie génère **un grand volume de sous-produits** pendant la transformation du lait et par conséquent des problèmes de gestion /utilisation des sous produits
- Ces sous produits présentent des DBO et DCO élevées: danger pour l'environnement
- La **composition** des sous produits: protéines, sucres, lipides, minéraux, vitamines



Valorisation des sous produits de la fromagerie

- L'un des **sous produits** de la fabrication du fromage est : **Le lactosérum**
Partie liquide obtenu après égouttage du caillé



- La **production** mondiale de lactosérum est d'environ **120 millions de tonnes** et
Une grande partie reste **inutilisée**

- On distingue deux types de lactosérum:

lactosérum acide ($\text{pH} < 5$): issu de la coagulation lactique ou mixte: moins riche en lactose, riche en minéraux (calcium et phosphore) du à la déminéralisation des caséines



lactosérum doux ($\text{pH } 6-7$): issu de la coagulation enzymatique (présure)



Valorisation des sous produits de la fromagerie

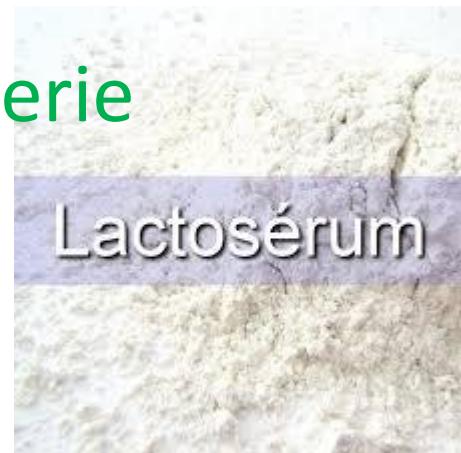


Table 1.1 Les caractéristiques de la composition du lactosérum doux et du lactosérum acide

Composants	Lactosérum doux (g/L)	Le lactosérum acide (g/L)
Total des solides	63,0 à 70,0	63,0 à 70,0
Lactose	46,0 à 52,0	44,0 à 46,0
Protéines	6,0-10,0	6,0-8,0
Calcium	0,4-0,6	1,2-1,6
Phosphate	1,0-3,0	2,0-4,5
Lactate	2,0	6,4
Chlorure	1,1	1,1



La composition du Lactosérum

- Le lactosérum de caséine et de caséine contient approximativement
 - 4,5-5,0% (poids / volume) de lactose,
 - 0,8% (p / v) de protéine de lactosérum,
 - 1,0% (p / v) de sel,
 - 0,1% de vitamines: B12, B5, B6, riboflavine, biotine, acide ascorbique
 - 0,1 % acide lactique
- Le lactose est le principal composé responsable de la DBO de lactosérum
- La protéine de lactosérum est un mélange de protéines qui ont une valeur biologique de 100, qui est supérieure à celle de la protéine de soja, de bœuf ou le gluten de froment, et ont une teneur élevée en acides aminés soufrés (méthionine et cystéine)

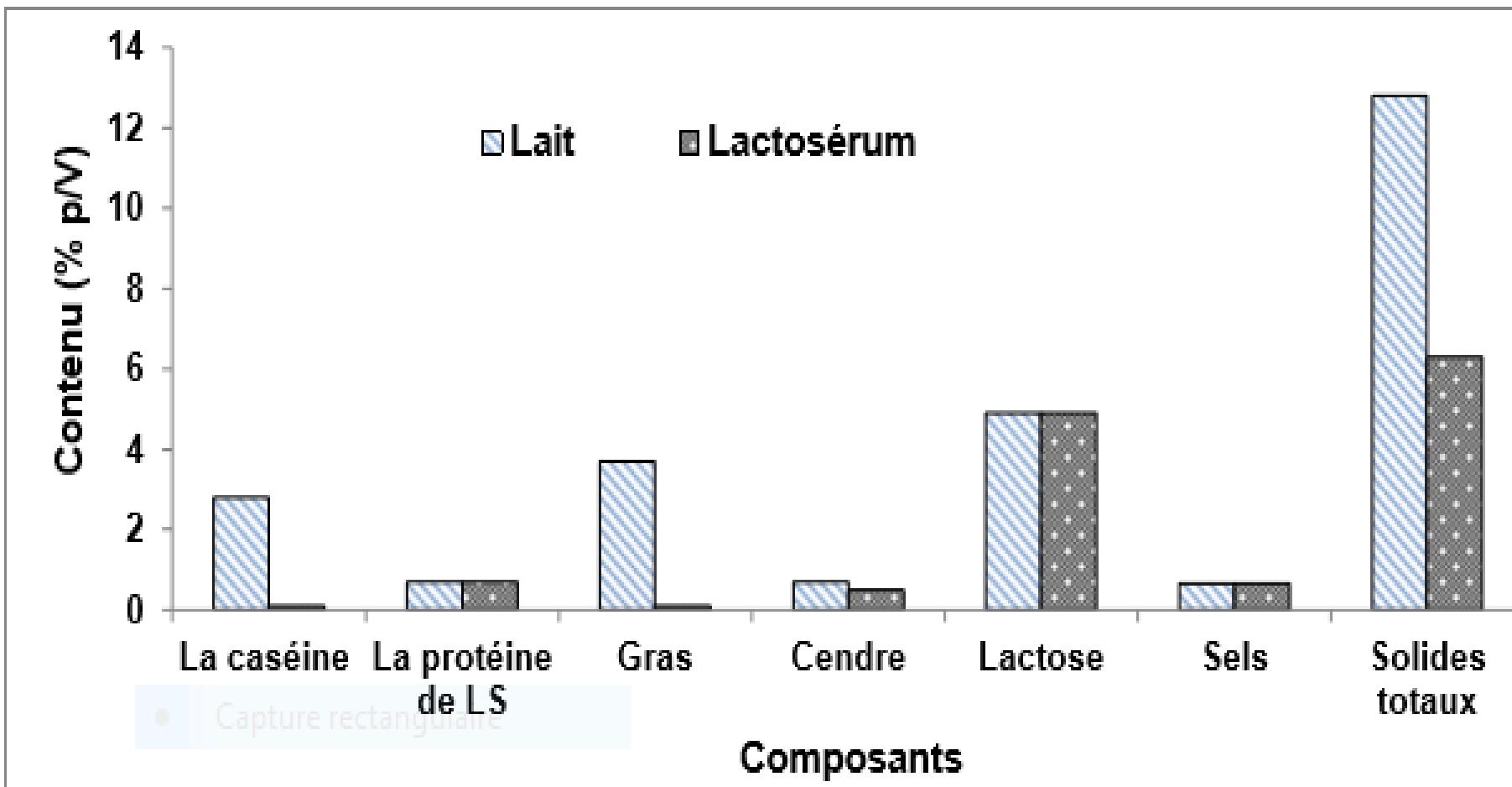
La composition du Lactosérum

Table 1.6 La composition protéique et les caractéristiques des protéines du lactosérum

Protéines	Composition	Masse	moléculaire	pH isoelectrique
	(% m/m)	(kDa)		(pl)
Immunoglobulines (Igs)	8,0	150-1000		5,5-8,3
Albumine de sérum de boeuf (ASB)	5,0	66,0		5,13
Lactoferrine (Lf)	1,0	76,5		9,5-10,0
β -Lactoglobuline (β -LG)	40-50	18,3		5,35-5,49
α -Lactalbuline (α -LA)	12-15	14,0		4,2-4,5
Glycomacropeptide (GMP)	12,0	6,8		4,3-4,6
Proteose-peptone	0,19	4-22		-
Lactoperoxidase (LP)	0,5	78,0		9,5

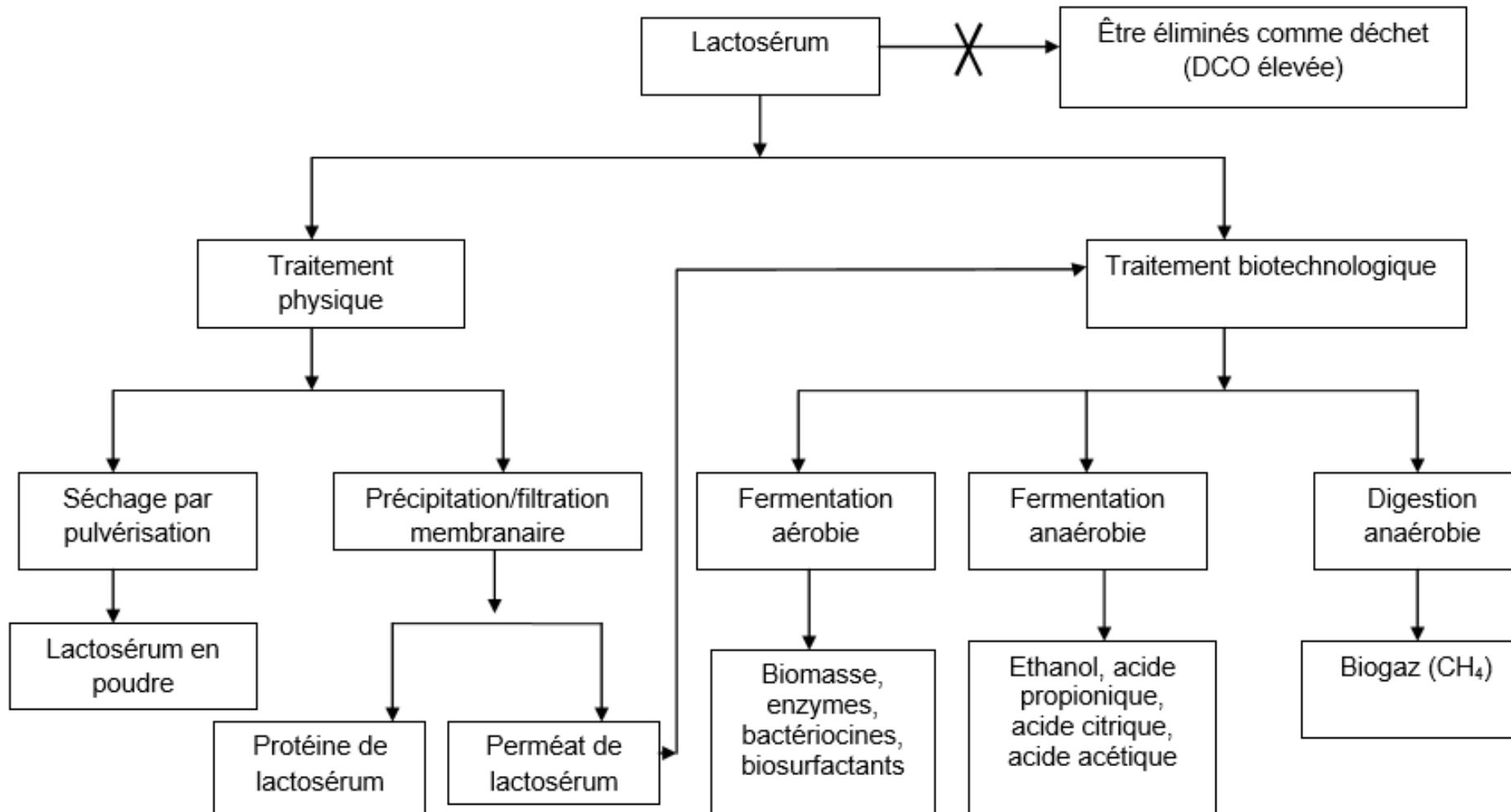
La composition du Lactosérum

Comparaison entre la composition de lactosérum et le lait de vache



Utilisation et valorisation du Lactosérum

- Environ 50% du total de lactosérum produit dans le monde est traité et transformé en différents produits alimentaires dont environ : 45% sont utilisés directement sous forme liquide, 30% sous forme lactosérum en poudre, 15% comme lactose et divers sous-produits, et le reste sous forme des concentrés de protéines de lactosérum



Utilisation et valorisation du Lactosérum

1. Fabrication de boissons à base de lactosérum: jus et lactosérum

- ✓ Utilisation du lactosérum dans la fabrication de boissons
- ✓ La diversification des produits peut être faite en utilisant du petit lait comme substitut de l'eau sans modification de sa composition

Quelques exemples

➤ Selon l'étude de Djuric et coll. (2004):



Boissons base de lactosérum
(35%)

Lait → pasteurisation → coagulation → Lait coagulé → filtration → lactosérum



Différentes formulations: jus de fruits (pêche, orange...) + lactosérum (2-4%)



la boisson à base de pêche-lactosérum (6% de matière sèche) et 2% de saccharose et ayant un pH de 3,6 s'est avérée être la meilleure combinaison: meilleure qualité nutritionnelle

+
Acide citrique
Saccharose

Utilisation et valorisation du Lactosérum

1. Fabrication de boissons fermentée a base de lactosérum

- Fabrication d'une boisson fermentée a base de lactosérum

➤ Selon l'étude de Khamuri et Rajorhia (1998):

- Une boisson de **jus de kinnow** préparée au lactosérum par fermentation
 - Utilisation du lactosérum comme substrat aux MO fermentaires
- La **fermentation** permet:
 - des nutriments de lactosérum complexes sont convertis en **des nutriments simples**
 - augmente la quantité **d'acides aminés** facilement **digestibles**
 - le lactosérum salé fermenté par *Lactobacillus acidophilus* avait **une action antagoniste** contre *Escherichia coli*
 - la production de nombreux **peptides biologiquement actifs**: ↗ qualité nutritionnelle

Utilisation et valorisation du Lactosérum

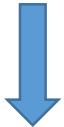
2. Fabrication de boisson probiotique a base de lactosérum

- Fabrication d'une boisson probiotique a base de lactosérum
- Le meilleur moyen d'obtenir une boisson probiotique à base de lactosérum est: filtrer et pasteuriser le lactosérum, puis fermenter avec les microbes désirés.

Lactosérum (de préférence lactosérum doux)



Filtration et pasteurisation



Addition des MO désirés

NB. Il est préférable d'utiliser un lactosérum déprotéiné: boisson clair et pas de sédiments

2. Recuperation d'éléments nutritifs précieux

Protéines de lactosérum

- Les protéines obtenues à partir du lactosérum sont reconnues pour leurs nombreuses applications, notamment, dans les industries alimentaires et pharmaceutiques.
- Il existe plusieurs produits utiles, obtenus à partir d'un simple traitement physique du lactosérum liquide contenant **différentes teneurs en protéines**



- les concentrés de protéines sériques «**WPC**- whey protein concentrate»)
- l'isolats de protéines sériques («**WPI**- whey protein isolate») (

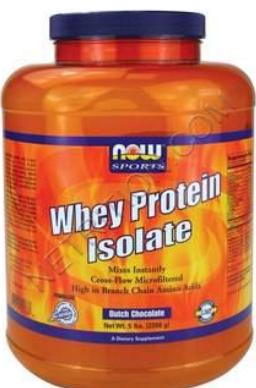


Table 1.5 Les caractéristiques des différents produits protéiques issus du lactosérum

Produits	Protéines (%)	Lactose (%)	Matières grasses (%)	Cendres (%)	Humidité (%)
Poudre de lactosérum doux	11,0-14,5	63,0-75,0	1,0-1,5	8,2-8,8	3,5-5,0
Poudre de lactosérum acide	11,0-13,5	61,0-70,0	0,5-1,5	9,8-12,3	3,5-5,0
Lactosérum réduit en lactose	18,0-24,0	52,0-58,0	1,0-4,0	11,0-22,0	3,0-4,0
Lactosérum dématérialisé	11,0-15,0	70,0-80,0	0,5-1,8	1,0-7,0	3,0-4,0
WPC34	34,0-36,0	48,0-52,0	3,0-4,5	6,5-8,0	3,0-4,5
WPC50	50,0-52,0	33,0-37,0	5,0-6,0	4,5-5,5	3,5-4,5
WPC60	60,0-62,0	25,0-30,0	1,0-7,0	4,0-6,0	3,0-5,0
WPC75	75,0-78,0	10,0-15,0	4,0-9,0	4,0-6,0	3,0-5,0
WPC80	80,0-82,0	4,0-8,0	4,0-8,0	3,0-4,0	3,5-4,5
WPI	90,0-92,0	0,5-1,0	0,5-1,0	2,0-3,0	4,5

2. Recuperation d'éléments nutritifs précieux

Protéines de lactosérum

Comment obtenir la Whey Protein?

- L'**ultrafiltration**, la **microfiltration** sont les techniques les plus efficaces actuellement pour isoler les protéines de la **whey**. Maintenant, on extrait et purifie même les protéines mineures de **petit lait** qui ont une activité biologique (lactoferrines, immunoglobulines...).

L'**ultrafiltration** permet de récupérer les protéines de **lactosérum (whey)** sous forme non dénaturée et à des concentrations correctes

sans chauffer le lactosérum.

Le procédé d'**ultrafiltration** utilise des membranes avec des trous microscopiques qui permettent de retenir les **protéines de whey** et de laisser passer l'eau, le lactose, les sels minéraux.

La **microfiltration** permet de séparer plus précisément les deux protéines du lait, la **whey** contenue dans le **lactoserum (petit lait)** et la **caseine** (80% des protéines du lait). La **microfiltration** est un procédé similaire à l'**ultrafiltration** et utilise aussi les membranes le tout sous pression. La différence se situe au niveau des trous microscopiques de la membrane qui sont plus gros pour la microfiltration.

2. Recuperation d'éléments nutritifs précieux

Protéines de lactosérum

Schéma de traitement d'isolat protéique de lactosérum (WPI)

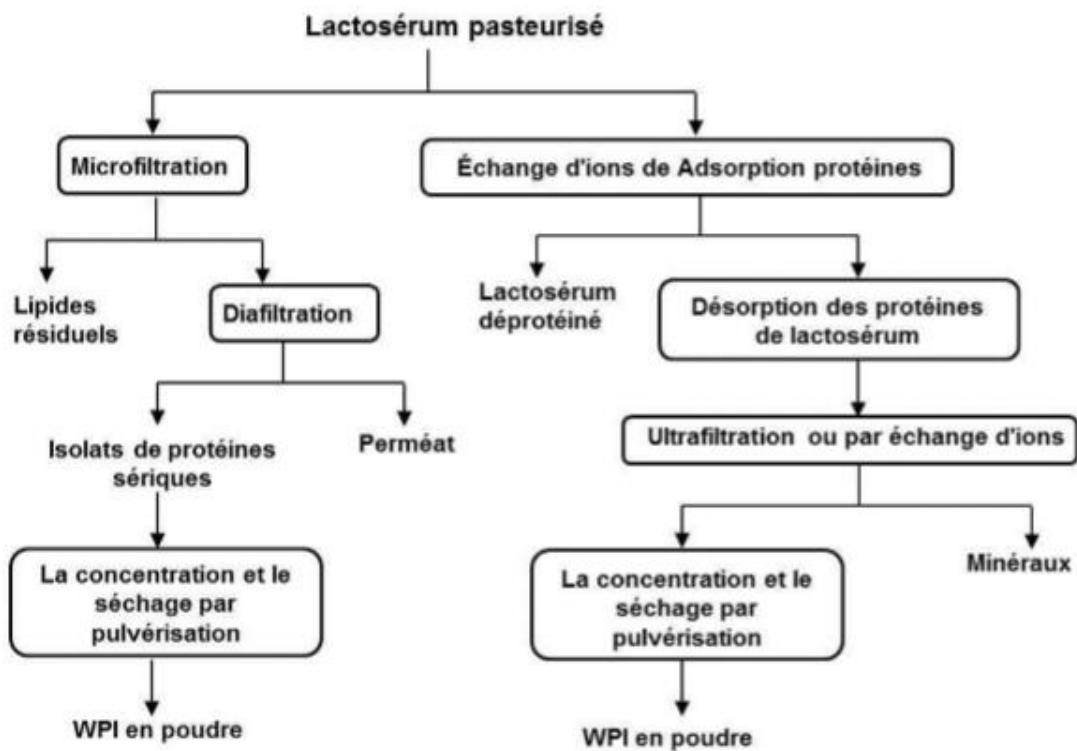
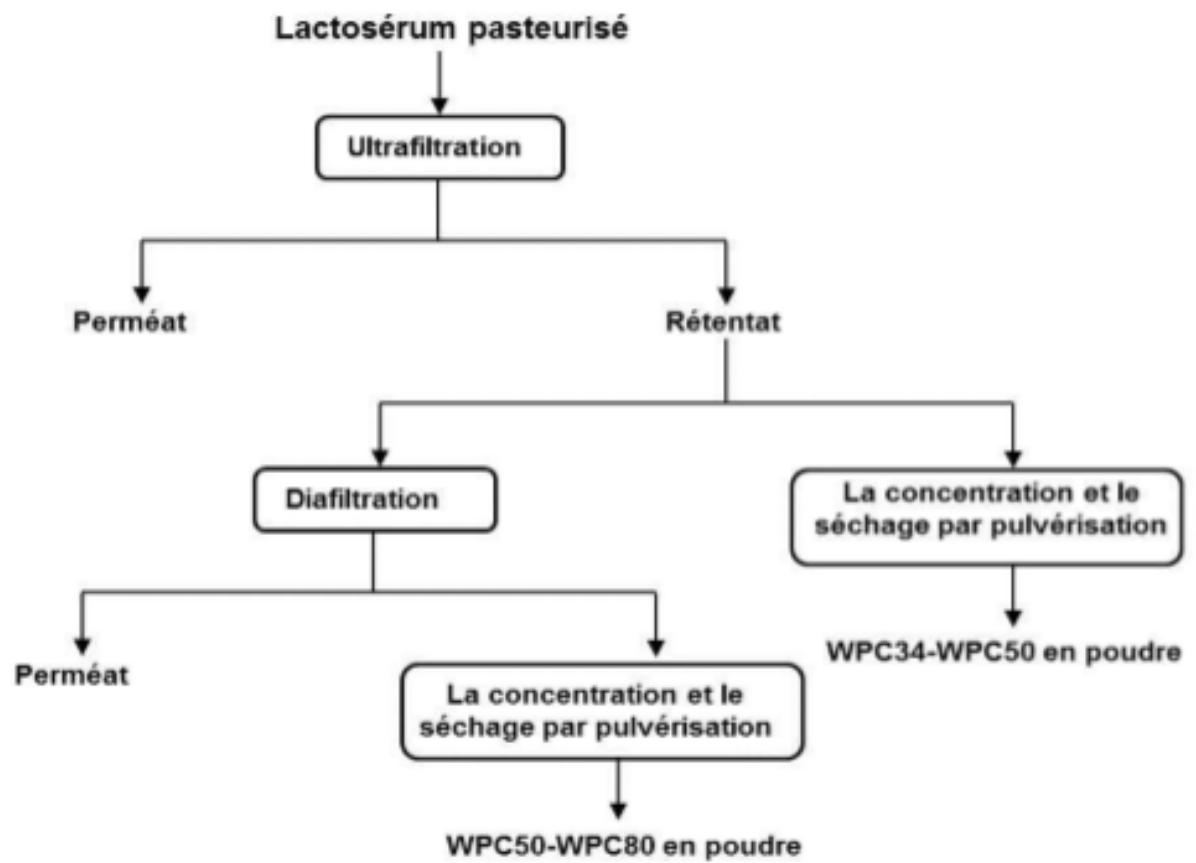
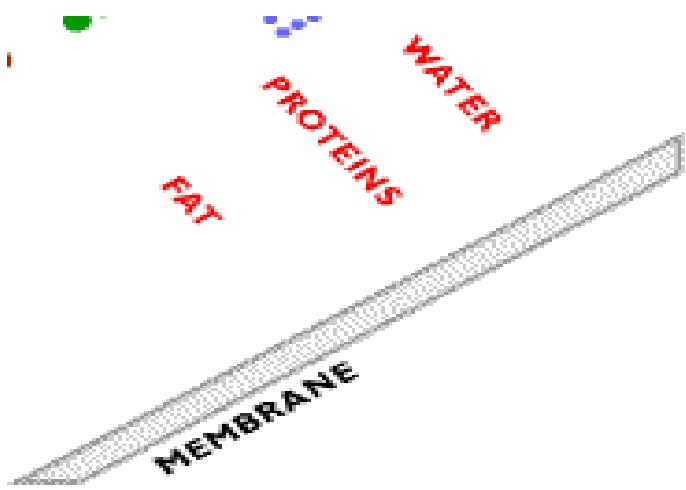


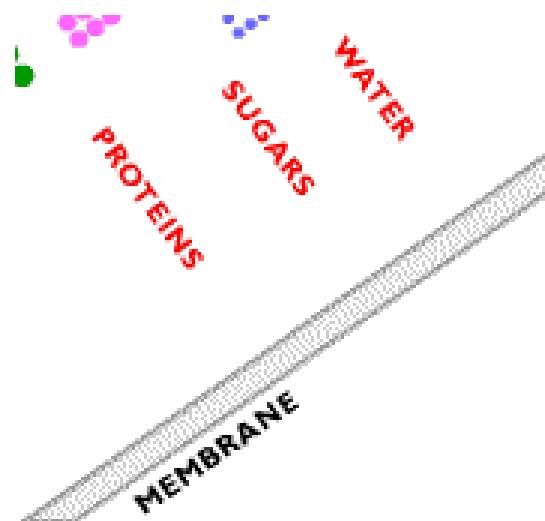
Schéma du traitement de concentrés de protéines sérielles (WPC)



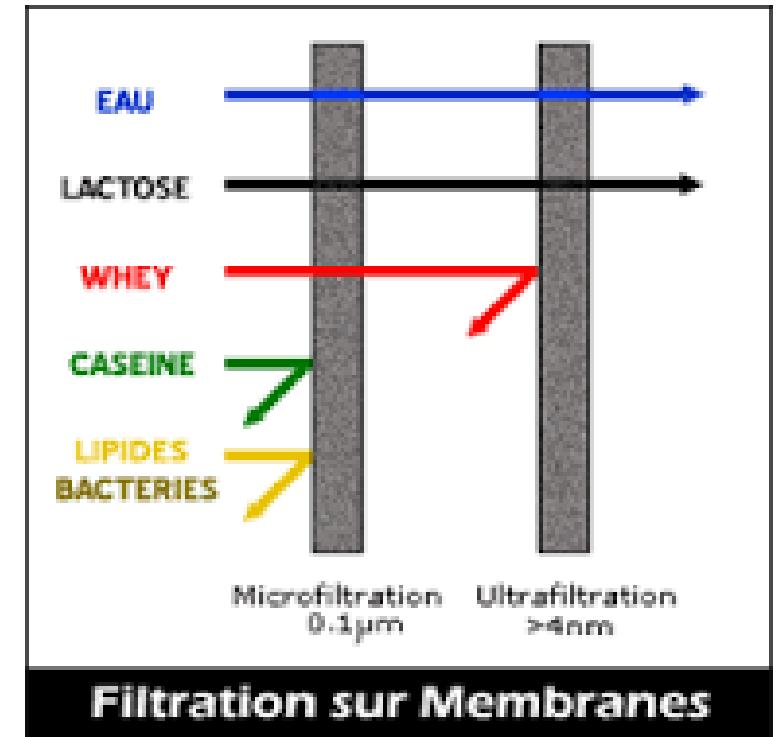
Microfiltration et l'ultrafiltration



Microfiltration



Ultrafiltration



Filtration sur Membranes

Valorisation des sous produits de la pêche

- Selon un rapport des Nations unies, **la consommation mondiale** de poisson a atteint **158 millions de tonnes** en 2012.
 - Produits de pêche: crustacés, poissons....
 - Les industries de la pêche et de l'aquaculture **génèrent une quantité considérable** de coproduits au cours des opérations de transformation:
 - le filetage, l'étêtage, l'éviscération, le pelage, ...etc.
- Ces coproduits également appelés « 3ème filet » par extension, sont principalement composés de têtes, de viscères, de peaux et d'arêtes.
- On estime que **50 % du poids de la production mondiale** de poissons sont écartés **comme coproduits** lors des opérations de transformation



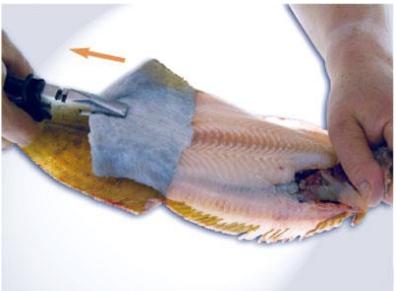


Les sous produits de la pèche

ETÊTER UN POISSON

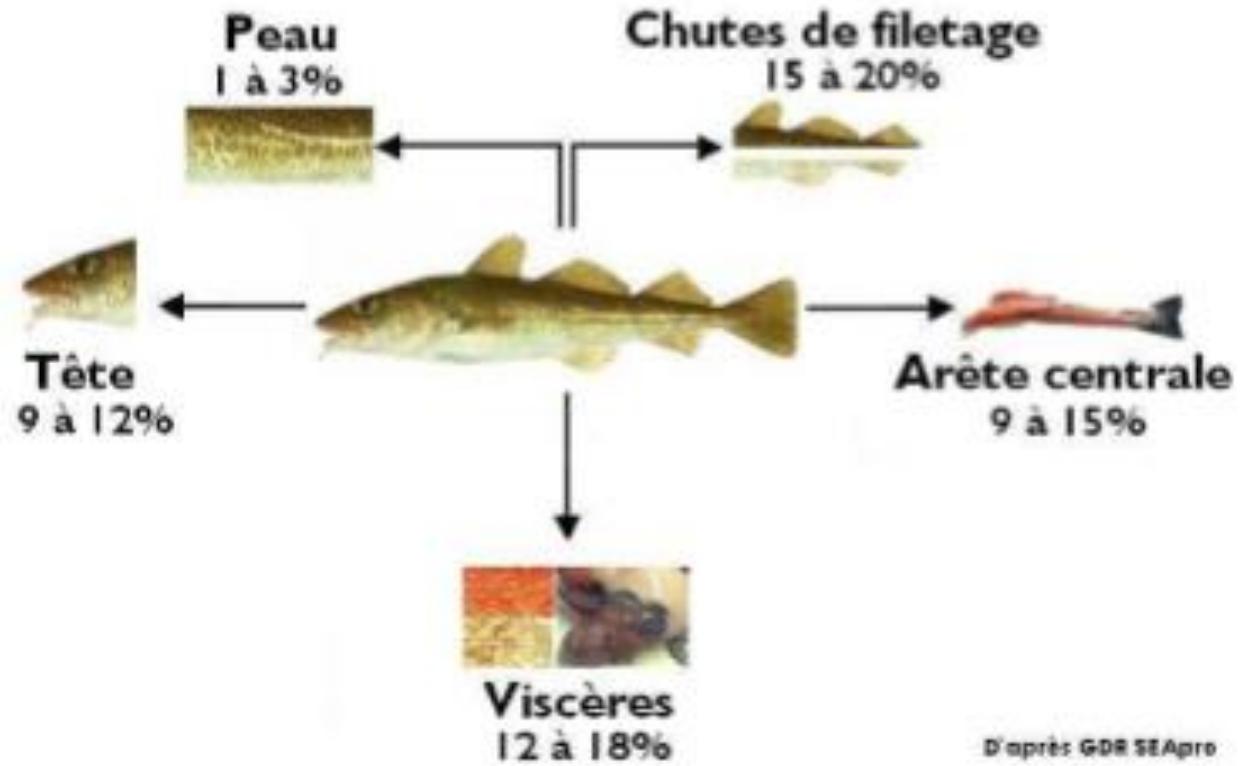


EVISCÉRER UN POISSON



FILETER UN
POISSON

PELER UN POISSON



D'après GDR SEApro

La composition des sous produits de la pèche

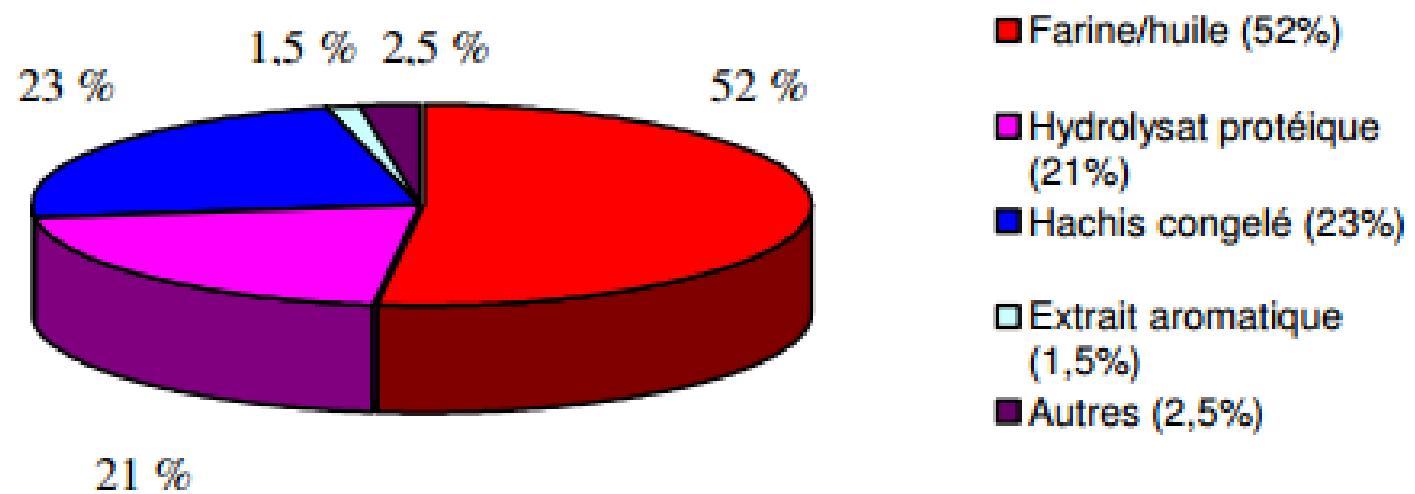
- Exemple les sous produits du Saumon

Tableau IV.1. Composition physico-chimique de la tête, du filet de saumon provenant des salaisons André Ledun et d'une portion de chair du filet de saumon^a.

Composés	Tête de saumon (% de poids frais)	Filet de saumon (% de poids frais)	Chair du filet de saumon (% de poids frais) ^a
Lipides totaux	21,5 ± 0,4	15,0 ± 0,5	2,9 ± 0,4
Protéines (NT × 6,25)	15,0 ± 0,1	18,2 ± 0,5	20,3 ± 0,4
Humidité	67,8 ± 1,3	66,0 ± 0,5	75,1 ± 0,9
Cendres	2,6 ± 0,6	1,3 ± 0,1	0,9 ± 0,02
Potassium	0,14	nd	nd
Sodium	0,013	nd	nd
Magnésium	0,042	nd	nd
Calcium	0,13	nd	nd

Valorisation et utilisation les sous produits de la pêche

- A partir d'un coproduit donné (viscères, têtes, arêtes, peaux par exemple), il est possible d'obtenir différents produits commerciaux qualifiés de « produits dérivés » et non de « produits finis ». Ces produits dérivés peuvent trouver leur application dans trois grandes catégories d'utilisation : **l'alimentation humaine, l'alimentation animale et en cosmétiques.**



Répartition de coproduits de la filière aquacole en terme de valorisation en France en 2002 (d'après Andrieux, OFIMER 2003)

Valorisation et utilisation les sous produits de la pêche

1. Quelques **produits dérivés** destinés à l'alimentation humaine ou animale

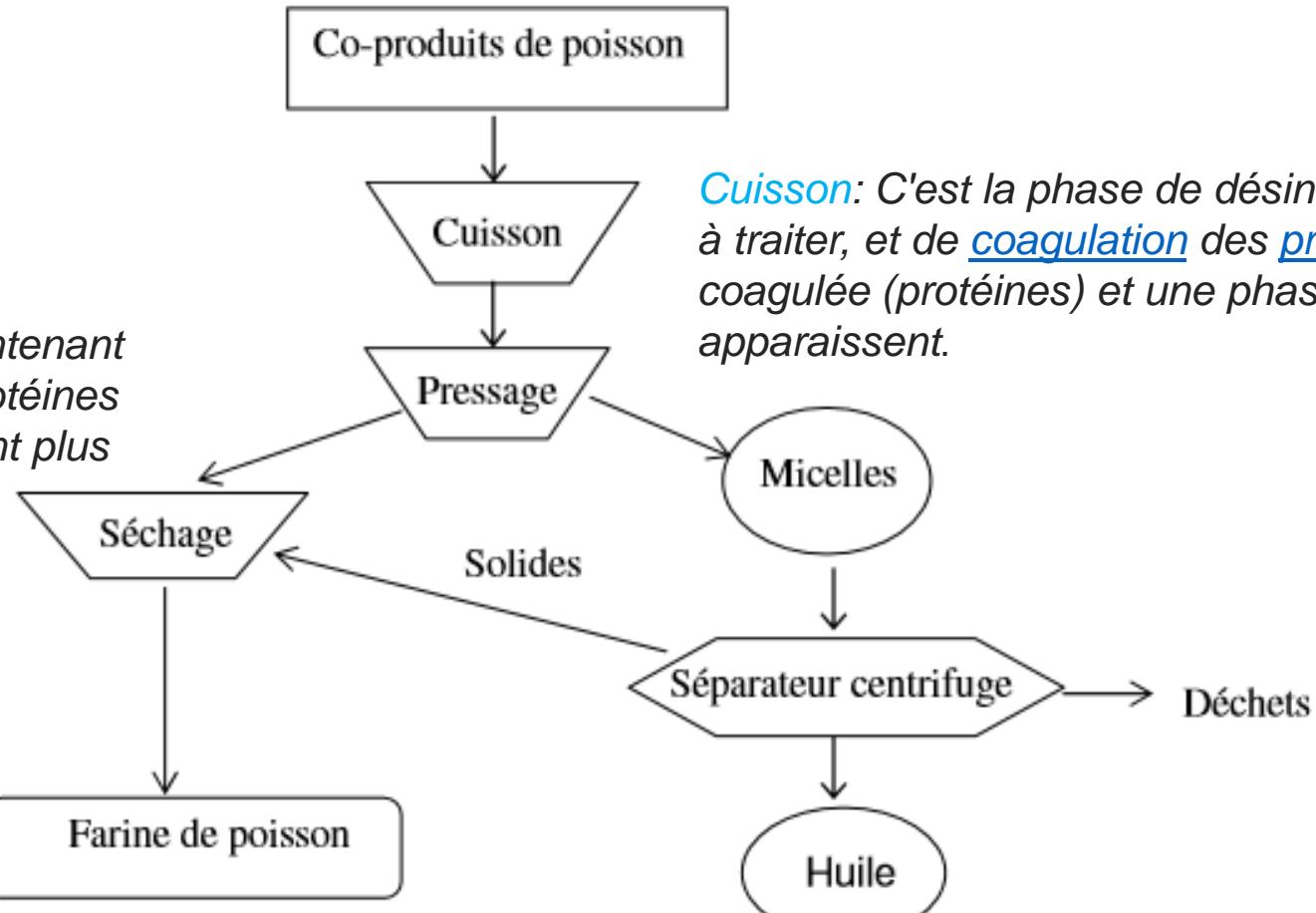
A. Les farines et huiles brutes de poisson

- La **farine de poisson**, destinée principalement à l'alimentation animale, est une source importante de protéines (60 à 70 g / 100 g) et de lipides (5 à 10 g / 100 g).
- Dans le monde, **les farines de poisson** sont produites en grande partie à partir de **poissons gras** (90 %) tels que la **sardine**, l'**anchois**, le capelan, le menhaden et à partir d'un peu moins de 10 % d'abats de morue et de haddock (Barlow, 2003).
- **Les huiles** sont obtenues après cuisson, pressage et centrifugation des coproduits, les farines correspondent au résidu séché et broyé
- Aujourd'hui, le **marché** des **farines de poisson** est restreint et **réorienté** vers les huiles. Environ 74500 tonnes de coproduits sont transformés en farine et huile chaque année en France avec une production de 15000 tonnes de farine et de 5000 tonnes d'huile

Valorisation et utilisation les sous produits de la pêche

1. Quelques **produits dérivés** destinés à l'alimentation humaine ou animale

phase solide (le « gâteau »), contenant 60 à 80 % de matière sèche (protéines et matière osseuse) ne contenant plus d'huile,



Alimentation animale

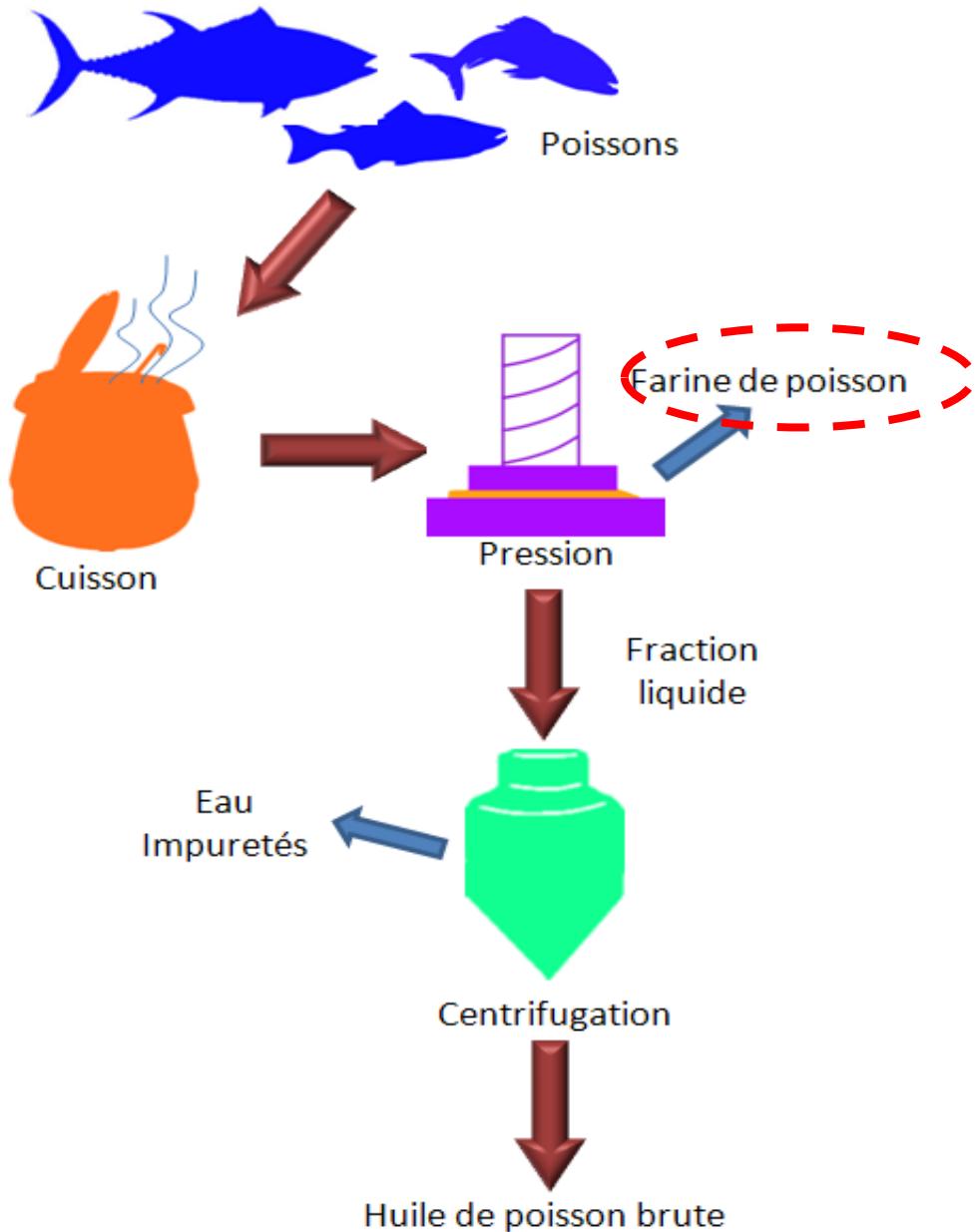
- Alimentation humaine (prévention maladies cardiovasculaires)
- Industrie pharmaceutique
- Alimentation des animaux d'élevage



Evolution du prix de la farine de poisson



Après le poulet industriel, le poisson de l'aquaculture industrielle



B. Les hydrolysats de protéines

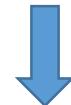
- Les hydrolysats de poisson sont obtenus par hydrolyse enzymatique des co-produits.
- Ils se présentent sous la forme de farines solubles avec une granulométrie très fine.
- Ils sont utilisés à 90 % en aquaculture.
- Ils sont aussi destinés à l'alimentation des jeunes animaux d'élevage afin de favoriser leur croissance.

Les étapes à suivre:

- Extraction
- Hydrolyse protéique

Extraction et hydrolyse des protéines à partir du poisson ?

- Le concentrat protéique est obtenu par élimination des constituants non protéiques, essentiellement les lipides, l'eau et les substances minérales.



On utilise les solvants organiques tels que l'isopropanol, le dichloroéthylène.

Isolat: > 90 %
concentrat: minimum 65 %
Farine: < 65 %

- Concernant les isolats protéiques, c'est la fraction protéique qui est isolée du milieu complexe. L'opération s'effectue la plupart du temps par une solubilisation des protéines dans un milieu approprié tel que les solutions salines, suivie d'une précipitation des protéines par différentes méthodes (précipitation isoélectrique, relargage par modification de la force ionique, coagulation par la chaleur).

□ Hydrolyse des protéines

- Ces dernières années, une attention particulière est aussi accordée aux enzymes digestives de poisson et invertébrés marins.
- Ils ont classé ces enzymes en deux grands groupes : les protéases gastriques et les protéases intestinales. Ce sont les pepsines, les chymosines, les gastricsines, les trypsines, les chymotrypsines, les collagénases et les élastases.

C. Hachis congelé

- Il est obtenu par broyage des co-produits, filtration et congélation en bloc. C'est la troisième valorisation en masse réalisée en France (33000 tonnes en 2002).
- Le hachis est utilisé pour la fabrication d'aliments pour animaux de compagnie

Autres produits dérivés

Ce sont des produits spécifiquement destinés à être incorporés dans les plats cuisinés, comme ingrédients diététiques et cosmétiques :

- Les pulpes alimentaires : obtenues par séparation mécanique de la chair des chutes de parage de filets, de la chair adhérente à l'arête osseuse et/ou à la tête.
- Les ingrédients diététiques et nutraceutiques : huiles de poisson raffinées (riches en vitamines A et D, et en acides gras “oméga-3”), gélatine, lécithines marines, compléments en minéraux, chondroïtine sulfate.
- Les ingrédients cosmétiques : chitine, collagène, élastine, kératine et squalane.

Valorisation des sous produits des abattoirs



Sous produits d'abattoir

Animal



abattage

carcasse

viande

Produits 5^{ème} quartier
(parties non viande)



la découpe

(graisses animales, os, coproduits de découpe,
pieds , etc.)

Valorisation des sous produits des abattoirs

Sous produits d'abattoir

➤ Les sous produits peuvent avoir **deux destination** différente:

- **les sous-produits animaux**, non destinés à rentrer dans le circuit de l'alimentation humaine: on peut distinguer 3 catégorie
 - **les matières propres à la consommation humaine**
 - les abats et produits tripiers
 - les coproduits alimentaires (sang, os et graisses animales), non ingérables directement, mais introduits après transformation dans le circuit alimentaire
 - les peaux dont une fraction peut être destinée à la fabrication de gélatine.

les abats rouges, qui ne nécessitent pas de préparation préalable importante. Ils sont épluchés, désossés et découpés puis consommés (coeur, foie, rognons, onglet, langue, joue, queue, pieds, etc.) ;

les abats blancs, qui subissent plusieurs traitements (lavage, échaudage, blanchissage, etc.) avant d'être préparés puis consommés (cervelle, tripes, estomac, oreilles, etc.).

Utilisation non alimentaire des sous produits des abattoirs

- La valorisation non alimentaire du « cinquième quartier », c'est-à-dire autre qu'en alimentation humaine concerne donc les tissus ainsi qu'une partie des abats. Parmi ces sous-produits, on retrouve :
 - les peaux et cuirs ;
 - les suifs et les graisses de récupération ;
 - les os ;
 - les boyaux ;
 - le sang ;
 - les glandes et organes opothérapeutiques (le pancréas, la vésicule biliaire, les testicules, les capsules surrénales, la vessie, la verge, la thyroïde, l'épiploon, le mésentère) ;
 - les cornes, les sabots, les onglons, les soies et les poils ;

Utilisation non alimentaire des sous produits des abattoirs

il ressort qu'un animal de **650 kg** donnant **304 kg** de carcasse fournira **170 kgs** de produit appartenant au **5ème quartier** dont **76 kg d'abats**. Ces derniers sont d'importance pondérale très différentes. Six éléments représentent à eux seuls 80 % du poids total :

- le foie : 4 % ;
- le cuir : 20 à 30 % ;
- la tête : 9 à 11 % ;
- le sang : 8 à 12 % :
- le tractus digestif : 15 à 18 % ;
- le gras : 5 à 11 %

Utilisation non alimentaire des sous produits des abattoirs

Les voies de valorisation :

1. Fabrication de **farine animale**: destinée pour l'alimentation

Farines animales : farine **de viandes**, farine **d'os**, farine de **sang**, farine de **plumes hydrolysées** et farine **d'abats de volailles**. Ces farines se différencient essentiellement par leur teneur en protéines riches, en acides aminées et leur teneur en matières grasses résiduelles.

2. Valorisation du sang

- Le sang est un liquide biologique riche en protéines (plusieurs applications)
- **Mais** il n'est pas ou mal récupéré dans beaucoup de cas.
- La valorisation du sang revêt donc **deux aspects** :
 - une mise à profit de sa valeur de composition ;
 - une lutte contre la pollution de l'environnement.

Utilisation non alimentaire des sous produits des abattoirs

2. Valorisation du sang

il faut savoir que la récupération et la valorisation hors équarrissage varient selon les espèces animales :

- pour les ovins, caprins, équidés, la récupération est faible (50 %) et la valorisation quasiment nulle (3,5 %) ;
- pour les porcins, la récupération est forte (78 %) et la valorisation assez importante (37 % dont 36 % en alimentation humaine : boudin) ;
- pour les bovins et les veaux, **la récupération est forte (78 %)**, mais la valorisation faible (**12 %**).
➤ ce **produit fragile** devra être recueilli avec un minimum de précautions pour préserver ses qualités dont dépendront celles de produits finis, c'est-à-dire une récolte hygiénique, un empêchement de la coagulation du sang et une conservation au froid dans des cuves réfrigérées.

Utilisation non alimentaire des sous produits des abattoirs

2. Valorisation du sang

➤ Opération du traitement du sang

- la congélation ;
- la séparation des constituants par centrifugation permettant d'obtenir plasma et cruor ;
- l'ultrafiltration et osmose inverse du sérum ou du plasma ;
- la concentration ou cryoconcentration, dont le but est d'abaisser le taux d'humidité entre 20 et 35 % ;
- l'évaporation ;
- la déshydratation afin d'abaisser à moins de 10% le taux d'humidité.

Utilisation non alimentaire des sous produits des abattoirs

2. Valorisation du sang

➤ Utilisation du sang

- **l'alimentation du bétail** : c'est toujours le débouché le plus important. On utilise, à cette occasion, du sang ou du cruor déshydraté. L'équarrissage fabrique ainsi des farines de sang (cuisson) ou des poudres (atomisation) contenant de 85 % à 95 % de protéines de bonne qualité, 80 à 90 % de lysine.
- **l'alimentation des animaux de compagnie** (marché des « Pet-food ») ;
- **la pisciculture** ;
- **l'industrie des engrais.**

Utilisation non alimentaire des sous produits des abattoirs

3. Valorisation des corps gras

- Trois catégories de corps gras sont récupérées à l'abattoir : ce sont les saindoux (porc), les suifs (bovin) et les graisses de récupération :
- **Les produits fabriqués à partir de ces graisses sont destinés à :**
 - **l'alimentation animale** : ce secteur reste le premier utilisateur des graisses animales. Le développement de ce débouché pour l'avenir sera amoindri par la concurrence des matières grasses d'origine végétale ;
 - **la lipochimie** : les suifs sont utilisés pour la fabrication de savons, en stéarinerie (bougies) et pour l'extraction d'acide gras. L'ensemble de ces productions est fortement concurrencé par les produits issus de la pétrochimie qui reste très compétitive malgré la hausse des prix des produits pétroliers..

Utilisation non alimentaire des sous produits des abattoirs

4. Valorisation des os

Après séparation éventuelle des viandes attenantes aux os pour l'industrie des plats cuisinés, les os ont essentiellement deux destinations : **la fabrication de gélatine ou la transformation en farine d'os.**



La fabrication de gélatine

50 % de la gélatine produite en France provient de la transformation de l'osséine (riche en collagène) extraite de l'os déminéralisé par acidification.

Outre son débouché alimentaire (60 % de la production de gélatine), la gélatine est utilisée selon sa qualité pour :

- l'industrie cosmétologique ;
- la fabrication de textiles, colles et papiers .

➤ **La transformation en farine d'os**

- Les os peuvent servir pour la fabrication de farine d'os. L'intérêt de ce produit est sa richesse en matière minérales ainsi qu'en protéines (36 à 40 % dont essentiellement du collagène).
- Cette farine est utilisée en alimentation animale en la mélangeant avec de la farine de viande qui apporte les protéines.