



↻ 3^{ème} année Ingénieur en Agronomie
↻ Matière : Techn.I.A.A



Chapitre 2 : Technologie des corps gras



I. Généralités sur les Corps Gras

1. Données sur les corps gras

1) Les corps gras, présents dans les tissus animaux et végétaux sont souvent définis par leur **insolubilité** dans **l'eau** et leur **solubilité** dans les **solvants organiques**.

« **C'est une substance naturelle ou élaborée, d'origine animale ou végétale, contenant principalement des triglycérides** »

2) Les lipides constituent un groupe plus **hétérogène** (glucides et protéines), et sont classés en:

- ✓ Lipides **simple**, constitués de C,H,O
- ✓ Lipides **complexes**, constitués de C,H,O,S,P,N

3) Les **corps gras** sont sur le plan nutritionnel, les éléments ayant la **valeur énergétique** la plus élevée (1 g = 9Kcal = 37.6 Kj)

4) Les corps gras **alimentaires (CGA)** sont des produits :

- ✓ couleur **jaunâtre** ;
- ✓ Au toucher **onctueux** ;
- ✓ Le plus souvent de saveur **fade** ;
- ✓ Bien conservés, ils doivent présenter une **acidité** pratiquement **nulle** (neutres).

5) Les **CGA** comprennent **les huiles et graisses** d'origine végétale ou animale, **les beurres et les margarines**. Les premières sont composées uniquement de **triglycérides** et quelques constituants **mineurs**, tandis que les beurres et les margarines sont des **émulsions d'une phase aqueuse et une phase grasse**.

- 6) Les CGA sont constitués principalement de lipides qui sont des **esters d'acides gras et d'alcool**.
- 7) Les lipides se présentent soit sous forme **apparente** tels que le beurre, l'huile, ou sous forme **dissimulée** dans les aliments tels que le lait, les fromages, les œufs,...

2. Constituants des huiles

Les huiles sont des mélanges complexes constitués de:

97 à 99 % de **triglycérides** ou **acylglycérols** ;

1 à 2 % **d'acides gras** libres, de **phospholipides**,
mono et **diglycérides** ;

0,5 à 1 % de composés mineurs : **pigments**,
hydrocarbures, stérols, vitamines, alcools.

II. Propriétés physicochimiques des Acides Gras

Les acides gras se distinguent par :

- ✓ **Longueur** de chaîne (nombre d'atomes de carbone);
- ✓ Nombre de **doubles liaisons** (AGS, AGMI, AGPI);
- ✓ la position sur la chaîne **hydrocarbonée** et la configuration spatiale (ou géométrie) de ces insaturations (isomères **cis, trans**);
- ✓ Les principales propriétés des acides gras sont liées à leur **insaturation**.

1. Propriétés physiques

1. Etat naturel et aspect

- ✓ Les corps gras purs sont **incolores**.
- ✓ Leur coloration **jaune à brun** est due à la présence de **pigments**.
- ✓ Les corps gras **végétaux** contiennent toujours de la **chlorophylle**.
- ✓ A l'état pur, ils conservent **l'odeur caractéristique** de la matière première dont ils proviennent.

2. Densité

- ✓ Les acides gras sont constitués d'atomes **légers** (hydrogène et carbone).
- ✓ Leurs molécules sont **volumineuses mais peu denses**.
- ✓ Leur **masse volumique est inférieure à celle de l'eau**, ce qui explique que **les lipides flottent** à la surface.

3. Solubilité

- Les acides gras à plus de **8 carbones** sont **insolubles dans l'eau**.
- Ils **sont solubles dans les solvants organiques** : éther, chloroforme, benzène.
- Chaque acide gras possède deux zones :
 - Chaîne **carbonée hydrophobe** (repousse l'eau).
 - Groupement **carboxylique polaire et hydrophile** (attire l'eau).
- La **solubilité** dépend de la proportion entre ces deux zones.
- **L'acide butyrique (C4)** est **soluble dans l'eau**, mais la solubilité **diminue avec la longueur de la chaîne**.
- À partir de **C10**, les acides gras deviennent **insolubles** et peuvent s'organiser :
 - En **film moléculaire** (mono-, bi- ou multicouche) à l'interface eau-air.
 - En **micelles** (émulsion) (Figure1).

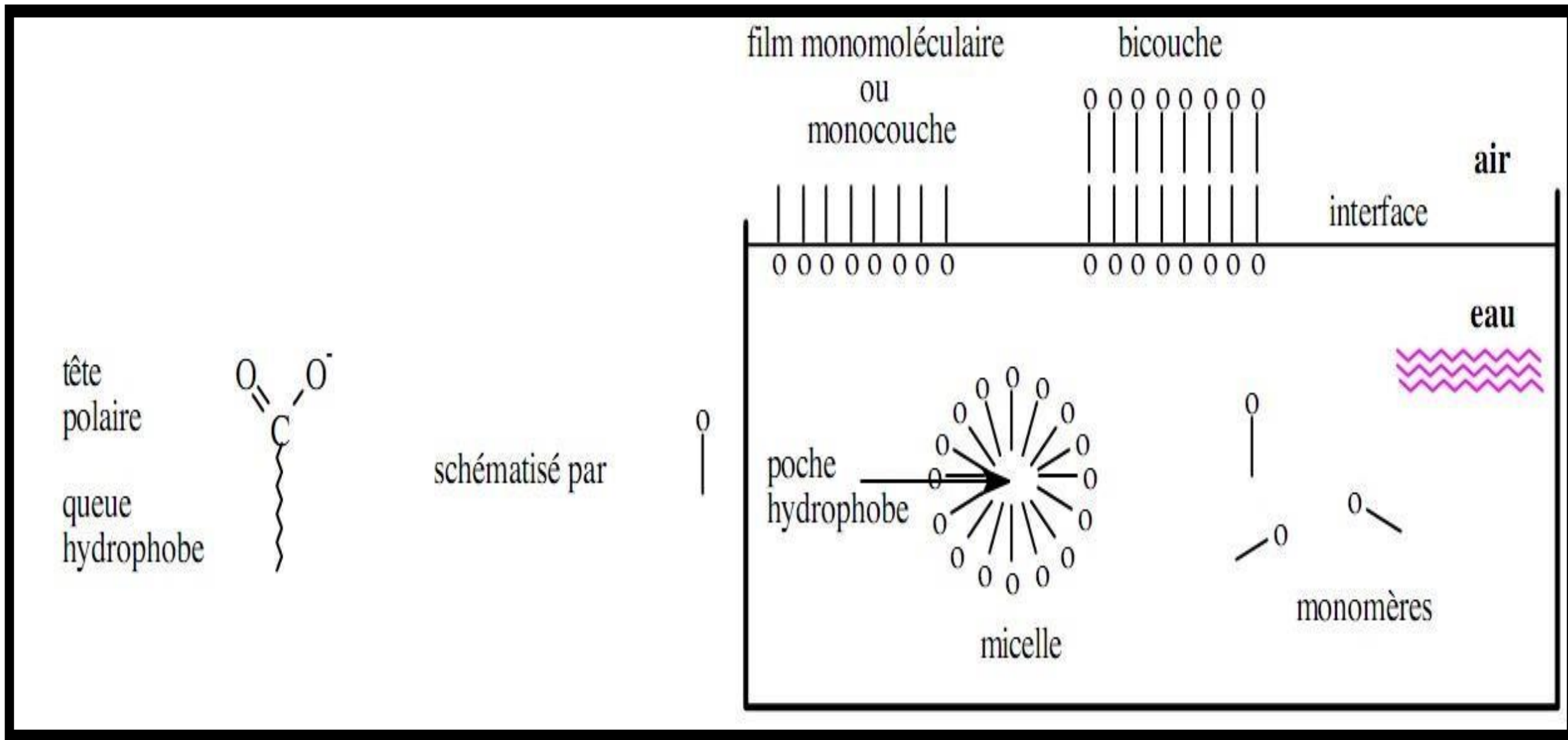


Figure 1 : Solubilité des acides gras

4. Point de fusion

- Le point de fusion **augmente** avec la **longueur de la chaîne carbonée**.
- Il **diminue** lorsque le nombre de **doubles liaisons augmente** (figure2).

À 20 °C :

- Les acides gras sont **liquides** si la chaîne contient **moins de 10 carbones** ($n < 10C$).
- Ils sont **solides** à partir de **10 carbones** ($n = 10C$).

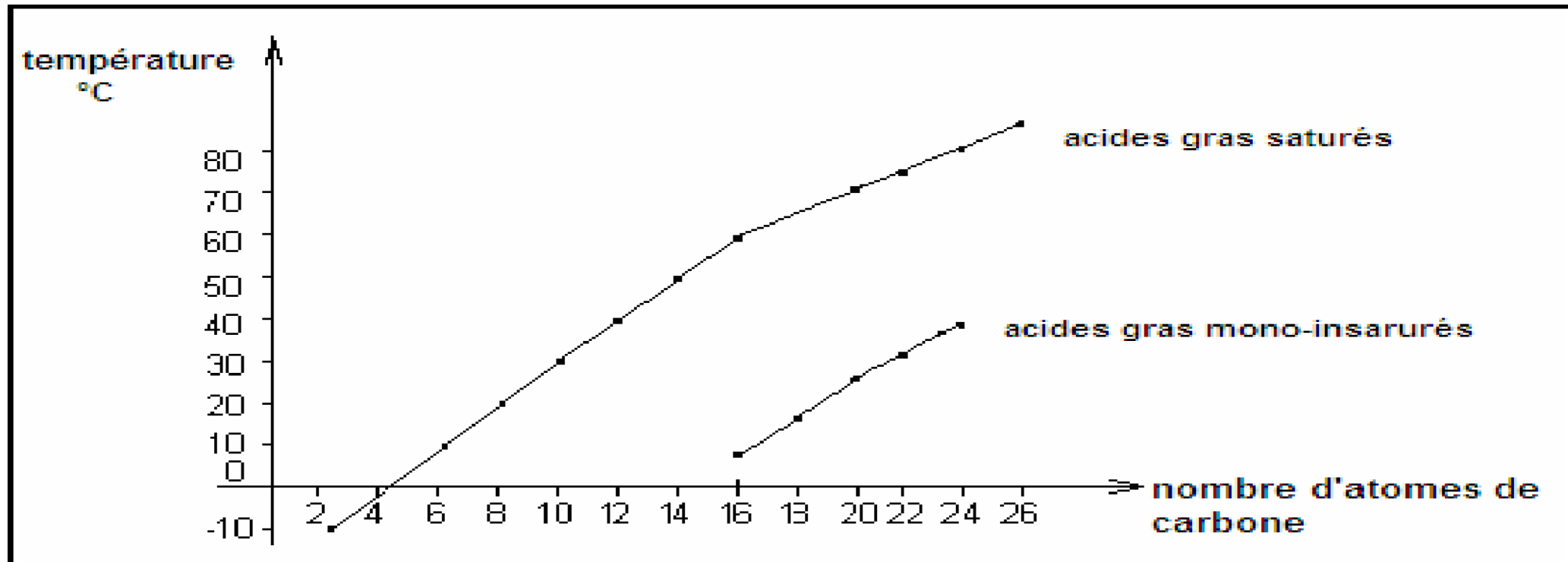


Figure 2: Variation du point de fusion avec la longueur de la chaîne et de saturation.

La géométrie des insaturations influence aussi le point de fusion :

- À chaîne **équivalente**, un isomère **trans** présente un point de fusion **intermédiaire** entre :

L'isomère **cis**, et L'acide gras **saturé correspondant**.

Exemples : Acide stéarique (C18:0) → PF ≈ **70 °C**; Acide oléique (C18:1 cis) → PF = **13 °C**;

Acide élaïdique (C18:1 trans) → PF = **45 °C**

5. La viscosité

Augmente avec le **poids moléculaire** et **diminue** avec l'augmentation de **l'insaturation**.

2. Propriétés chimiques des acides gras

- ✓ Les acides gras ont deux propriétés : celles de la **fonction acide** ($-\text{COOH}$) et celles de la **double liaison**.

1. *Propriétés dues au groupement $-\text{COOH}$*

- ✓ Le groupement carboxyle des lipides est rarement libre.
- ✓ Par un traitement alcalin, les acides gras peuvent former des sels de sodium ou de potassium → réaction de saponification.

a. Formation de sels : les sels de métaux alcalins sont les savons dont la propriété essentielle est d'abaisser la tension superficielle de l'eau. Les savons sont des sels d'acides gras à propriétés **moussantes, mouillantes et émulsionnantes**.

Saponification des acides gras : les savons

Les savons sont des sels d'acides gras :



- ☐ Les savons sodiques sont **durs** ;
- ☐ Les savons potassiques sont **mous** ;

Industriellement, les savons sont préparés par saponification des glycérides.

Indice d'acide ou de saponification

IA = masse de potasse, en mg, nécessaire pour neutraliser l'acidité libre contenue dans 1 g de matière grasse.

b. Formation d'esters : La fonction -COOH peut **estérifier** une fonction **alcool** pour former un **ester d'acide gras**. Les principaux alcools sont **le glycérol** et **le cholestérol**.



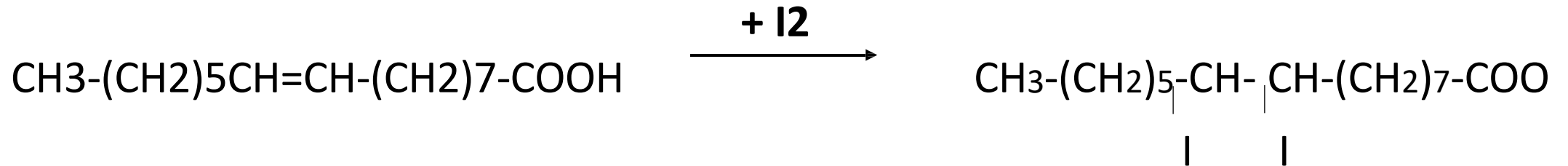
- ✓ En IAA, cette réaction est utilisée pour déterminer la composition en **acides gras** des huiles végétales et des graisses animales pour détecter les **mélanges frauduleux**.
- ✓ La réaction inverse de l'estérification (**l'hydrolyse**) est utilisée pour la production d'**alcools** à partir de **matières grasses**.
- ✓ Pour la séparation analytique des acides gras par chromatographie en phase gazeuse, on les **transforme** à l'état d'**esters méthylique** ou **éthylique**.

2. Propriétés liées à la chaîne aliphatique

- ✓ **Les chaînes saturées** : Sont très peu réactives.
- ✓ **Les chaînes insaturées** : Présentent les propriétés des doubles liaisons, en particulier les réactions d'addition :

a. **Réactions d'hydrogénation** : Saturation des doubles liaisons.

b. **Réactions d'addition d'halogène** : Tel qu'I₂ ou Br₂ :



Réaction utilisée pour évaluer le degré d'insaturation

Indice d'Iode : Masse d'iode, en g, que l'on peut fixer par addition sur 100 g de matière grasse.

c. Réaction d'oxydation des doubles liaisons



Formation d'un **monoacide** et d'un **diacide** permettant de **localiser** les doubles liaisons.

Les **doubles liaisons** peuvent s'**oxyder** et s'**isomériser** surtout à **chaud**.

Cette réaction est surtout utilisée avec l'**iode** et le **brome** pour :

- ✓ Evaluer le degré **d'insaturation** des acides gras.
- ✓ Mesurer leur **sensibilité à l'oxydation** (rancissement).

plus il y'a des insaturations sur l'acide gras, plus il serait **sensible à l'O2**.

3. Origine et classification des corps gras

- ✓ Les matières grasses **alimentaires** regroupent les huiles et graisses d'origine **animale** (le beurre, le saindoux...) ou **végétale** (l'huile d'olive, d'arachide, de soja, de tournesol, de colza ...).
- ✓ La distinction entre huiles et graisses repose sur leur **point de fusion**; les premières sont **fluides** à la température **ambiante**, les secondes sont **concrètes**.
- ✓ Avant d'arriver chez le consommateur, les matières grasses doivent être **extraites** et subissent plusieurs traitements visant à les **purifier**, les **débarrasser** des impuretés, augmenter leur **stabilité** afin d'améliorer leur qualité.
- ✓ **Technologiquement**, la **1^{ère} étape** consistera à **extraire le corps gras** (huiles,..) de son support, **végétal** ou **animal**, par la suite, procéder à sa **purification** et/ ou (oui/non) sa **modification** avant l'étape de **commercialisation**

III. Industrie des corps gras d'origine végétale

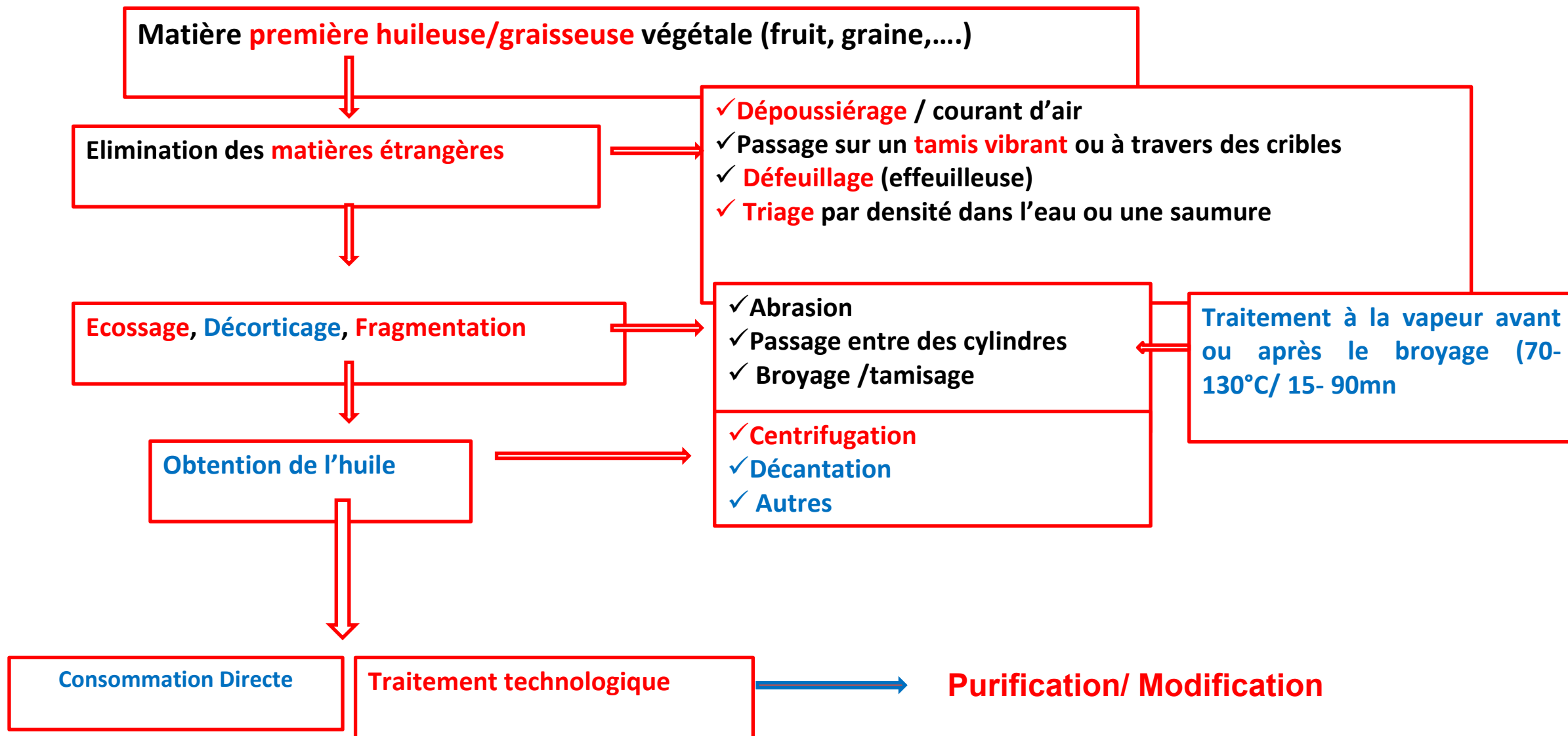
1. Technologie de la préparation des graisse et huiles

1.1. Fonte pour l'obtention des graisses animales

- ✓ Les tissus **riches en graisses** (**déchets** d'abattage, de boucherie) sont **chauffés**; la graisse fond, monte en surface, et est séparée par **centrifugation**. Cette graisse s'appelle « **Oléo** ».
- ✓ Le **chauffage** est effectué soit à la **vapeur**, soit à **sec sous vide**. On opère à **T°** relativement basse (**< 80°C**), en vue d'obtenir une graisse **peu colorée et sans odeur**

1.2. Obtention des huiles et graisses végétales

- ✓ L'**extraction** de l'**huile** ou **graisse** à partir des **oléagineux** ou autres **origines**, est effectuée d'abord par **pression**, ensuite le cas échéant par un **solvant**.
- ✓ En fonction des diverses matières **premières végétales**, l'extraction est **précédée** de traitements **mécaniques** variées, pour l'élimination des matières étrangères d'une part, pour le décorticage et le broyage d'autre part.



1.2.1. Traitement de Purification des huiles végétales

L'huile obtenu renferment encore environ 10 -15 % d'impuretés diverses dont on les débarrasse par une série de traitement de purification, effectués le plus souvent en continu:

a. La Démucilagination

- ✓ C'est un traitement à l'eau chaude qui insolubilise les phospholipides ainsi que diverses matières colloïdales (polysaccharides, gommes, résines), les 2 phases sont ensuite séparées par centrifugation.

b. La Neutralisation (Raffinage)

- ✓ Élimination des acides gras libres (AGL) responsables de l'acidité et de l'oxydabilité.
- ✓ L'huile est portée à 80–90 °C, puis agitée avec une solution de NaOH ou KOH.
- ✓ Les AGL sont saponifiés et transférés dans la phase aqueuse sous forme de savons, puis éliminés lors de la décantation ou centrifugation avec d'autres impuretés (phospholipides, protéines, sels minéraux).
- ✓ Lavage à l'eau pour éliminer les résidus d'alcali et de savon.
- ✓ Déshydratation sous vide (≈ 35 torr) pour éliminer l'humidité résiduelle.

c. La Décoloration

- ✓ Un traitement d'élimination de la chlorophylle et des pigments caroténoïdes. L'huile est chauffée $> 100^{\circ}\text{C}$, est traitée par du charbon activé ou autre adsorbant, puis filtrée; l'opération détruit les peroxydes et élimine en grande partie les traces de métaux.

d. La Démargarination (Frigellisation ou Winterisation Ou Fractionnement)

- ✓ **Cristallisation** à **basse T°** et élimination par **filtration** ou **centrifugation** des **TG** à **point de fusion élevé** (se cristallisent pendant l'entreposage des huiles).
- ✓ Appliquée aux **huiles de table** (tournesol, maïs, soja) et à l'**huile de palme** riche en **TG saturés**, des **H destinées** à la fabrication de **margarine**.
- ✓ Sert à ajuster une **plasticité particulière** des corps gras (ex. beurre, margarine) par modification du **rapport liquides/solides**.

e. La Désodorisation

- ✓ **Elimination** des **substances** comme les **aldéhydes** et les **cétones** (odeurs désagréables) et les **AGL encore présents** par **distillation sous vide** (2-9torrs), avec un léger entrainement par la vapeur d'eau.
- ✓ Elle est **nécessaire** pour les **H de poissons** (surtout), mais aussi pour +ieurs H des graines oléagineuses.
- ✓ Après désodorisation, **l'H doit être séchée**, afin d'éviter l'hydrolyse des TG, et placée à **l'abri de l'air**.

Conclusion

Les traitements de purification permettent de **modifier** la teneur moyenne en impuretés d'une huile.

	H. Initiale (%)	H. Finale (%)
Triglycérides	85-89	98-99
AGL	Jusqu'à 5	< 0.1
Phospholipides	Jusqu'à 3	< 0.1
Stérols	Jusqu'à 2	< 1
Tocophérols	0.14	0.09

2.2.2.Traitement de Modification des huiles végétales

3 traitements qui modifient **la structure**:

- ✓ L'hydrogénation partielle ou totale (L'**H.P** ou L'**H.T**)
- ✓ La trans estérification (**T.E**)
- ✓ Le fractionnement (déjà décrit)

Seuls les 2 premiers entraînent des **modifications chimiques**: l'hydrogénation **modifie les AG** et par conséquent **les TG**, la T.E uniquement la structure des TG

a. L'Hydrogénation

Elle consiste à **fixer l'hydrogène** au niveau des **doubles liaisons** des AG instaurés (**AGI**). Il existe 2 types dont les applications sont différentes.

a1. L'Hydrogénation Sélective

- ✓ Pratiquer sur certaines H. végétales pour réduire la teneur en acide linolénique (**C18 Δ 9,12,15**) et accroître la stabilité oxydative. Elle donne naissance:
 - Des **isomères de position** (40-50%) des **Ac. oléique et linoléique**
 - Des **isomères de conjugaison** (= 2 %) des **Ac. oléique et linoléique**
 - Des **stéréo-isomères Trans** (10-15%) des **Ac. oléique et linoléique**
- Le passage de formes **Cis**, aux formes **Trans**, peut se produire aussi sous l'influence de la **chaleur**, de l'**oxydation** et de la **lumière**
- L'**H** est conduite en général à **T° > 195°C**, pendant un temps bref (**30 min**) et à une pression élevée (**8.000 torrs**)

a2. L'Hydrogénation partielle ou totale

- ✓ Vise à obtenir des **bases grasses solides** pour la fabrication de **margarines** et graisses **émulsifiables**.
- ✓ Permet d'augmenter le point de fusion (PF) pour atteindre la **consistance souhaitée** des lipides à **T° ambiante**.
- ✓ L'effet d'**H** est dû principalement à la formation **d'isomères trans**.
 - Hydrogénation **totale** : pas de formation d'isomères.
 - Hydrogénation **partielle** : formation d'isomères.
- Après **hydrogénation**, l'huile est **centrifugée** puis **filtrée**, on la débarrasse ainsi des particules très fines du **catalyseur**, l'huile est ensuite **raffinée et décolorée**.

b. La Transestérification

- ✓ Réaction d'**échange** des chaînes d'**AG** des **TG**, réalisée à haute T° , sans H_2O , et en présence d'un catalyseur.
- ✓ Peut être :
 - Intramoléculaire** → échange au sein d'un même TG.
 - Intermoléculaire** → échange entre TG différents.
- ✓ En pratique, dans les traitements des H et des graisses, la **TE** est simultanément **intra** et **intermoléculaire**, entraînant une **redistribution** statistique des **AG** sur les **3 carbones** du **glycérol**.
- ✓ Elle permet de modifier la **structure** des **TG** pour ajuster :
la **zone de fusion**, la **consistance** des graisses, et la **stabilité du produit final**.

b1. TE Dirigée

Après TE, un refroidissement à **basse T°** → **cristallisation de TG** à **PF élevé**, éliminés par filtration → déplacement de l'équilibre et obtention d'un mélange plus homogène, à **zone de fusion plus basse** et à la **consistance recherchée**.

b2. TE non dirigée

Vise à modifier la **proportion de TG solides** pour élargir la zone de fusion et améliorer la **consistance** (ex. margarines, graisses de confiserie).

III. Industrie des corps gras d'origine animale

1. Techniques beurrières

1.2. Données sur le beurre

- ✓ Produit obtenu par **barattage de la crème de lait** pasteurisée ou non et maturée .
- ✓ Le barattage provoque l'**éclatement** des **globules gras (GG)**, libérant la phase lipidique hydrophobe qui s'agrège en petits **grains de beurre** (phase grasse) séparés du **babeurre** (phase aqueuse).
- ✓ Le beurre est un produit gras dérivé du lait ou de produits laitiers sous forme d'une **émulsion d'eau dans l'huile**, contenant :
 - ≥ 82 % de matière grasse,
 - ≈ 16 % d'eau,
 - ≈ 2 % de matières sèches.
- ✓ Aucun conservateur ni arôme n'est autorisé.
- ✓ Deux types de beurre: - **Demi-sel** (0,5–3 %) - **Salé** (>3 %).
- ✓ La **consistance** du beurre dépend de la proportion de matière grasse **globulaire** et **libre**, partiellement **cristallisée**.
- ✓ Les **GG** (3,5–4 µm) jouent un rôle essentiel dans la texture du beurre.

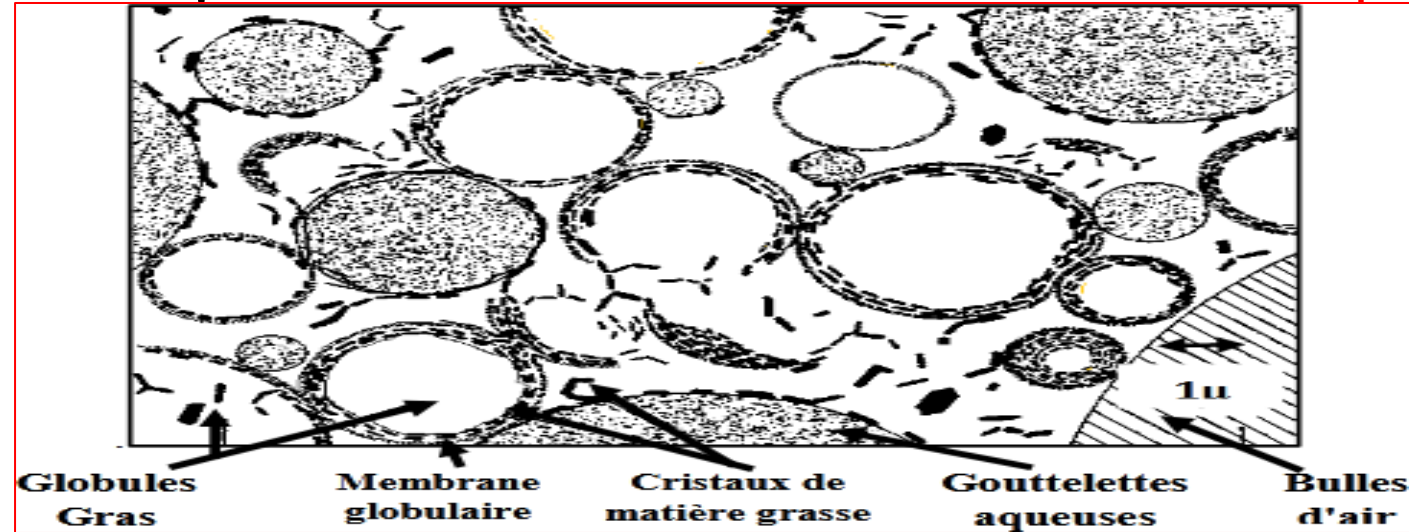


Figure 1 : Microstructure du beurre à T° ambiante (Walstra et al., 1999)

1.2. Procédé de fabrication technologique du beurre standard

1. Préparation de la crème

- **Standardisation** : - 35–40 % MG (fabrication traditionnelle)
- 40–45 % MG (fabrication continue)
- **Désacidification** (si crème acide) : - Par **lavage, écrémage** (d'éliminer la phase non grasse altérée) ou **neutralisants**
 - Objectif : ramener l'acidité du non gras à **15–20 °A**

2. Maturation de la crème

peut combiner deux processus :

➤ **Maturation physique**

- ✓ Cristallisation **partielle** des triglycérides.
- ✓ T° de refroidissement **5–6 °C/2 h** → **favorise** la formation de grains et **limite** les pertes en MG.
- ✓ Influence la solidification de MG (cristallisation) et **l'agglomération** des globules gras (aptitude de la crème au barattage).

➤ **Maturation biologique**

- ✓ **Ensemencement** avec **3–5 %** de bactéries lactiques (**BL**).
- ✓ Durée : ≈ **10 h**.
- ✓ Permet de développer : - **Fermentation lactique** (abaisser le pH 4,7–5,8)
- **Fermentation aromatique** (métabolisme des citrates par les **BL**).

3. Transformation de la crème en beurre

a. Inversion de phase

- ✓ Passage de l'émulsion "MG dans l'eau" (crème) à l'émulsion "eau dans MG" (beurre).
- ✓ Agglomération des globules gras → libération des TG → expulsion de la phase aqueuse (babeurre).

b. Lavage, salage et malaxage

- ✓ Lavage : refroidit le beurre, élimine le babeurre (reste 0,5–1 % de non gras).
- ✓ Salage : améliore la saveur et prolonge la conservation (freine la croissance microbienne).
- ✓ Malaxage : homogénéise air, eau, sel, arômes et soude les grains de beurre → texture ferme, cireuse et apparence lustrée.

4. Transport et stockage

- ✓ Stockage temporaire dans des tanks-silos reliés directement au butyrateur avant le conditionnement.

5. Conditionnement

- ✓ Emballages : papier, aluminium, plastiques thermoformés.
- ✓ Format variable selon les exigences commerciales.

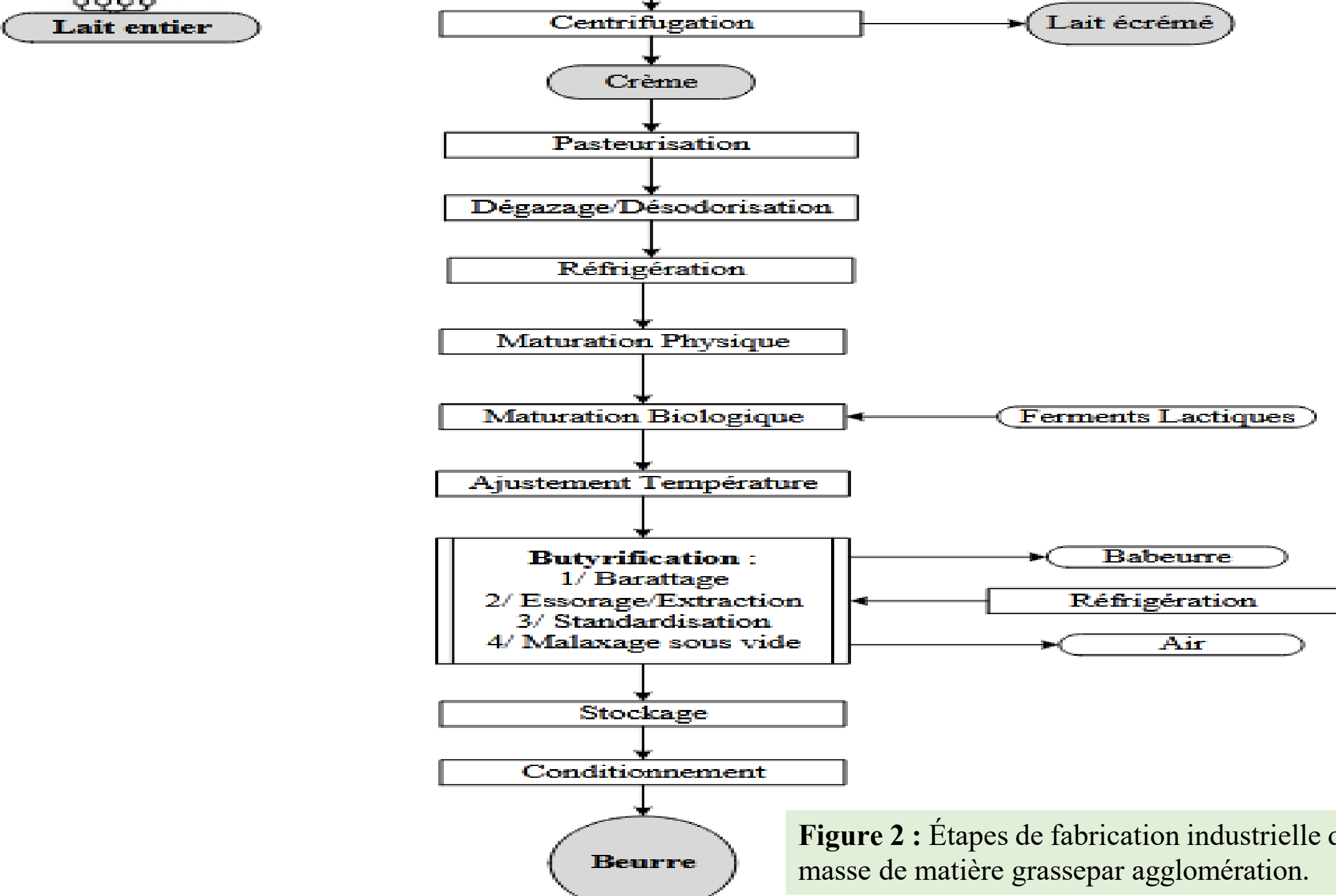


Figure 2 : Étapes de fabrication industrielle du beurre à 80% en masse de matière grasse par agglomération.

1.3. Les types de beurre

1. Beurre fermier

- ✓ Fabriqué **traditionnellement à la ferme** à partir de crème **crue** et différentes méthodes.
- ✓ Se conserve **peu de temps** (altération rapide).

2. Beurre cru (ou de crème crue)

- ✓ Aucun traitement thermique du lait (non pasteurisé), uniquement **réfrigéré** après la traite.
- ✓ Crème barattée sans pasteurisation → beurre au goût typé.

3. Beurres concentrés

- Destiné à la consommation directe :
 - ✓ Pasteurisé, déshydraté, contient **≥ 96 % MG** d'origine laitière.
- Concentré à usage industriel :
 - ✓ Pasteurisé, très déshydraté, contient **≥ 99,8 % MG** d'origine laitière.

4. Beurre allégé

- ✓ Produit **émulsionné** contenant **41 à 65 % de MG**.
- ✓ Peut être utilisé pour la **cuisson**.