



المركز الجامعي نور البشير  
Centre Universitaire Nour Bachir

Institut des sciences et technologie

Département de Biologie

# Résidus agroalimentaire

*Dr. MOGHTET Snoussi et Dr. MENAD Najett*

2022-2023

## AVANT PROPOS

Cours de 1<sup>ère</sup> année Master (système LMD), spécialité biotechnologie microbienne, centre universitaire Nour El bachir d'El-Bayadh.

Unité d'enseignement fondamentales 1.

Matière: n°1; crédits: 6 ; coefficient: 3

### Contact:

Email: [moghtetsnoussi@yahoo.com](mailto:moghtetsnoussi@yahoo.com)

### Langue d'enseignement :

Français

### Descriptif de module :

Cet enseignement constitue une introduction générale à la chaîne de production de différents produits agro alimentaires. Il décrit les principes étapes de productions .... Ce cours présente aussi la valorisation des résidus agroalimentaires issue de la chaîne de transformation des matières premières dans les industries agroalimentaires.

### Objectifs:

- Elle permettra de donner aux étudiants des compétences opérationnelles en chaîne de transformation des aliments

- Sera capable donner une description et une explication de quelques processus de fabrication alimentaire.

**Pré-requis:**

Connaissance en Production et transformation des aliments

**Méthode d'enseignement :**

Cours magistral, travaux dirigés et travaux pratiques.

**Méthode d'évaluation :**

Un examen partiel sur la matière vue au premier semestre est organisé lors de la session de janvier et évaluation des travaux pratique et travaux dirigés se fait par une évaluation individuelle des manipulations réalisés et/ou sur des exercices semblables à ceux résolus pendant la séance. Parfois un projet semestriel.

**Recommandations pédagogiques :**

Visite usine de production et transformation alimentaire

# Contenu de la matière

<b>AVANT PROPOS .....</b>	<b>2</b>
<b>CONTENU DE LA MATIERE .....</b>	<b>4</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>8</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>9</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>10</b>
1.L'industrie agroalimentaire.....	10
2.Chaîne alimentaire .....	11
3.Les coproduits de l'industrie agro-alimentaire .....	13
I.1. Résidus générés par les entreprises de mouture de grains céréaliers et oléagineux .....	16
I.1. 1. Mouture de grains céréaliers et oléagineux .....	18
I.1. 1. 1. Mouture haute .....	18
I.1. 1. 2. Mouture basse .....	18
I.1. 1. 3. Mouture en grosse (à la grosse .....	18
I.1. 1. 4. Mouture rustique.....	18
I.1. 2. La mouture du blé .....	18
I.1. 2.1. Le « nettoyage-Mouillage .....	19
I.1. 2.2. Le broyage .....	19
I.1. 2.3. Le blutage .....	20
I.1. 2. 4. Le claquage .....	21
I.1. 2. 5. Le convertissage.....	21
I.1. 2. 6. Le nettoyage .....	21
I.1. 2. 6. 1. Le nettoyeur-séparateur .....	21
I.1. 2. 6. 2. L'épierreur .....	22
I.1. 2. 6. 3. Le tarare .....	23
I.1. 2. 6. 4. L'épointeuse .....	23
I.1. 2. 7. Le mouillage .....	24
I.1. 2. 8. La mouture .....	25
I.2. Mouture des oléagineux .....	26
I.3. Type de résidus organiques générés Mouture des oléagineux .....	27
I.4. Types de sous-produits générés Mouture des oléagineux .....	27
I. 5. Exemples de valorisation des résidus de la mouture des oléagineux .....	27
I. 5. 1. Tourteaux de la fabrication d'huiles à partir de grains .....	27
I. 5. 2. Son .....	28
II. Résidus générés par les entreprises de fabrication de sucre et de confiseries	29
II.1. L'extraction et le raffinage du sucre .....	29
II.2. Les moulins .....	30
II.3. Extraction .....	32
II.4. Épuration .....	33
II.5. Évaporation et cristallisation .....	33
II.6. Les raffineries .....	33
II.6. 1. Transport du sucre brut .....	34
II.6. 2. Lavage du sucre brut .....	34
II.6. 3. Clarification .....	34
II.6. 4. Décoloration .....	34
II.6. 5. Cristallisation, malaxage, turbinage et séchage .....	35
II.7. Coproduits de l'industrie sucrière .....	35
II.7. 1. Mélasse .....	35
II.7. 1. 1. Valorisation de la mélasse .....	36

<b>II.7. 1. 1. 1. Alimentation des animaux .....</b>	<b>37</b>
<b>II.7. 1. 1. 2. Utilisation de la mélasse pour les vaches laitières .....</b>	<b>37</b>
<b>II.7. 1. 1. 3. Utilisation de la mélasse par les ovins .....</b>	<b>38</b>
<b>II.7. 1. 1. 4. Fabrication du rhum .....</b>	<b>38</b>
<b>II.7. 1. 1. 5. La mélasse milieu de culture pour la production de levure et de bioéthanol .....</b>	<b>39</b>
<b>II.7. 1. 1. 6. La mélasse pour remédier au problème des chaussées glissantes ..</b>	<b>41</b>
<b>II.7. 1. 1. 7. La mélasse comme insecticide .....</b>	<b>42</b>
<b>II.7. 2. Bagasse .....</b>	<b>42</b>
<b>II.7. 2. 1. Valorisation énergétique : électricité .....</b>	<b>43</b>
<b>II.7. 2. 2. Valorisation en molécules organiques .....</b>	<b>44</b>
<b>II.7. 2. 3. Valorisation agronomique .....</b>	<b>44</b>
<b>II.7. 2. 4. Valorisation en matériaux .....</b>	<b>44</b>
<b>III. Résidus générés par les entreprises de fabrication de produits laitiers ....</b>	<b>46</b>
<b>III. 1. Les techniques de transformations du lait .....</b>	<b>47</b>
<b>III.1. 1. Le lait pasteurisé et le lait stérilisé .....</b>	<b>48</b>
<b>III.1. 1. 1. La pasteurisation .....</b>	<b>48</b>
<b>III.1. 2. Le lait fermenté .....</b>	<b>48</b>
<b>III.1. 2. 1. la fermentation spontanée .....</b>	<b>48</b>
<b>III.1. 2. 2. la fermentation conduite .....</b>	<b>49</b>
<b>III.1. 3. Le fromage .....</b>	<b>49</b>
<b>III.1. 3. 1. le caillage .....</b>	<b>49</b>
<b>III.1. 3. 2. l'égouttage .....</b>	<b>49</b>
<b>III.1. 4. La crème .....</b>	<b>50</b>
<b>III.1. 5. Le beurre .....</b>	<b>50</b>
<b>III.2. Résidus organiques générés de fabrication du lait .....</b>	<b>50</b>
<b>III.3. Type de résidus organiques générés .....</b>	<b>51</b>
<b>III.4. Type de résidus ou de sous-produits organiques réutilisés ou recyclés .....</b>	<b>51</b>
<b>III.5. Valorisation du lactosérum .....</b>	<b>53</b>
<b>IV. Résidus générés par les entreprises de fabrication de produits de la viande .....</b>	<b>54</b>
<b>IV.1. Système d'élevage production et consommation de la viande ovine .....</b>	<b>54</b>
<b>IV.2. Définition de la viande .....</b>	<b>55</b>
<b>IV.3. Définition d'abattage .....</b>	<b>56</b>
<b>IV.4. Définition de la filière viande .....</b>	<b>56</b>
<b>IV.5. Etapes de la filière viande .....</b>	<b>56</b>
<b>IV.5. 1. Transport des animaux .....</b>	<b>57</b>
<b>IV.5. 2. Stabulation .....</b>	<b>58</b>
<b>IV.5. 3. Examen ante mortem .....</b>	<b>58</b>
<b>IV.5. 4. Abattage .....</b>	<b>59</b>
<b>IV.5. 5. La saignée .....</b>	<b>60</b>
<b>IV.5. 6. La dépouille .....</b>	<b>61</b>
<b>IV.5. 6. 1. Dépouillement avec soufflage .....</b>	<b>61</b>
<b>IV.5. 6. 2. Dépouillement sans soufflage .....</b>	<b>62</b>
<b>IV.5. 6. 3. Dépouillement au couteau .....</b>	<b>62</b>
<b>IV.5. 6. 4. Dépouillement par arrachage .....</b>	<b>62</b>
<b>IV.5. 6. 5. Dépouillement au couteau mousse rotatif .....</b>	<b>62</b>
<b>IV.5. 7. L'éviscération .....</b>	<b>63</b>
<b>IV.5. 8. La fente .....</b>	<b>64</b>
<b>IV.5. 9. Parage .....</b>	<b>64</b>
<b>IV.5. 10. Douche .....</b>	<b>65</b>
<b>IV.5. 11. Pesage .....</b>	<b>65</b>
<b>IV.5. 12. Ressuage .....</b>	<b>65</b>

<b>IV.5. 13. Découpe .....</b>	<b>66</b>
<b>IV.5. 14. Visite post mortem .....</b>	<b>66</b>
<b>IV.6. Évolution de la viande après l'abattage .....</b>	<b>67</b>
<b>IV.7. Type de résidus organiques générés .....</b>	<b>67</b>
<b>IV.7. 1. Transport .....</b>	<b>67</b>
<b>IV.7. 2. Abattage .....</b>	<b>68</b>
<b>IV.7. 3. Transformation et découpe .....</b>	<b>68</b>
<b>IV.7. 4. Type de résidus organiques réutilisés ou recyclés .....</b>	<b>68</b>
<b>IV.8. Valorisation .....</b>	<b>69</b>
<b>V. Résidus générés par les entreprises d'utilisation et transformation du poisson .....</b>	<b>69</b>
<b>V.1. Consommation du poisson .....</b>	<b>71</b>
<b>V.2. valorisation des coproduit de la mer .....</b>	<b>73</b>
<b>V.3. Utilisation des co-produits de poisson .....</b>	<b>74</b>
<b>V.4. Importance et valorisation des co-produits des poissons .....</b>	<b>75</b>
<b>V.5. Les voies de valorisation des co-produits marins .....</b>	<b>76</b>
<b>V.5. 1. La farine et l'huile de poisson .....</b>	<b>76</b>
<b>V.5. 1.1. Fabrication de farine et de l'huile de poisson .....</b>	<b>79</b>
<b>VI. Contexte de la production et de la transformation des fruits et légumes ..</b>	<b>79</b>
<b>VI. 1. Fruits frais .....</b>	<b>81</b>
<b>VI. 2. Transformation des fruits .....</b>	<b>82</b>
<b>VI. 3. Généralités sur les jus de fruits .....</b>	<b>82</b>
<b>VI. 3. 1. Définition « Jus de fruits » .....</b>	<b>82</b>
<b>VI. 3. 2. Production de jus et nectars de fruits .....</b>	<b>82</b>
<b>VI. 3. 2. 1. Production nationale .....</b>	<b>82</b>
<b>VI. 3. 2. 2. Production mondiale .....</b>	<b>83</b>
<b>VI. 3. 3. la consommation de jus et nectars de fruits .....</b>	<b>83</b>
<b>VI. 3. 3. 1. La consommation nationale .....</b>	<b>84</b>
<b>VI. 3. 3. 2. La consommation mondiale .....</b>	<b>85</b>
<b>VI. 3. 4. Les différents types de jus .....</b>	<b>85</b>
<b>VI. 3. 4. 1. Les purs jus de fruits .....</b>	<b>85</b>
<b>VI. 3. 4. 2. Les jus à base de jus concentrés .....</b>	<b>86</b>
<b>VI. 3. 4. 3. Jus de fruits obtenus par extraction hydrique .....</b>	<b>86</b>
<b>VI. 3. 4. 4. Purée de fruits .....</b>	<b>86</b>
<b>VI. 3. 4. 5. Les boissons aux fruits .....</b>	<b>86</b>
<b>VI. 3. 4. 6. Concentré de purée de fruits .....</b>	<b>87</b>
<b>VI. 3. 4. 7. Nectar de fruits .....</b>	<b>87</b>
<b>VI. 3. 4. 8. Les jus gazéifiés .....</b>	<b>87</b>
<b>VI. 3. 5. Procédés de fabrication de jus de fruits .....</b>	<b>87</b>
<b>VI. 3. 5. 1. Préparation des fruits pour la transformation .....</b>	<b>88</b>
<b>VI. 3. 5. 1.1. Triage .....</b>	<b>88</b>
<b>VI. 3. 5. 1.2. Lavage-Nettoyage .....</b>	<b>88</b>
<b>VI. 3. 5. 2. Traitements préalables de la matière première avant l'extraction ..</b>	<b>88</b>
<b>VI. 3. 5. 2. 1. Broyage .....</b>	<b>88</b>
<b>VI. 3. 5. 2. 2. Traitement thermique .....</b>	<b>89</b>
<b>VI. 3. 5. 2. 3. Traitement enzymatique .....</b>	<b>89</b>
<b>VI. 3. 5. 2. 4. Traitement à l'ultrason .....</b>	<b>89</b>
<b>VI. 3. 5. 3. l'extraction du jus .....</b>	<b>89</b>
<b>VI. 3. 5. 3.1. Pressurage .....</b>	<b>90</b>
<b>VI. 3. 5. 3. 2. Raffinage .....</b>	<b>90</b>
<b>VI. 3. 5. 4. Traitements des jus .....</b>	<b>90</b>
<b>VI. 3. 5. 4. 1. Clarification .....</b>	<b>90</b>

<b>VI. 3. 5. 4. 2. Désaération .....</b>	<b>91</b>
<b>VI. 3. 5. 4. 3. Pasteurisation .....</b>	<b>91</b>
<b>VI. 3. 5. 4. 4. Concentration .....</b>	<b>91</b>
<b>VI. 3. 5. 4. 5. Refroidissement et conditionnement .....</b>	<b>92</b>
<b>VI. 3. 5. 5. Fabrication des nectars .....</b>	<b>92</b>
<b>VI. 4. Valorisation des sous-produits issus de l'industrie de transformation de fruits .....</b>	<b>92</b>
<b>VI. 4. 1. Alimentation animale .....</b>	<b>93</b>
<b>VI. 4. 2. Epandage, compostage.....</b>	<b>94</b>
<b>VI. 4. 3. Obtention de la biomasse .....</b>	<b>95</b>
<b>VI. 4. 4. Obtention des agro carburants .....</b>	<b>96</b>
<b>VI. 4. 5. Obtention de la gelée .....</b>	<b>96</b>
<b>VI. 4. 6. Obtention de l'huile végétale .....</b>	<b>97</b>
<b>VII. Production oléicole .....</b>	<b>98</b>
<b>VII. 1. Composition de l'olive .....</b>	<b>99</b>
<b>VII. 2. Fabrication de l'huile .....</b>	<b>100</b>
<b>VII. 3. Les principaux coproduits .....</b>	<b>101</b>
<b>VII. 3. 1. Les coproduits d'huilerie .....</b>	<b>102</b>
<b>VII. 3. 1. 1. Le grignon brut .....</b>	<b>102</b>
<b>VII. 3. 1. 2. Le grignon épuisé .....</b>	<b>102</b>
<b>VII. 3. 1. 3. Le grignon partiellement dénoyauté .....</b>	<b>103</b>
<b>VII. 3. 1. 4. La pulpe d'olive.....</b>	<b>103</b>
<b>VII. 3. 1. 5. Les margines .....</b>	<b>103</b>
<b>VII. 3. 1. 7. Les résidus de la taille et de la récolte .....</b>	<b>103</b>
<b>VII. 4. Voies de valorisation envisageables, mais non retenues, pour les grignons d'olive .....</b>	<b>103</b>
<b>VII. 5. Les valorisations des grignons a finalités économiques faibles .....</b>	<b>103</b>
<b>VII. 5.1. Utilisation dans l'alimentation animale .....</b>	<b>104</b>
<b>VII. 5.2. Utilisation en tant que combustible .....</b>	<b>105</b>
<b>VI. 5.3. Utilisation dans le tannage des peaux .....</b>	<b>105</b>
<b>VII. 5.4. Le compostage .....</b>	<b>106</b>
<b>REFERANCES BIBLIOGRAPHIQUE .....</b>	<b>106</b>
<b>REFERANCES BIBLIOGRAPHIQUE .....</b>	<b>107</b>

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> le diagramme de fabrication ou process .....	<b>12</b>
<b>Figure 2 :</b> Modalités d'obtention des coproduits agro-industriels.....	<b>15</b>
<b>Figure 3 :</b> Cylindres cannelé .....	<b>20</b>
<b>Figure 4 :</b> appareil appelé « plansichter .....	<b>20</b>
<b>Figure 5 :</b> L'épierreur .....	<b>22</b>
<b>Figure 6 :</b> Le tarare .....	<b>23</b>
<b>Figure 7 :</b> L'épointeuse .....	<b>24</b>
<b>Figure 8 :</b> production D'HUILE des tourteaux d'oléagineux .....	<b>26</b>
<b>Figure 9 :</b> procédé d'extraction du sucre .....	<b>31</b>
<b>Figure 10 :</b> Schéma de raffinage canne à sucre .....	<b>31</b>
<b>Figure 11 :</b> Mélasse .....	<b>35</b>
<b>Figure 12 :</b> bagasse .....	<b>42</b>
<b>Figure 13 :</b> Transformation du lait. ....	<b>47</b>
<b>Figure 14 :</b> Lactosérum .....	<b>51</b>
<b>Figure 15 :</b> Evolution de la consommation de viande dans le monde. ....	<b>53</b>
<b>Figure 16 :</b> Saignée .....	<b>59</b>
<b>Figure 17 :</b> Opération de dépouille .....	<b>61</b>
<b>Figure 18 :</b> Opération d'éviscération .....	<b>63</b>
<b>Figure 19 :</b> Opération de la fente .....	<b>64</b>
<b>Figure 20 :</b> Principaux co-produits issus d'un poisson .....	<b>72</b>
<b>Figure 21 :</b> la composition des co-produits de thon, exprimée en pourcentage du poids .....	<b>73</b>
<b>Figure 22 :</b> Proportions des différentes voies de valorisation des co-produits d'origine marine .....	<b>75</b>
<b>Figure 23 :</b> La farine de poisson et sa liqueur d'huile .....	<b>77</b>
<b>Figure 24 :</b> Schéma de fabrication de la farine et huile de poisson .....	<b>78</b>
<b>Figure 25 :</b> Produits obtenus à partir de fruits .....	<b>81</b>
<b>Figure 26 :</b> la production de déchets et de sous-produits (résidus) .....	<b>92</b>
<b>Figure 27 :</b> Section transversale (a) et composition physique de l'olive (b).....	<b>99</b>
<b>Figure 28 :</b> Schéma actuel de l'industrie oléicole en Tunisie .....	<b>100</b>
<b>Figure 29 :</b> Usine “Pieralisi” dans le Lazio (Italie): procédé par centrifugation...	<b>101</b>
<b>Figure 30 :</b> Grignon d'olive .....	<b>102</b>
<b>Figure 31 :</b> Le traitement de l'olive et les déchets produits .....	<b>103</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : l'humidité du blé .....	<b>25</b>
<b>Tableau 2</b> : Composition du vesou.....	<b>32</b>
<b>Tableau 3</b> : Composition chimique des mélasses de betterave et de canne .....	<b>36</b>
<b>Tableau 4</b> : Ration pour vache laitière .....	<b>38</b>
<b>Tableau 5</b> : composition chimique du lait de vache (en g/l) .....	<b>46</b>
<b>Tableau 6</b> : Applications des protéines de lactosérum. ....	<b>52</b>
<b>Tableau 7</b> : Evolution des cheptels.....	<b>54</b>
<b>Tableau 8</b> : Utilisation de la production mondiale de poisson .....	<b>69</b>
<b>Tableau 9</b> : Utilisation potentielle des co-produits de poissons.....	<b>74</b>
<b>Tableau 10</b> :Classification des fruits frais .....	<b>80</b>
<b>Tableau 11</b> : Les principaux pays producteurs de jus de fruits .....	<b>83</b>
<b>Tableau 12</b> : Consommation des jus de fruits sur le marché national. ....	<b>84</b>
<b>Tableau 13</b> : Les principaux pays consommateurs de jus de fruits .....	<b>85</b>
<b>Tableau 14</b> : la production oléicole .....	<b>98</b>

## Introduction

Agroalimentaire vient du terme agriculture qui englobe plusieurs définitions. Elle signifie soit une activité humaine consistant à produire des denrées alimentaires (végétaux et animaux) et certaines matières premières (coton, caoutchouc naturel, lin, ...) utiles à l'homme. (**Stéphane BECUWE, 2006**) Soit le secteur économique qui regroupe l'ensemble des activités visant à transformer le milieu naturel, animal et végétal pour la production d'aliments. (**ARMAND COLLIN, 2004**)

On entend par agroalimentaire, une industrie, un ensemble des activités concernant les produits destinés à l'alimentation humaine, de l'exploitation agricole au commerce de détail, comportant aujourd'hui un secteur industriel important de fabrication de denrées alimentaires. Il s'agit en outre de la transformation par l'industrie alimentaire des produits agricoles ; le préfixe « agro » dérive de l'élément savant (du grec agros « champs ») qui signifie « de l'agriculture » (**KAMBALE SINGEBE , 2002**)

Secteur récent, que l'on peut dater de la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, avec la première révolution industrielle britannique, l'industrie agroalimentaire est longtemps restée limitée à une première transformation des produits bruts, suivie d'une revente aux transformateurs secondaires artisanaux, boulanger, par exemple. Elle a aujourd'hui considérablement étendu son emprise, aux dépens du secteur traditionnel et du commerce de détail, par la commercialisation dans la grande distribution de produits finis, de plats préparés, etc. (**KISANGANI ENDANDA-S, 2008**)

### 1. L'industrie agroalimentaire

La fabrication de denrées alimentaires a longtemps été une activité plus ou moins individuelle, visant à assurer les besoins de la famille. Elle était le fait des artisans et des paysans pour le passage du produit brut, par exemple les graines de céréales, à un produit directement consommable ou

transformable, comme la farine. Pour l'élaboration de ce dernier produit en denrées consommables, galette, bouillie, pain, etc., l'activité alimentaire était essentiellement ménagère et féminine.

Peu à peu, les besoins en énergie que réclamait, par exemple, la mouture des grains, ou la coopération nécessaire à la fabrication des gros fromages, entraînèrent les débuts de l'industrie agroalimentaire. On peut associer l'origine de cette industrie, qui prend en charge la succession des transformations allant du produit brut au produit consommé, à la première révolution industrielle.

L'urbanisation, le développement de l'industrie, la diversification des activités humaines ont conduit, simultanément, à un accroissement des revenus disponibles et au double souci de consacrer le minimum d'argent à l'achat des aliments et le minimum de temps à leur préparation. On constate ainsi que les ménages aux revenus plus bas consacrent une part plus importante aux dépenses alimentaires, tandis que les revenus plus élevés s'attachent plus à la qualité et aux critères diététiques (**KAMBALE SINGEBE , 2002**)

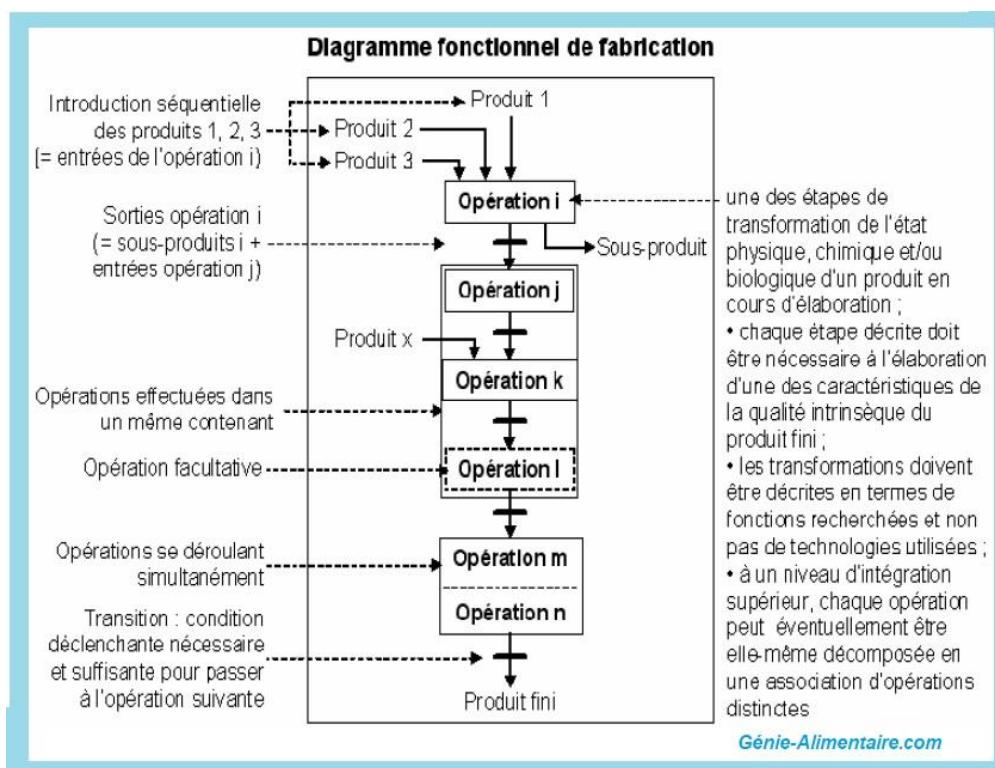
L'industrie alimentaire groupe une série d'activités caractérisées à la fois par la nature particulière des matières premières et par l'importance des propriétés sensorielles, nutritionnelles, hygiéniques et de services des produits finis ; celles-ci sont parfois obtenues en soumettant simplement les matières premières à des traitements destinés à éviter leurs altérations. Souvent, cependant interviennent des opérations ayant pour but de provoquer des modifications plus profondes, rendant le produit fini très différent des matières mises en œuvre.

## 2. Chaîne alimentaire

Séquence des étapes et opérations impliquées dans la production, la transformation, la distribution, l'entreposage et la manutention d'une denrée alimentaire et de ses ingrédients, de la production primaire à la consommation. ( **Thésaurus du gouvernement du Québec, 2017**)

La transformation alimentaire peut avoir lieu directement sur la ferme où sont produits les aliments bruts : on parle alors d'**agrotransformation**.

Ainsi, selon l'article 1.0.1 de la Loi sur la Protection du Territoire et des Activités Agricoles, la transformation de produits agricoles est considérée comme une activité agricole dans la mesure où elle est faite par un producteur agricole et qu'elle respecte les exigences suivantes : l'emplacement appartient à la même personne ou à la même entité juridique; le site de transformation est aussi un lieu de production des produits à l'origine de la transformation ou de la vente; l'activité principale doit toujours demeurer la pratique de l'agriculture; les produits à être transformés proviennent principalement de leur exploitation agricole ou accessoirement de celle d'autres producteurs ( **CPTAQ, 2000** )



**Figure 1:** le diagramme de fabrication ou process (<https://genie-alimentaire.com/spip.php?article47>)

### **3. Les coproduits de l'industrie agro-alimentaire : des ressources alimentaires de qualité à ne pas négliger**

Même si l'industrie agro-alimentaire a pour objectif de fabriquer des denrées alimentaires destinées à l'Homme, elle a toujours génère simultanément des matières premières non consommables directement par l'Homme mais potentiellement intéressantes pour l'alimentation des animaux.

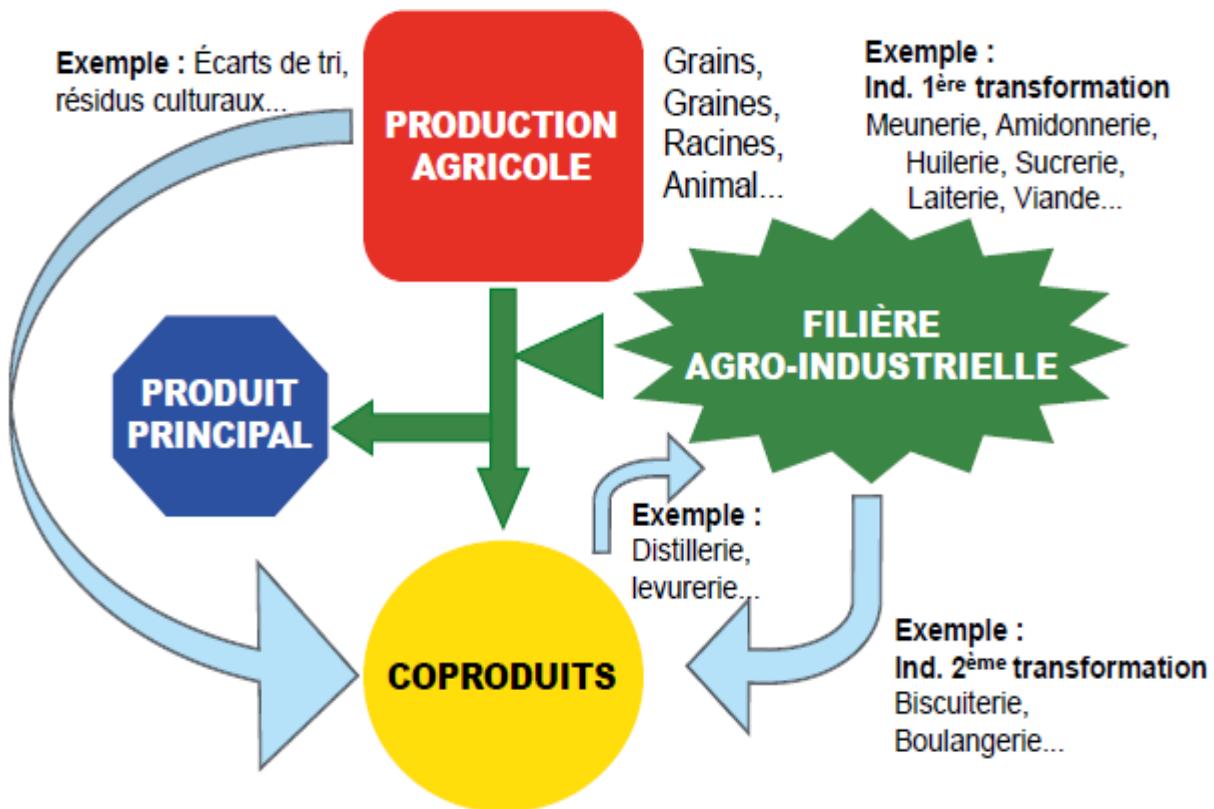
Ultérieurement, les coproduits ont toujours occupé une place importante dans toutes les tables d'aliments publiées à travers le monde. Ainsi, depuis plusieurs décennies, l'utilisation des coproduits dans l'alimentation animale s'est progressivement accrue pour des raisons économiques et environnementales tout en veillant à satisfaire les contraintes réglementaires et sanitaires imposées en élevage.

Depuis les années 1970-80, les réglementations environnementales sont devenues de plus en plus exigeantes afin de réduire la charge polluante des agro-industries, se traduisant par une taxation croissante de la mise en décharge des matières organiques issues des procédés technologiques et non valorisées.

Parallèlement, la meilleure valorisation de ces « résidus » par des voies alternatives à la mise en décharge a été explorée, dont celle de l'alimentation animale, et a conduit à réfléchir à leur valeur alimentaire et, par voie de conséquence, à leur intérêt économique potentiel. En effet, la commercialisation de ces produits d'intérêt pour les productions animales pouvait générer des revenus aux structures industrielles leur permettant alors de financer, au moins partiellement, la mise en œuvre de voies d'amélioration de leur qualité. Le cercle vertueux s'installait : les « déchets » sont devenus des « sous-produits » et progressivement ces ressources ont atteint le statut de « coproduits » (**voir encadre 1**). Ainsi, dans toutes les filières agro-industrielles, la

valorisation des coproduits selon leur prix d'opportunité est intégrée dans le modèle économique associé à la création d'une unité agro-industrielle.

Par ailleurs, les réglementations sanitaires ont pris un rôle croissant d'orientation des possibilités de valorisation des coproduits dans différentes filières animales. Les coproduits d'origine animale ont été les plus concernés par cette évolution. Ainsi au début du XIX<sup>e</sup> siècle, une partie des carcasses de chevaux morts à Paris était utilisée pour nourrir des porcs élevés dans le cadre de l'Ecole Vétérinaire d'Alfort (**Pr. Denis, com. pers.**). Plus tard dans ce siècle, des ouvrages faisaient l'apologie des « farines animales » pour nourrir des animaux ruminants (**Cornevin, 1892**), compte-tenu de leur intérêt nutritionnel élevé. Malheureusement, en raison de l'application inadéquate des traitements technologiques recommandés pour ces coproduits, la crise de la vache folle des années 1990 a conduit la réglementation européenne à interdire strictement l'usage des « farines animales » pour nourrir les animaux d'élevage, notamment en les valorisant au sein de la même espèce.



**Figure 2 :** Modalités d'obtention des coproduits agro-industriels.

**Encadré 1. Définitions réglementaires**

Le terme coproduit n'est pas défini par la réglementation en tant que tel. Parfois, les coproduits sont assimilés à des déchets. Or, deux textes précisent les conditions dans lesquelles *un coproduit peut être exclu de la notion de déchet* : *L'article L. 541-4-2 Article introduit par l'ordonnance française n° 2010-1579 du 17 décembre 2010 qui retranscrit la directive 2008/98/CE du 19 novembre 2008 ainsi que la communication interprétative de la Commission 21 février 2007 sur la notion de sous-produits*.

Ainsi, l'Ordonnance 2010-1579 du 17 décembre 2010 précise qu'un coproduit est une substance ou produit résultant d'un processus de production qui n'est ni un produit, ni un résidu, ni un

déchet, dont la valorisation économique est totale et qui dispose d'un marché adossé à une cotation. Des agents économiques spécialisés, différents des producteurs, interviennent fréquemment pour assurer sa distribution.

*Un déchet est défini par l'Article L541-1 du code de l'environnement comme étant « Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon. »*

La directive 2006/12/CE précise qu'un déchet est une substance ou objet que le producteur cherche à éliminer, à l'intention d'éliminer ou en a l'obligation (mise en décharge, incinération, retour au sol...).

*Un sous-produit est une « Substance ou objet résultant d'un processus de production et qui n'est pas le produit final que ce processus vise à produire, mais dont l'utilisation ultérieure et directe est certaine. La valorisation est partielle, spécifique ou locale. Quand elle existe, la valorisation économique reste de faible valeur ajoutée, soumise aux aléas économiques, et ne permet souvent l'intervention que d'un unique opérateur intermédiaire » (Ordonnance 2010-1579 du 17 décembre 2010). La Directive 2008/98/CE précise les conditions à remplir pour que cette substance soit considérée comme un sous-produit.*

*Les sous-produits animaux sont définis par le Règlement n° 1069/2009 comme « Les cadavres entiers ou parties d'animaux, les produits d'origine animale ou d'autres produits obtenus à partir d'animaux, qui ne sont pas destinés à la consommation humaine, y compris les ovocytes, les embryons et le sperme ». Cette définition couvre un grand nombre de produits dont les coproduits de l'industrie laitière ou écart de production comme les biscuits contenant des*

produits animaux (oeufs, beurre...) font partie. *Un écart de production* peut s'appliquer à un sous-produit de la fabrication d'une denrée alimentaire ou à une ancienne denrée alimentaire.

Enfin, il convient de rappeler qu'à partir du moment où un coproduit est destiné à l'alimentation animale, il devient *une matière première pour l'alimentation animale* et doit en respecter la réglementation.

## **I.1. Résidus générés par les entreprises de mouture de grains céréaliers et oléagineux**

Comme pour les meuneries, le criblage et l'entreposage des grains génère une certaine quantité de résidus organiques. Pour la plupart des installations, le criblage est effectué avant le transport des grains, soit à la ferme ou aux installations d'entreposage. Par la suite, la première transformation des grains en produits alimentaires (farine, flocons, son, etc.) génère des quantités variables de sous-produits et de résidus, selon le type de grain travaillé. Les sous-produits sont largement utilisés en alimentation animale (son et gru de blé par exemple).

La transformation secondaire de la farine de blé en produits à base d'amidon est un procédé humide qui génère des eaux usées riches en amidon. Au moins un établissement de ce secteur effectue la digestion anaérobie des eaux usées pour récupérer la chaleur et génère un digestat liquide (traité à la station de traitement des eaux usées municipales).

La production de margarine à partir d'huiles végétales (2 établissements) génère de petites quantités de résidus organiques à valeur calorifique élevée provenant de lots rejetés ou ne pouvant être refondus (produit périmé, étiquetage non conforme). La production d'huile végétale à partir de grains (soya, tournesol) ou de fruits (olive) laisse également des quantités importantes de tourteaux présentant des possibilités d'utilisation en alimentation animale.

## **I.1. 1. Mouture de grains céréaliers et oléagineux**

La mouture est le procédé employé afin de moudre les grains de céréales, en particulier, le blé, par cylindres ou par meules.

Il existe **4 types** de mouture :

### **I.1. 1. 1. Mouture haute :**

La mouture progressive automatique, par cylindres, est le procédé donnant les meilleurs résultats : on emploie un procédé de mouture haute consistant à « croquer » progressivement le grain entre des cylindres cannelés afin d'en libérer l'amande farineuse.

### **I.1. 1. 2. Mouture basse :**

Mouture effectuée en rapprochant les deux meules du moulin et permettant d'obtenir le maximum de farine

### **I.1. 1. 3. Mouture en grosse (à la grosse) :**

Mouture délivrant au boulanger la farine brute. Il est alors obligé à « bluter » afin séparer de la fleur le son et le gruau.

### **I.1. 1. 4. Mouture rustique.**

Mouture blutée par un seul bluteau.

## I.1. 2. La mouture du blé :

C'est la succession d'étapes qui transforme le blé en farine !

Afin d'obtenir de la farine, la mouture du blé réalisée au moulin, est capitale. C'est le moment où le meunier élimine plus ou moins les enveloppes et le germe puis réduit l'amande farineuse « en poudre ». (Michel G.,1987).

Il existe néanmoins plusieurs techniques de mouture :

- La mouture sur meule
- La mouture sur cylindre

### I.1. 2.1. Le « nettoyage-Mouillage »

Au départ le blé est pesé, les éléments plus gros ou plus lourd, plus petit ou plus léger sont alors éliminés. Le blé passe également à travers un détecteur de métaux qui élimine tout débris métallique. Enfin, le blé est mouillé (parfois plusieurs fois) et mis au « repos » ; ceci permet de séparer plus facilement l'amande farineuse des enveloppes. (Michel G., 1987).

### I.1. 2.2. Le broyage

Une fois le blé propre et humide, il passe plusieurs fois entre des cylindres cannelé permettant de broyer les grains en séparant les enveloppes de l'amande farineuse. Les enveloppes constitueront le son.



**Figure 3 :** Cylindres cannelé

### I.1. 2.3. Le blutage

Cette opération est un tri. Les morceaux de blé sont classés en fonction de leur taille. S'ils sont trop gros, ils retournent au broyage. (**Michel G., 1987**).

La farine est tamisée plusieurs fois dans un appareil appelé « plansichter ».



**Figure 4 :** appareil appelé « plansichter

### I.1. 2. 4. Le claquage

Cette fois-ci, l'amande du blé est réduite en poudre durant des passages successifs séparant la farine des morceaux d'amande trop durs (appelés « refus »).

### I.1. 2. 5. Le convertissage

C'est la dernière phase de la réduction du blé en farine. La semoule passe entre des cylindres dont l'écartement va en diminuant. Elle est alors transformée en farine. (**Michel G., 1987**).

### I.1. 2. 6. Le nettoyage :

Le blé provient le plus souvent d'organismes stockeurs où les agriculteurs rassemblent leur récolte. Il est ensuite acheté par les meuniers qui doivent donc le nettoyer. Le nettoyage est le procédé qui consiste à éliminer toutes les impuretés (poussières, cailloux, pailles...). Un lot de blé reçu au moulin contient en moyenne 1 % d'impuretés qui sont enlevées au cours de ce nettoyage. (**Michel G., 1987**). Les principales machines de nettoyage sont le nettoyeur-séparateur, l'épierreur, le tarare et l'épointeuse.

#### I.1. 2. 6. 1. Le nettoyeur-séparateur

a pour objectif d'effectuer un premier nettoyage à l'aide de tamis. Le blé arrive dans la machine par une trémie et une trappe de répartition à contre-poids (qui permet d'avoir un flux constant) et est alors réparti sur l'ensemble du tamis. Le premier tamis (tamis émetteur) laisse passer le blé à travers ses orifices. Il a pour objectif d'enlever les gros déchets comme les pailles, les gros cailloux, les morceaux de ficelles, etc. Le blé arrive sur un second tamis où les orifices sont plus petits que le grain. Ce tamis (tamis cribleur) a pour but d'éliminer les particules plus petites que le grain comme le sable, les poussières ou les grains cassés. Le nettoyeur-séparateur peut également

être doté d'une aspiration qui permet d'éliminer les poussières avant l'émetteur et après le cribleur.

Le nettoyeur-séparateur trie donc par dimension. (**Michel G., 1987**).

### I.1. 2. 6. 2. L'épierreur

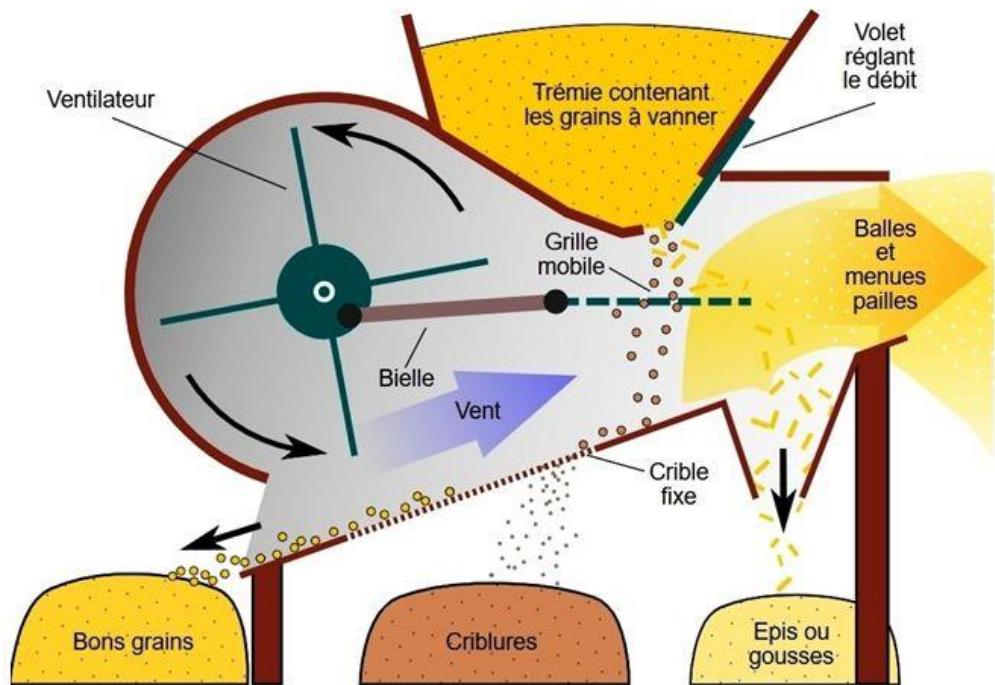
sert, comme son nom l'indique, à enlever les pierres du lot de blé. Pour cela on fait passer le blé sur un tamis à coussin d'air (le souffle étant réglé pour que le blé soit soulevé). Celui-ci est donc poussé vers la sortie alors que les pierres, ayant une masse volumique plus importante, remontent par à-coups (dus à un mouvement rotatif) jusqu'à une goulotte d'évacuation des déchets. L'épierreur repose donc sur un principe de séparation des produits par densité.



**Figure 5 :** L'épierreur

### I.1. 2. 6. 3. Le tarare

(ou épurateur) a également pour objectif de séparer les produits par densité. Le grain est déversé en flot constant dans un canal d'aspiration dans lequel on fait agir un courant d'air ascendant. Le courant d'air doit être juste assez fort pour enlever les poussières, les brisures et les petites pailles sans pour autant enlever le grain. (Michel G., 1987).

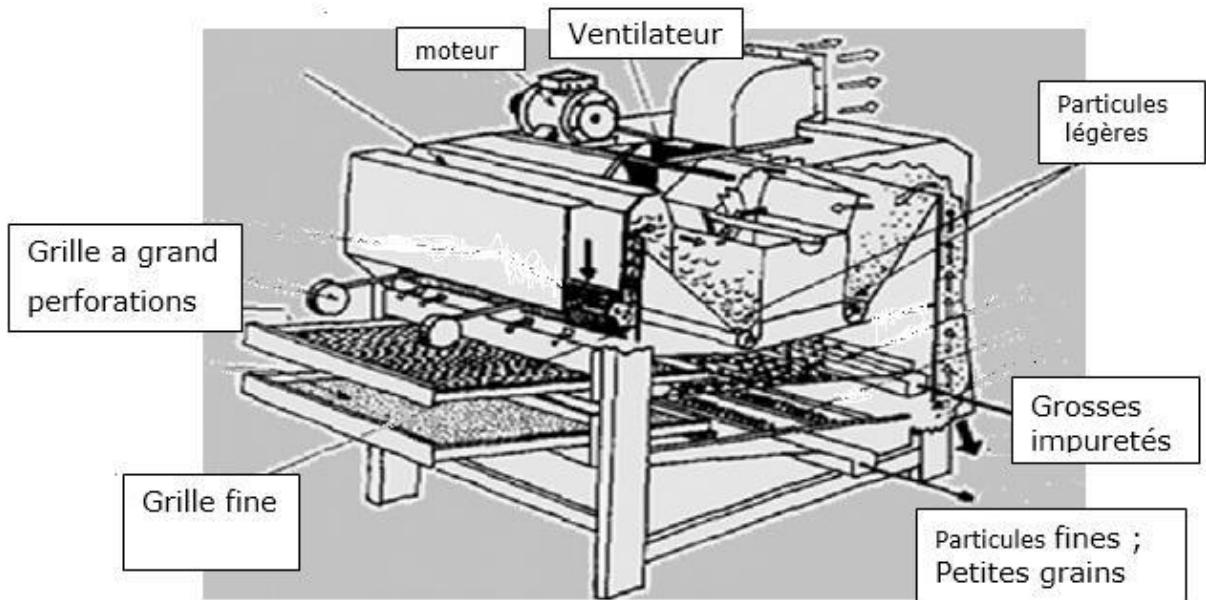


**Figure 6 : Le tarare**

### I.1. 2. 6. 4. L'épointeuse

(ou brosse à blé) est utilisée en dernier car c'est elle qui nettoie le plus en profondeur le grain. Elle agit par friction, en poussant le grain à l'aide de brosses fixées sur un rotor contre des grilles d'une rugosité plus ou moins élevée. L'objectif de cette machine est d'enlever toutes les très fines particules fixées sur le grain, comme les poussières ou les fines barbes qui peuvent encore être

présentes. Elle permet également une meilleure pénétration de l'eau lors du mouillage. (Michel G., 1987).



**Figure 7 : L'époinouseuse**

Certaines machines « englobent » plusieurs machines : le nettoyeur combiné de chez Bühler par exemple, regroupe un nettoyeur-séparateur, un épierreur et un tarare. Cela permet des économies d'énergie (on ne fait tourner qu'une seule machine au lieu de trois) et aussi un gain de place. Depuis peu, le **trieur optique** s'est installé en meunerie. Son objectif est de trier les grains par spectrophotométrie, à l'aide des caméras infrarouges. (Michel G., 1987).

### I.1. 2. 7. Le mouillage

C'est l'étape qui consiste à ajouter de l'eau pour faciliter la séparation entre le tégument (l'enveloppe) et le grain de blé proprement dit. Le mouillage est très important en meunerie car il est en lien direct avec le rendement.

Lors de ce processus, l'humidité du blé est augmentée selon le type de blé.

**Tableau 1 : l'humidité du blé**

Type de blé	Teneur en humidité préconisée
Blé soft	15,5 %
Blé medium	16,5 %
Blé hard	17,5 %

L'appareil est appelé une **vis mouilleuse**. Le mouillage est suivi d'une étape de repos en cellule comprise entre 24h et 48h. Le temps de repos permet à l'eau de pénétrer jusqu'à l'intérieur de l'amande, et d'être bien répartie dans la totalité de la céréale. Un manque de repos peut empêcher une mouture homogène. Dans tous les cas, un repos plus long ne nuit pas à la mouture.

Sachant qu'un blé hard est broyé avec une humidité autour de 17,5 %, et qu'à la réception l'humidité ne peut pas être supérieure à 15 %, le mouillage de celui-ci nécessite alors un apport important d'eau. C'est pourquoi il peut y avoir 2 mouillages lorsque le blé est « hard ». (**Michel G., 1987**).

### I.1. 2. 8. La mouture

C'est la principale étape de fabrication de la farine. Le blé passe dans différents broyeurs (cylindres cannelés). Le blé est ensuite tamisé dans un plansichter pour séparer la farine, les semoules, les fins sons et les gros sons (voir Son (botanique)). Les semoules passent ensuite dans des claqueurs ou convertisseurs (cylindres lisses à contact). La majeure partie des broyeurs est construite par Bühler, Siraga et Socam. À la fin de toute la mouture, on trouve différents produits :

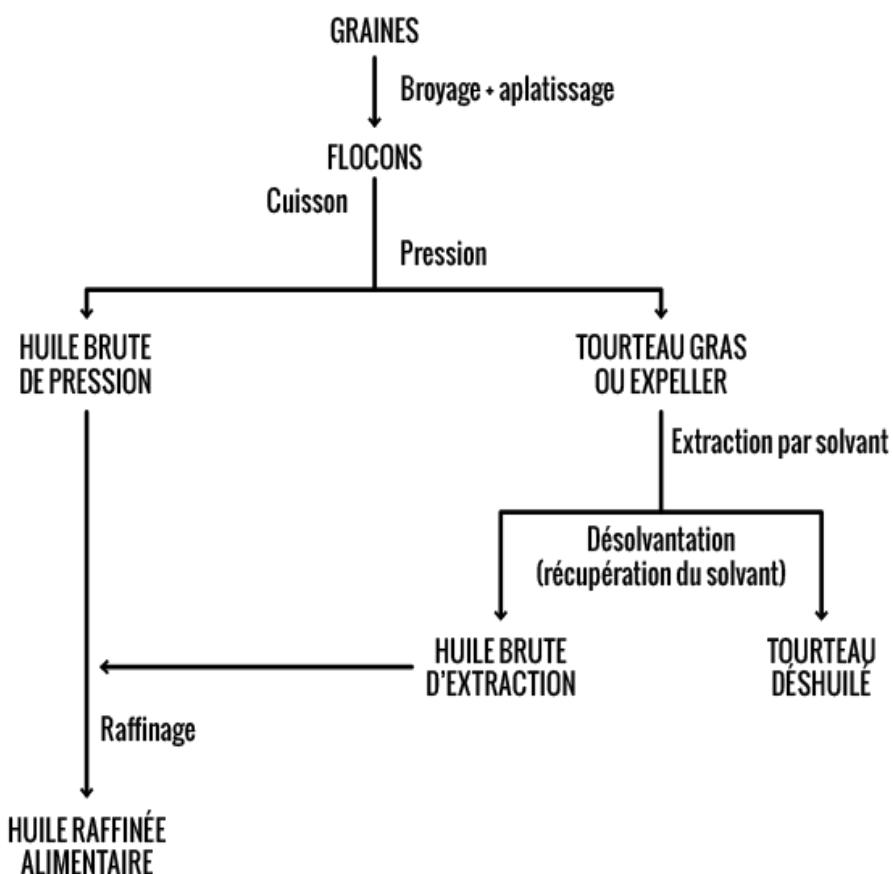
- Gros sons

- Fins sons
- Remoulage bis
- Remoulage blanc
- Farine

## I.2. Mouture des oléagineux

Ces graines possèdent une valeur fonctionnelle prédominante par rapport à l'aspect nutritionnel.

Il s'agit de matières premières dotées d'un contenu élevé en acides gras **Omega 3 et Omega 6**, en **Vitamines A, E, B, en Minéraux, en antioxydants en principes avec une activité prébiotique et bio-stimulante**, localisées généralement dans la fraction lipidique qui constitue de 30 à 50% de la graine.



**Figure 8 :** production D'HUILE des tourteaux d'oléagineux

### I.3. Type de résidus organiques générés Mouture des oléagineux

- Résidus de criblage des grains
- Poussières de nettoyage
- Écorces de grains non comestibles et non digestibles (balle d'avoine; enveloppe d'épeautre; écorce de chanvre; écailles de soya)
- Digestat (eaux usées) riche en amidon
- Tourteaux de la fabrication d'huiles à partir de grains (soya, tournesol)
- Huile et gras végétaux non conformes ou ne pouvant être refondus
- Produits occasionnellement non conformes (ex : barre granola)

### I.4. Types de sous-produits générés Mouture des oléagineux (ayant une valeur commerciale élevée)

- Sous-produits d'amidon
- Son
- Gru de blé

### I. 5. Exemples de valorisation des résidus de la mouture des oléagineux

#### I. 5. 1. Tourteaux de la fabrication d'huiles à partir de grains

Les plantes oléagineuses sont principalement cultivées pour la production d'huiles végétales. Ces huiles sont obtenues par un procédé appelé trituration au cours duquel les graines sont broyées et pressées, laissant alors un coproduit appelé tourteau d'oléagineux. Ces derniers ne contiennent qu'une très faible teneur en matières grasses résiduelles, mais sont concentrés en d'autres nutriments, notamment en protéines. Cette caractéristique fait des tourteaux d'oléagineux les principaux ingrédients protéiques pour l'alimentation animale en France et dans le monde.

Plus de 20 millions de tonnes de tourteaux d'oléagineux sont produits chaque année par les pays de l'Union Européenne. Le soja, le colza et le tournesol représentent 94% de la production totale. Pays d'élevage, la France est le premier consommateur de tourteaux de l'Union Européenne, devant l'Allemagne, l'Espagne et les Pays-Bas.

## I. 5. 2. Son

Il est la principale composante des sous-produits issus de la mouture des variétés de blé dur cultivées en Algérie. Le son est composé essentiellement des enveloppes externes du blé dur. On distingue le son gros formé de petites écailles non altérées et le son fin constitué d'écailles pulvérisées et des restes des téguments très fins.

Le son est un coproduit agricole abondant, issu des procédés de meuneries et de bioraffineries. Il correspond aux enveloppes végétales qui entourent et protègent le grain de blé. Actuellement, ce coproduit est majoritairement valorisé en alimentation animale et trop peu exploité pour la production de molécules à haute valeur ajoutée.

Le son de blé est au cœur du projet ValBran de par sa disponibilité et sa faible récalcitrance à une conversion biologique ne nécessitant aucune étape de prétraitement physicochimique. Par ailleurs, au regard des tonnages de production mondiale des biotensioactifs ciblés dans le projet (esters de sucre et alkyl glycosides), le choix du son permet de ne pas déstabiliser cette filière, principalement orientée vers l'alimentation animale. L'approche biocatalytique (synonyme de « enzymatique ») développée au sein du projet permet d'estimer une production de biotensioactifs s'élevant à 100 à 150 kilos par tonne de son de blé.

## II. Résidus générés par les entreprises de fabrication de sucre et de confiseries

### II.1. L'extraction et le raffinage 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.

Le procédé standard d'extraction du sucre de canne blanc est assez semblable à celui du sucre de betterave. Excepté pour l'étape d'extraction initiale, les opérations sont similaires. Le jus de canne subit alors les mêmes opérations que le jus de betterave. Il est chauffé en présence d'agents, tels que le carbonate de calcium, l'hydroxyde de calcium, le dioxyde de carbone (clarification calco-carbonique) et le dioxyde de soufre, qui précipitent les protéines et autres substances secondaires. Par la suite, la solution sucrée est filtrée et soumise à une évaporation initiale, suivie d'une évaporation à vide jusqu'à la formation d'un sirop présentant des signes de cristallisation initiale. Ce sirop, qui reçoit le nom de masse-cuite, est soumis à une nouvelle évaporation jusqu'à ce que le processus de cristallisation soit avancé. Par la suite, les cristaux de sucre sont séparés du liquide par centrifugation. Le liquide, qui contient encore du saccharose et une petite quantité de sucres non-cristallisables, constitue la mélasse.

À la différence de la betterave, la canne à sucre est cultivée dans les pays tropicaux. De ce fait, il est exporté sous forme de sucre brut provenant des usines appelées « **moulins** » qui sont opérées dans le voisinage des champs de culture. Le raffinage du sucre brut est donc effectué par la suite dans les « **raffineries** » situées dans les pays importateurs. (**Arzate A.,2005**).

## II.2. Les moulins

À son arrivée au moulin, la canne suit les opérations de base du procédé d'extraction du sucre de canne brut. Ces opérations sont illustrées à la Figure 9 et 10 et décrites plus loin dans le texte. On peut observer ici que les moulins ne réalisent pas d'épuration calco-carbonique à proprement parler, mais plutôt une alcalinisation progressive.

Les opérations de base du procédé d'extraction du sucre de canne brut sont numérées ci-dessous :

- a) Extraction (*Milling train*)
- b) Épuration (*Heater and clarifier*)
- c) Évaporation (*Evaporator station*)
- d) Cristallisation (*Crystallization*)
- e) Malaxage, turbinage (*Centrifugals*)
- f) Séchage (*Sugar driers*)
- g) Emballage, entreposage (*Bulk sugar handling*)

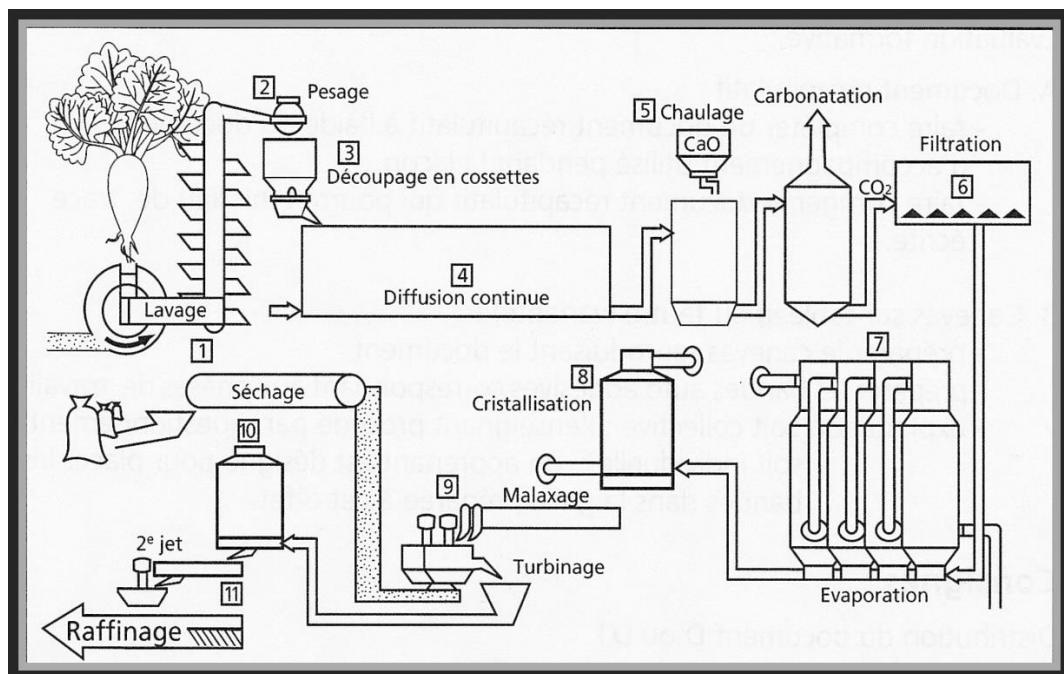


Figure 9 : procédé d'extraction du sucre

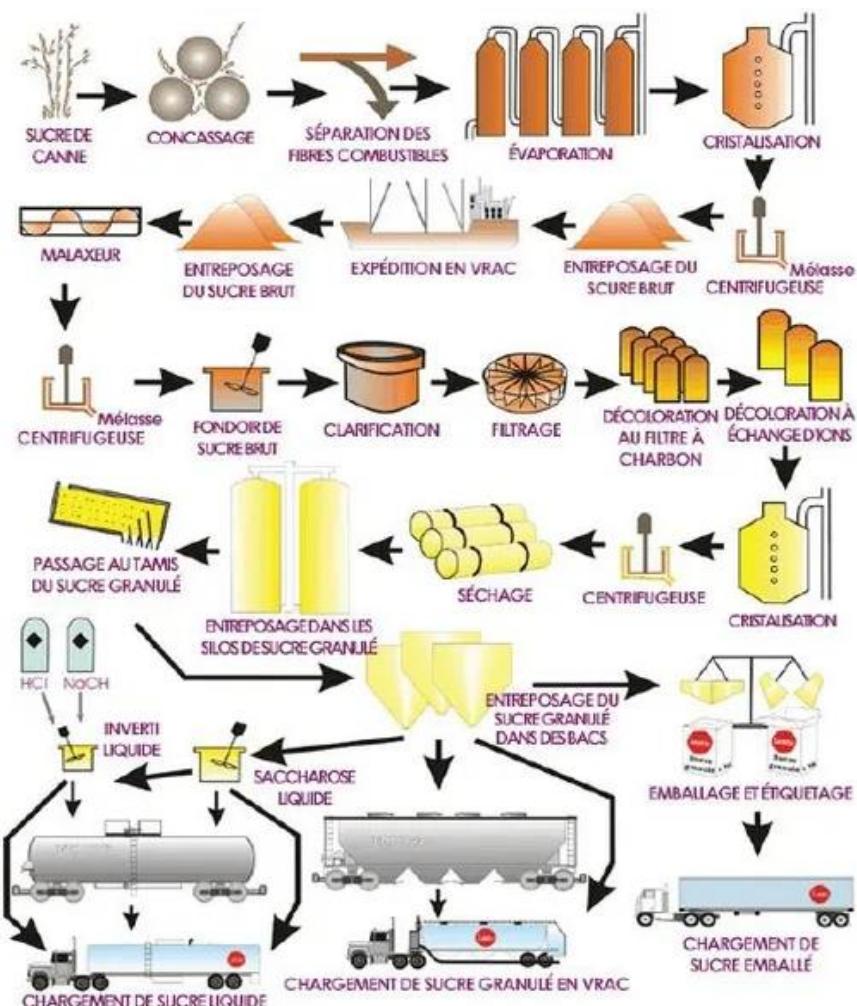


Figure 10 : Schéma de raffinage canne à sucre

## II.3. Extraction

Lors de l'extraction, les morceaux de canne à sucre passent dans une série de trois moulins cylindriques montés en triangle et tournant lentement (4 à 6 tr/min). La canne subit deux broyages dans chaque moulin donnant ainsi un liquide sucré, le « vesou ». Ce liquide est récupéré au-dessous du groupe de moulins et analysé en laboratoire afin de déterminer sa teneur en sucre. La « bagasse », résidu fibreux qui sort des moulins, sert de combustible à la chaudière qui alimente toute l'usine en vapeur.

Les moulins permettent d'extraire 92 % à 96 % du saccharose contenu dans les tiges de canne.

Le vesou est de couleur brune assez trouble avec une composition et une qualité qui varient selon la variété et la qualité de la canne. L'intervalle pour la teneur de chaque composant du vesou est présenté au Tableau 2. Le saccharose représente entre 10 % et 18 % du vesou.

**Tableau 2 :** Composition du vesou.

COMPOSANT	TENEUR (%)
Eau	80 – 85
Saccharose	10 – 18
Sucres réducteurs	0,3 – 3
Composants organiques	0,7 – 3
Composants inorganiques	0,2 – 0,6
Total	100

Les composants non-sucrés retrouvés dans le vesou sont des hydrates de carbone, des composants azotés organiques, des acides organiques, des matières colorées, des cires, des graisses, des sels inorganiques et du silice. Le vesou a une composition différente à celle du jus de la betterave. Il

est notamment riche en sucres réducteurs et en composants phénoliques qui favorisent le développement des couleurs foncées. (Arzate A.,2005).

## II.4. Épuration

Le vesou qui contient un grand nombre d'impuretés est d'abord épuré par tamisage pour enlever surtout les particules ligneuses, et ensuite par chauffage et par ajout de chaux (chaulage). Une alcalinisation progressive du vesou jusqu'à un pH supérieur à 8 a donc lieu.

Après le chaulage, le vesou est porté à ébullition (105 °C) dans des réchauffeurs afin de favoriser l'insolubilisation du floculat. Dans le clarificateur, le vesou décante et les impuretés noires ou « boues » se déposent au fond (voir Figure 9 et 10). Le jus clair obtenu en surface contient de nombreux sucres réducteurs, car l'épuration ne les détruit pas.

Les boues récupérées au fond du décanteur sont mélangées avec la fine bagasse (adjuvant de filtration) et sont filtrées sur des filtres rotatifs sous vide. Le jus obtenu est renvoyé en épuration, tandis que la boue (ou écumes) devient un sous-produit. (Arzate A.,2005).

## II.5. Évaporation et cristallisation

Le jus clair est chauffé à différentes températures dans des évaporateurs à pression une masse pâteuse (masse-cuite) qui renferme des cristaux de sucre et un liquide visqueux appelé plus que 40 000 tonnes à la fois.

## II.6. Les raffineries

Le raffinage du sucre de canne brut est fait dans des usines appelées raffineries. Les opérations à suivre lors du raffinage sont illustrées à la Figure 10 et une brève description de chacune est présentée ci-dessous :

## II.6. 1. Transport du sucre brut

Le sucre brut est déchargé sur un convoyeur qui l'amène directement dans l'entrepôt où il est entreposé en piles. Cet entrepôt peut contenir jusqu'à 65 000 tonnes de sucre.

## II.6. 2. Lavage du sucre brut

À la station d'affinage, à l'aide d'un malaxeur, le sucre brut est imprégné dans un sirop saturé qui favorise la dissolution superficielle des cristaux. La couche superficielle des cristaux, la plus impure, est dissoute. La masse-cuite ainsi obtenue est centrifugée pour retirer la mélasse résiduelle en surface. Le sucre obtenu est un sucre d'affinage.

## II.6. 3. Clarification

Le sucre d'affinage est dissous dans de l'eau chaude. Le sirop trouble formé est alcalinisé par addition de lait de chaux. Les impuretés sont retirées par flottaison et filtration.

## II.6. 4. Décoloration

La décoloration du sirop se fait en deux étapes. Le sirop passe d'abord dans des citernes remplies de « noir animal » (particules calcinées d'os de boeuf). Par la suite, le sirop passe par des colonnes de résines complétant ainsi la décoloration. Le sirop est presque aussi limpide que l'eau.

La capacité décolorante du noir animal est recouvrée en brûlant dans un four les matières organiques qu'il a retirées du sirop. Quant aux résines, elles sont régénérées par désucrage, à l'aide d'une saumure. (Arzate A.,2005).

## II.6. 5. Cristallisation, malaxage, turbinage et séchage

La cristallisation du sucre se fait dans des chaudières à cuire pouvant produire jusqu'à 50 tonnes de sucre à la fois. L'eau est évaporée sous vide à environ 70 °C, ce qui économise l'énergie et empêche la caramélation du sucre. (Arzate A.,2005).

## II.7. Coproduits de l'industrie sucrière

### II.7. 1. Mélasse

La mélasse désigne le principal sous-produit de préparation du sucre cristallisé à partir de la betterave sucrière, canne à sucre ou de raffinerie. La mélasse se présente sous forme d'un résidu sirupeux, pâteux visqueux, de coloration brun noirâtre, incristallisable, obtenu après le turbinage de la masse cuite du 3ème jet. De manière générale nous pouvons définir la mélasse comme étant la quantité de saccharose retenu par le non sucre (Arzate A.,2005 ; Signoret M.G.,2006).



**Figure 11 :** Melasse

La composition chimique des mélasses de betterave et de canne est donnée dans le tableau 3

**Tableau 3 : Composition chimique des mélasses de betterave et de canne (d'après la méthode de calcul INRA 1988)**

Paramètres de mesure	Mélasse de betterave	Mélasse de canne
Matière sèche (%)	73	73
Matières minérales (%)	13	14
Matières azotées totales	15	6
Sucres totaux	64	64
Calcium (g/Kg MS)	3,7	7,4
Phosphore (g/Kg MS)	0,3	0,7
Potassium (g/Kg MS)	82	40

Les mélasses présentent des teneurs en cellulose brute et en matières grasses très faibles. Pour les deux mélasses, la teneur en acides aminés est faible : en lysine, méthionine, cystine, tryptophane et thréonine. En revanche, la mélasse de betterave est bien pourvue en bétaine et acide glutamique (4 à 5% de la MS). L'autre fraction de la matière organique « non sucré » des mélasses de betterave correspond à des acides organiques (6 à 8%) : acide lactique, malique, acétique, oxalique principalement ; tandis que les mélasses de canne contiennent une quantité non négligeable de gommes solubles et complexes hydrocarbonés (4%) et acides organiques (3%) : acides acotinique, citrique, malique, succinique. Les mélasses de canne sont plus riches en phosphore et calcium que les mélasses de betterave. (Signoret M.G.,2006)

## II.7. 1. 1. Valorisation de la mélasse

### II.7. 1. 1. 1. Alimentation des animaux

La mélasse est généralement mélangée ou simplement épandue sur le fourrage, outre le fait qu'elles accroissent l'appétibilité, les mélasses se substituent à d'autres glucides plus couteux. Leurs propriétés laxatives constituent, dans de nombreux cas, un avantage supplémentaire. On ne dépasse pas les doses suivantes dans les aliments secs : bovin : 15%, Ovins: 8%, porcs : 15% et volaille : 5%. La mélasse est très fermentescible et on l'ajoute parfois à l'herbe à une dose de 5% environ. On peut également utiliser la mélasse pour rendre les ensilages en tas étanches à l'air. Il suffit d'ajouter 50 Kg par mètre carré. On peut pulvériser la mélasse au cours de la fenaison pour réduire la défoliation. Si la consommation de protéines joue le rôle de facteur limitant de la production, on peut mélanger de l'urée à la mélasse ; jusqu'à la dose de 2 à 3%, du fait qu'un tel mélange est carencé en phosphore, il est capitale d'apporter de l'acide phosphorique soit dans le mélange soit dans le complément minéral, l'eau de boisson doit être fournie à proximité du distributeur. Ces produits ont une très forte teneur en urée, en général voisine de 10%, mais parfois beaucoup plus élevée. Leur consommation journalière est réduite, le plus souvent de l'ordre de 0,5 Kg/jour. D'autre part, la mélasse et les suppléments à base de mélasse et d'urée ont un effet très net sur la productivité du bétail et ses capacités reproductives lorsque le fourrage et les autres aliments font défaut, comme c'est le cas en saison sèche. (**Signoret M.G.,2006**)

### II.7. 1. 1. 2. Utilisation de la mélasse pour les vaches laitières

La mélasse est généralement mélangée ou simplement épandue sur le fourrage. Elle doit venir en remplacement du concentré dans le calcul de la ration. Dans le rumen, les acides gras volatils

formés (acide butyrique) ne sont pas particulièrement favorable à la production laitière. Voici un exemple de ration pour vaches laitières, équilibrée à 20 litres de lait.

**Tableau 4:** Ration pour vache laitière

Mélasse de betterave	2,5 Kg
Ensilage de maïs à 27% de MS	40 Kg
Complément azoté à 42% de MAT	2,4 Kg
Aliment minéral type 10-20P-Ca	0,2 Kg

### II.7. 1. 1. 3. Utilisation de la mélasse par les ovins

La mélasse peut remplacer une partie des céréales de la ration. On limitera l'apport à 0,6 Kg par brebis et par jour à environ 0,2 Kg par agneau de 30 Kg. Il ne faut surtout pas oublier de mettre une pierre à sel à la disposition des animaux. L'emploi de la mélasse en aspersion sur des fourrages de qualité médiocre permet d'augmenter les quantités ingérées du fait de son appétence. (Signoret M.G.,2006)

### II.7. 1. 1. 4. Fabrication du rhum

Deux types de rhum sont produits à la réunion ; le rhum traditionnel issu de la distillation de la mélasse et le rhum agricole issu de la distillation du jus de la canne à sucre. La fabrication du rhum traditionnel comporte six phases successives :

#### a) La dilution :

la mélasse est diluée avec de l'eau afin d'en réduire la densité et ainsi obtenir un mout sucré. –

#### b) L'ensemencement :

une fois diluée, on ajoute à la mélasse des levures qui se multiplient dans les cuves mères. Lorsqu'elles sont nombreuses, elles sont transférées dans des cuves de grande capacité pour la fermentation.

### **c) La fermentation :**

Les levures privées d'oxygène, transforment le sucre du mout en alcool. Cette fermentation dure environ 24 heures, on obtient « un vin de canne » (mélange d'eau, de composés aromatiques et d'alcool) dont le degré en alcool est à environ 10°.

### **d) La Distillation :**

le vin obtenu est centrifugé afin d'en séparer les levures ; on appelle cette phase la clarification. Le vin est réchauffé dans une cuve appelé « chauffe vin » puis dirigé vers les colonnes à distiller. Grace à la chaudière, de la vapeur d'eau est injectée à la base de la colonne puis elle remonte à travers plusieurs plateaux eux-mêmes recouverts d'alcool. La colonne à distiller est constituée d'un empilement de plateaux perforés qui a pour but de laisser passer la vapeur pour extraire l'alcool de l'eau. L'alcool s'évapore et monte le long de la colonne tandis que l'eau reste en bas pour être évacuée. La vapeur ainsi récupérée et refroidie donnera le rhum blanc à 49°. (**Signoret M.G.,2006**) et (**Besancenot J.M., Morel d'Arleux F.,1991**).

### **e) Maturation et vieillissement :**

La maturation et le vieillissement ont pour but de donner de la couleur au rhum et de lui faire développer son arôme. Plus le vieillissement sera long, plus il sera moelleux et fruité.

## **II.7. 1. 1. 5. La mélasse milieu de culture pour la production de levure et de bioéthanol**

### a) Production de levure

Les mélasses ont une composition complexe ce qui fait d'elles un milieu de culture adéquat, un certain nombre d'opération doivent être effectuées pour permettre la culture des levures. La clarification n'est pas obligatoire avec les mélasses de betteraves, mais généralement bénéfique avec les mélasses de canne. Son but est l'élimination partielle des boues minérales, des gommes et d'une partie du calcium. Le sirop de mélasse doit être dilué jusqu'à l'obtention de la concentration souhaitée. La solution est par la suite ajustée à pH souhaité et épuré par centrifugation. Ensuite la solution est autoclavée. Les mélasses de betterave et de cannes à sucre permettent d'obtenir des biomasses protéiques ou des levures pour la panification ; les deux espèces les plus cultivées sur ces substrats sont *saccharomyces cerevisiae* et *Candida utilis*. Un fermenteur de 100 m<sup>3</sup> permet d'obtenir 5 tonnes de levure en 20 heures. Les contrôles d'alimentation du milieu, du pH, d'aération et de température, sont très rigoureux afin d'optimiser la qualité des levures finales. Une période de maturation est effectuée avant la collecte : elle consiste à arrêter l'alimentation du milieu en maintenant l'aération de façon à ce que le bourgeonnement soit stoppé. Les levures sont concentrées et séparées du mout. L'opération est réalisée en continu sur des appareils centrifuges qui permettent de laver la levure et d'obtenir une crème, puis filtration par des filtres rotatifs continus sous vide. Le gâteau obtenu à 30% de matière sèche est extrudé en pain de levures qui se conservent quelques semaines à 4°C. (**Signoret M.G. , 2006**) et (**Rivière J. et Hestot M.,1979**).

### b) Production de bioéthanol

#### b.1.) La souche utilisée :

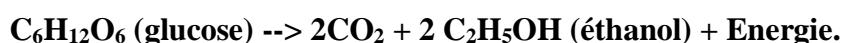
En général, les levures appartenant aux genres *Saccharomyces* sont les plus utilisées, malgré les nombreuses espèces de microorganismes connues pour leur capacité à fermenter les sucres en

éthanol. En effet, les souches telles que *Saccharomyces cerevisiae* possèdent plusieurs avantages dont : (**Rivière J. et Hestot M.,1979**).

- La stabilité génétique.
- La capacité de fermenter le milieu le plus rapidement possible et produire de l'éthanol avec un rendement proche du rendement théorique.
- Peu exigeantes en facteur de croissance pour limiter les additions en vitamines aux milieux industriels.
- Haute tolérance à l'éthanol, afin de conserver une bonne viabilité en fin de fermentation.
- Croît rapidement, sur un substrat peu coûteux.
- Conserve dans le temps ses caractères biochimiques, sans risque de variations génétiques.

### **b.2.) Caractéristiques de *Saccharomyces cerevisiae***

La levure saccharomyce utilise la respiration pour oxyder le glucose, elle extrait ainsi 40% de l'énergie contenue dans ce métabolite. Grâce à cette énergie, elle réalise ses travaux cellulaires et se reproduit par bourgeonnement. Mais elle utilise aussi la fermentation alcoolique qui, elle, n'extrait qu'environ 2% de l'énergie du métabolite. (**Rivière J. et Hestot M.,1979**). La fermentation alcoolique est une dégradation très incomplète du glucose puisqu'elle produit en plus du dioxyde de carbone, un résidu organique qui contient de l'énergie potentielle : l'éthanol. L'équation de l'oxydation incomplète du glucose au cours de la fermentation alcoolique est: (**Besancenot J.M., Morel d'Arleux F.,1991**).



Dans les cultures de *Saccharomyces cerevisiae* développées en anaérobiose, seulement 10% du glucose est converti en biomasse et le restant est incorporé dans l'éthanol, le glycérol et le pyruvate, parfois même dans le succinate. (**Signoret M.G.,2006**).

## **II.7. 1. 1. 6. La mélasse pour remédier au problème des chaussées glissantes :**

Afin de rendre leurs routes moins glissantes, certaines municipalités du centre de Québec ont recours à un mélange de sel et de mélasse, ce produit baptisé « Clear Lane », a été adopté par plessis ville, le produit à base de chlorure de sodium de magnésium et de mélasse de canne est distribué par la firme centricoise sels Warwick. Ce produit offre de nombreux avantages comparativement au sel traditionnel. Il va avoir moins de roulement et de rebondissement sur la chaussée. (**Besancenot J.M., Morel d'Arleux F.,1991**).

## **II.7. 1. 1. 7. La mélasse comme insecticide :**

Le charançon rouge est l'ennemi n°1 du palmier, la lutte contre ce ravageur est très difficile et nécessite de mettre en place des moyens importants à grande échelle. Le Dr. Victoria Soroker a proposé un protocole de piégeage : un à sept pièges par ha sont installés en fonction de la densité de l'infection, de l'âge et de rejets. Le piégeage sert avant tout à détecter les foyers de charançon et secondairement à réduire la population. Les pièges utilisés sont composés d'une capsule à phéromone associée à un attractif alimentaire (dattes et mélasses de canne à sucre). Un insecticide prévient toute fuite des insectes capturés. (**Signoret M.G.,2006**)

## **II.7. 2. Bagasse**

La bagasse est le résidu fibreux obtenu après broyage de la canne pour en extraire le jus.



**Figure 12 :** bagasse

### **II.7. 2. 1. Valorisation énergétique : électricité**

A la Réunion, une stratégie de canne-énergie a été développée depuis 1982. Après l'extraction du sucre, la bagasse est transportée vers les centrales thermiques pour produire de l'énergie, vapeur pour la sucrerie et électricité vendue sur le réseau EDF. Les centrales de Bois-rouge et du Gol produisent environ 1256 GW/an dont plus de 273 GW/an avec la bagasse. Cette stratégie de cogénération a depuis été reprise dans de nombreux pays sucriers (Brésil, Thaïlande, Guatemala, Ile Maurice, Guadeloupe...). Les agrocarburants de seconde génération sont issus de l'hydrolyse des fibres végétales (bois, paille, bagasse...). Le bilan énergétique des agrocarburants de seconde génération est 2 à 3 fois supérieur à celui de ceux de première génération. La compagnie Dedini SA (Piracicaba, Sao Paulo) au brésil a breveté un procédé de saccharification de la bagasse par hydrolyse acide. Le procédé n'est pas encore industrialisable et un pilote de 500 L/jour est en test. L'hydrolyse de la cellulose et des hémicelluloses des fibres de bagasse conduit à des sucres simples en C6 et en C5. L'éthanol est obtenu par la fermentation de ces sucres avec des résultats

satisfaisants. Les recherches sont en cours afin d'améliorer les rendements de fermentation notamment pour les sucres en C5. (**Rouanne F.,2000**). Les voies de conversion les plus prometteuses pour produire les biocarburants de seconde génération sont celles qui utilisent les procédés thermochimiques de pyrolyse et de gazéification. La plante entière est ainsi convertie en gaz de synthèse ou syngaz (CO et H<sub>2</sub>). Ils peuvent être valorisés par deux voies. La première en utilisant des réactions catalytiques de conversion de gaz à l'eau qui permet d'optimiser la production d'hydrogène pour les piles à combustibles. La deuxième en utilisant le procédé connut Fisher-Tropsch pour produire des hydrocarbures de synthèse pouvant substituer le gasoil ou l'essence. (**Besancenot J.M., Morel d'Arleux F.,1991**).

Le CO<sub>2</sub> des centrales thermiques pourrait aussi être considéré comme un coproduit notamment avec le développement des réacteurs microalgues qui vont fixer le CO<sub>2</sub> grâce à la photosynthèse. Ces microalgues sont ensuite valorisées pour des synthons (lipides...) ou en énergie (éthanol ou thermique).

## II.7. 2. 2. Valorisation en molécules organiques

La bagasse est également à la base de production du furfural et d'hydroxyméthyl furfural comme c'est le cas en Afrique du Sud. Une grande proportion du furfural est réduite en alcool furfurylique, qui est une matière première pour diverses résines furaniques, caractérisées par une très bonne résistance à la température et aux agents chimiques agressifs, ces résines sont ensuite utilisées pour la fabrication de plastique. La bagasse est aussi une source de xylose obtenue par hydrolyse des hémicellulose. La xylose peut être convertie par réduction en xylitol qui est utilisé dans de nombreux médicaments, ainsi que dans l'industrie alimentaire, comme édulcorant naturel. Par rapport aux tiges, les bouts blancs ont de plus fortes teneurs en molécules organiques. La mise en place de procédés de valorisation est en cours notamment en Louisiane avec des pistes par voie fermentaire. (**Signoret M.G.,2006**)

## II.7. 2. 3. Valorisation agronomique

La bagasse sert de support à la culture de champignons comme c'est le cas à la Réunion, en guadeloupe et en indonésie. Les pailles qui restent aux champs sont une source non négligeable de minéraux et de matière organique pour le sol. La bagasse, la paille et les bouts blancs peuvent aussi être utilisés comme aliment pour le bétail seul ou en mélange avec la mélasse. (**Besancenot J.M., Morel d'Arleux F.,1991**).

## II.7. 2. 4. Valorisation en matériaux

Parmi les sources de fibres autres que le bois, la bagasse est la plus utilisée (20%) pour la fabrication des pâtes à papier, devant le roseau (17,5%) et les pailles de céréales (17%). Des papeteries à base de bagasse sont implantées en inde, Afrique du sud, Mexique... La pâte à papier est obtenue par délignification selon 2 procédés classiques : cuisson « Kraft » (soude et sulfure de sodium) ou cuisson alcaline (soude-anthraquinone). Des innovations récentes permettent la fabrication de contenant alimentaire (assiettes, gobelets, barquettes...). Au Brésil, la société EDRA réalise un composite de différents plastiques recyclés avec de la bagasse comme renfort pour réaliser différents objets (chaises, boites...). La transformation de bagasse en panneaux existe au stade industriel dans différents pays, à la Réunion, l'usine de la Mare a produit du « bagapan » dans les années 1970. (**Signoret M.G.,2006**).

Les panneaux en bagasse actuels ont une faible résistance à l'humidité et aux champignons. Des travaux ont permis de modifier chimiquement les fibres de bagasse pour améliorer leur propriété technologique : **Hoareau (2005) a modifié la lignine ; Paiva et Frollini (2002)** ont modifié la cellulose et les hémicelluloses.

### **III. Résidus générés par les entreprises de fabrication de produits laitiers**

Le lait est un mélange complexe constitué à 90% d'eau et qui comprend : **FAO, (1995)**.

- une solution vraie : sucre + protéines solubles + minéraux + vitamines hydrosolubles
- une solution colloïdale : protéines, en particulier les caséines
- une émulsion : matières grasses

La densité du lait de vache est de 1,032.

Le pH du lait est proche de la neutralité : 6,6 à 6,8.

**Tableau 5** : composition chimique du lait de vache (en g/l) **GRAVIER S., 1997**

eau	902
Matière sèche	130
Glucides (lactose)	49
Matière grasse	39
Lipides	38
Phospholipides	0,5
Composés liposolubles	0,5
Matière azotée	33
Protéines	32,7
Caséines	28
Protéines solubles	4,7
Azote non protéique	0,3
Sels	9
Biocatalyseurs, enzymes, vitamines	traces

### III. 1. Les techniques de transformations du lait

Grâce à la **richesse de ses composants** et à des **procédés de transformation physiques et biologiques**, le lait donne naissance à une grande diversité de produits laitiers.

Les gestes de la laitière d'autan ont été conservés et optimisés avec la technologie actuelle pour toujours plus de qualité et de garanties.

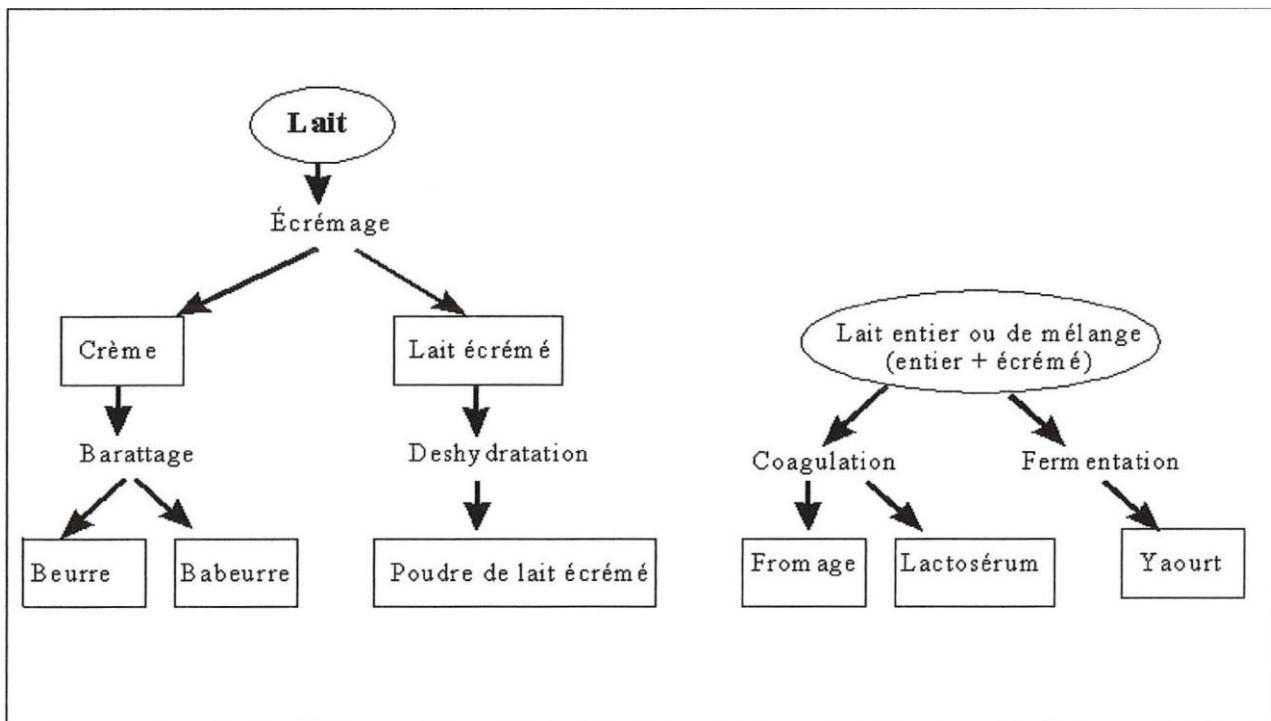


Figure 13 : transformation du lait. (CIRAD-GRET, 2002)

### III.1. 1. Le lait pasteurisé et le lait stérilisé

Le lait peut subir un traitement thermique qui détruit les germes, partiellement (pasteurisation) ou totalement (stérilisation).

Le **lait stérilisé**, porté 3 à 4 secondes à 160 °C, peut se conserver longtemps à température ambiante (90 jours en pays tempérés). Mais la stérilisation peut être difficile à mener dans une petite structure de production sans matériels ni outils adaptés. (FAO, 1995).

#### III.1. 1. 1. La pasteurisation

Est un traitement moins sévère ; elle peut être obtenue en maintenant le lait 20 secondes à 80-85 °C ou 30 minutes à 63 °C. Moins coûteuse et plus simple que la stérilisation, elle nécessite de

contrôler avec attention la durée et la température du traitement, puis d'assurer un refroidissement rapide du lait pour ne pas l'exposer trop longtemps à des températures favorables au développement de micro-organismes (20-30 °C). Le lait pasteurisé ne se conserve que quelques jours au froid. (**GRAVIER S., 1997**)

### **III.1. 2. Le lait fermenté**

Le développement des bactéries lactiques dans le lait s'accompagne d'une dégradation (fermentation) du lactose (sucre du lait) en acide lactique, ce qui limite le développement des micro-organismes nuisibles et provoque la coagulation du lait. C'est le mode de transformation le plus courant en Afrique. Il permet d'obtenir un produit plus facile à conserver que le lait, mais aussi plus digeste (dégradation du lactose), et auquel on prête des vertus thérapeutiques. Deux techniques sont possibles pour la fermentation : (**FAO, 1995**).

#### **III.1. 2. 1. la fermentation spontanée**

On laisse le lait fermenter tout seul en le maintenant à un niveau de température et d'humidité relative appropriées; (**FAYE B., 1999**).

#### **III.1. 2. 2. la fermentation conduite**

Le lait est pasteurisé puis réensemencé avec des starters ou levains sélectionnés. C'est théoriquement la seule méthode envisageable au niveau industriel ou au niveau d'une mini laiterie. (**EHUI S., et al, 2002**)

### **III.1. 3. Le fromage**

La conservation des fromages est plus facile que la conservation du lait cru car leur moindre teneur en eau limite le développement microbien. De plus ils sont parfois fabriqués avec du lait pasteurisé ce qui accroît encore leur stabilité. La fabrication du fromage passe par deux étapes :

### **III.1. 3. 1. le caillage :**

C'est la coagulation du lait. Elle peut s'opérer grâce au développement des bactéries lactiques qui provoque l'acidification du lait : c'est la caillage lactique. Elle peut également être obtenue sous l'action d'enzymes ; on utilise alors souvent la présure extraite de la caillette de veau ; (FAO, 1995).

### **III.1. 3. 2. l'égouttage :**

le caillé se contracte et expulse une partie de l'eau qui le compose. L'égouttage consiste à éliminer ce liquide appelé le lactosérum. Cette opération s'accompagne d'une perte d'éléments nutritifs. Le caillé, ou fromage frais, servira de matière première à tous les fromages. (FAO, 1995).

L'élimination du lactosérum est partielle pour les fromages frais, et totale pour les fromages affinés. Elle est alors accélérée grâce au salage (par ajout de sel ou trempage dans la saumure), au découpage et au pressage. Le salage facilite par ailleurs la conservation. (FAYE B., 1999.)

L'affinage permet ensuite de modifier les caractéristiques du fromage grâce au développement de certains micro-organismes ou à l'ajout de sel ou de ferments. (FAO, 1995).

### **III.1. 4. La crème**

Le lait a une aptitude naturelle à se séparer en crème et lait écrémé. Pour obtenir la crème, on peut pasteuriser le lait de la traite du soir, le refroidir et le stocker à une température inférieure à 10-12 °C toute la nuit. Le matin, on peut recueillir une épaisse couche de crème. Cette séparation peut

être accélérée par centrifugation. La crème contient 34 à 38 % de matière grasse. (FAO, 1995). (GRAVIER S., 1997)

### III.1. 5. Le beurre

Fabriquer du beurre revient à concentrer les matières grasses de la crème : c'est l'opération de barattage. (FAO, 1995).

### III.2. Résidus organiques générés de fabrication du lait

Le procédé de fabrication du lait de consommation génère très peu de résidus. Le contenu du lait en gras est standardisé puis le lait subit différents traitements de pasteurisation et de filtration. Le surplus de crème est utilisé pour la fabrication de beurre et de babeurre. Par contre, le procédé utilise beaucoup d'eau pour le rinçage et le lavage des équipements. Les eaux usées doivent être traitées ou éliminées de façon appropriée. (GRAVIER S., 1997)

### III.3. Type de résidus organiques générés

- Voyage de lait refusé à l'usine pour non-conformité (très occasionnel)
- Eaux usées provenant du rinçage et du lavage
- Lactosérum ou liqueur de lactosérum
- Boue de DAF (prétraitement des eaux usées par flottation)
- Boue de digestion anaérobie (avec ou sans traitement de nitrification de l'azote)
- Perméat de lactosérum (issu de la fabrication de certain type de yogourt)
- Produit rejeté à essais et développement (yogourt, lait de spécialité)
- Retour de lait et de yogourt (et autres produits de consommation)
- Pertes lors de bris d'équipement de séchage du lactosérum

### III.4. Type de résidus ou de sous-produits organiques réutilisés ou recyclés

- Lactosérum (envoyé à une autre usine pour transformation/utilisation)
- Beurre de lactosérum (envoyé à une autre usine pour transformation/utilisation)
- Divers sous-produits et ingrédients laitiers

### III.5. Valorisation du lactosérum

La valorisation du lactosérum en alimentation humaine et en industrie chimique est pharmaceutique est rendue possible grâce aux crackage pour obtenir, par fractionnement, des composés protéiques et glucidique. (**FANWORTH,E , et MAINVILLE,I ,2010**)



**Figure 14 :** Lactosérum

Les protéines, en particulier les albumines présentent un intérêt par leur propriétés fonctionnelles solubilité sur une large gamme de pH, pouvoir moussant ou texturant, capacité de rétention d'eau, aptitude à la gélification. en plus, de leur haute valeur nutritionnelle liée en particulier à la présence de protéines riche en acides aminés essentiels dont la lysine et le tryptophane.

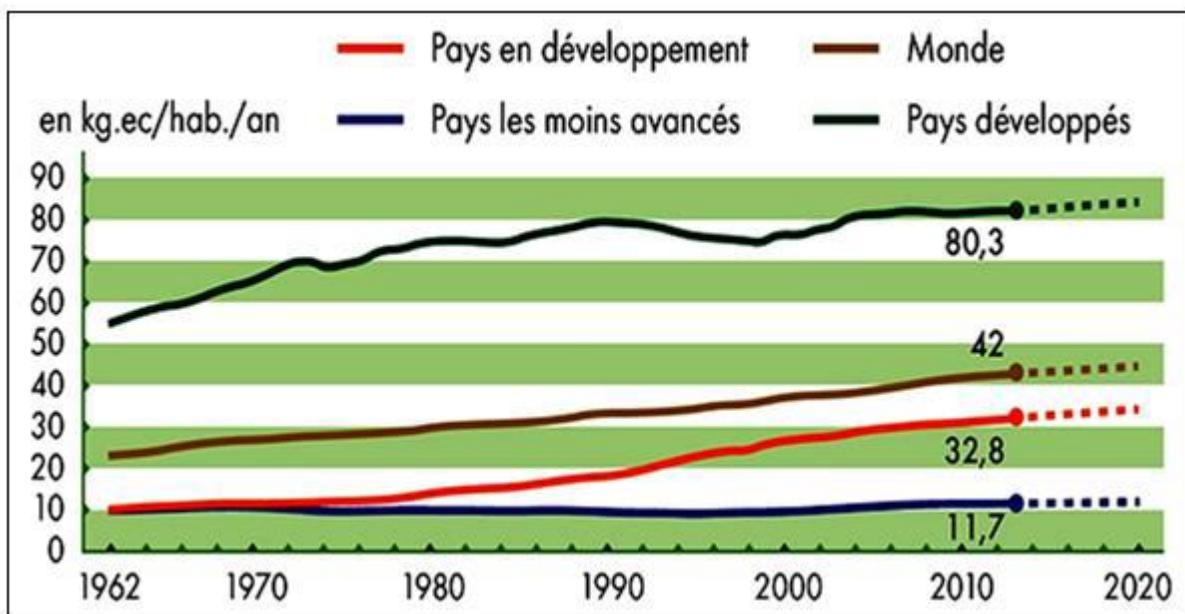
Les propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des protéines du lactosérum ont rendu son utilisation possible dans de nombreux domaines de l'industrie agroalimentaire, en particulier en tant que texturant, foisonnant ou ingrédient nutritionnel. (**CHUCKP et al.,2004**).

**Tableau 6 :** Applications des protéines de lactosérum (**DEOSARKAR SS., KHEDKAR CD,2016**).

produits	Fonctions
Produits de boulangerie- biscuiterie	Apport protéique, rétention d'eau, gélifiant, texture (interaction avec gluten)
Pates alimentaires	Apport protéique, rétention d'eau ,gélifiant.
Confiserie (caramel, nougats...)	Emulsifiant, arôme, texture, dispersibilité
Chocolat au lait	Epaississant (interaction avec amidon), émulsifiant
Potages, sauces	Epaississant, émulsifiant, rétention d'eau
Plats cuisinés	Apport protéique, solubilité
Farines lactées	Soluble à chaud ou / et pH acide
Boissons lactées ou fruitées	Epaississant.
Aliments diététiques et infantiles (alimentation entérale)	Apport protéique, solubilité, épaississant
Fromages naturels et fondues. « imitation cheese, dip », pâtes à tartiner, coffee whitener, crèmes glacées	Emulsifiant, épaississant, gélifiant
Crèmes desserts, flans, yaourts	Emulsifiant, épaississant
Produits carnés (saucisse, pâtes, hamburgers)	Emulsifiant, épaississant, gélifiant Emulsifiant, épaississant, liant, gélifiant, rétention d'eau et de matières grasses

#### IV. Résidus générés par les entreprises de fabrication de produits de la viande

En 2010, la FAO estime que la consommation totale de la viande s'est élevée à 286,2 millions de tonnes. L'Algérie connaît des contre performances dans ce créneau. En effet, selon ces données (Figure I. 1.), l'Algérie ne figure pas sur la liste des pays consommateurs de la viande ovine qui reste prédominée par l'Asie. Cette dernière consomme près de la moitié des volumes produits dans le monde (46%), la Chine comptant pour 28% du total mondial. L'Europe est la deuxième zone de consommation 20% dont 15% pour l'union européen devant l'Amérique du nord ; 14% dont 13% pour les Etats unis et l'Amérique du sud ; 10% dont 6% pour le Brésil. Enfin, l'Amérique centrale, l'Afrique et l'Océanie comptent pour 4 %, 5% et 1% respectivement. Nous constatons en effet, que la viande ovine reste inaccessible pour une grande partie des ménages algériens aux revenus moyens et faibles avec des prix en constante hausse qui se situent dans la fourchette de 1 200 à 1 800 DA/kg.



**Figure 15 :** Evolution de la consommation de viande dans le monde (FAO OCDE, 2013).

Sur la Figure 1, pour les pays en développement, la consommation de viande a augmenté rapidement depuis les années 1970, en revanche, dans les pays développés, la consommation de viande ne progresse plus après les années 2000, où elle a atteint 83 kg/habitant. Elle a même tendance à diminuer pour se situer au environ de 80,3 kg/habitant en 2010.

#### IV.1. Système d'élevage production et consommation de la viande ovine

En Algérie il y a une spécialisation des zones agro écologiques en matière d'élevage. En 2014, le cheptel national, tous types de ruminants confondus, dépasse le cap des 34 millions têtes, selon les statistiques des services spécialisés du ministère de l'Agriculture et du développement rural.

**Tableau 7 : Evolution des cheptels (FAO, February 2012 ; Sources statistiques agricoles).**

Années	1990	1995	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2010
Bovin	1393	1267	1580	1595	1613	1572	1561	1614	1586	1650
Ovin	17697	17302	17989	17616	17299	17588	17503	18293	18909	20000
Caprin	2472	2780	3062	3027	3129	3281	3325	3451	3590	3800
Camelin	123	126	220	235	246	245	250	273	269	290
Total	21685	21475	22851	22473	22287	22686	22639	23631	24354	25740

Les ovins prédominent et représentent 78% de l'effectif global avec plus de 10 millions de brebis. L'élevage caprin vient en seconde position (15 %) comprenant 58 % de chèvres. L'effectif des bovins reste faible avec 1,6 – 1,7 millions de têtes (6% de l'effectif global) dont 58 % sont des vaches laitières.

#### IV.2. Définition de la viande

Selon l'organisation mondiale de la santé animale, la viande désigne toutes les parties comestibles d'un animal et considère le mot « animal », dans ce contexte « tout mammifère ou oiseau ». Les viandes se caractérisent par une grande hétérogénéité, elles sont principalement constituées de muscles striés squelettiques qui comportent aussi d'autres tissus en quantité très variable selon les espèces, les races, les âges, les régimes alimentaires et la région anatomique concernée. Ce sont surtout les tissus conjonctifs, adipeux parfois les os et la peau. Les viandes sont aussi classées selon la couleur en : Viandes rouges et viandes blanches et selon la richesse en graisse en: Viandes maigres et viandes plus ou moins riches en graisse (**Staron, 1982**).

#### **IV.3. Définition d'abattage :**

Est l'ensemble de l'opération par lesquelles une bête est transformée en viande .un abattoir est donc une usine de transformation.

Par abattage, on comprend l"étourdissement, la saignée, l'échaudage, le flambage, l'éviscération, l'écorchage.

On distingue 4 sortes d'abattage:

##### ***a- L'abattage professionnel:***

Abattage des animaux des espèces bovine, ovine, caprine et chevaline, dont la viande est destinée à être mise dans le commerce.

##### ***b- L'abattage pour exploitation collective:***

Abattage d'animaux par des personnes gérant des entreprises de restauration ou des établissements de tout genre en vue de l'approvisionnement de ceux-ci.

##### ***c- L'abattage à domicile :***

Abattage d'animaux dont les viandes est réservé à l'usage exclusif du ménage privé du propriétaire, à l'exclusion de toute vente.

#### ***d- L'abattage d'urgence :***

Abattage d'animaux victimes d'un accident ou gravement malades dont la vie paraît en danger, qu'il faut tuer pour empêcher qu'il ne périssent ou que la viande ne perde une grande partie de sa valeur .

### **IV.4. Définition de la filière viande :**

La filière viande est la succession d'étapes au cours desquelles s'effectue le passage progressif des animaux de boucherie à la viande et aux produits carnés. Ce passage comprend trois stades classiquement définis :

- Première transformation : abattage, préparation des carcasses et abats
- Deuxième transformation : découpage et désossage.
- Troisième transformation : fabrication de produits en faisant appel à un processus de traitement.

### **IV.5. Etapes de la filière viande :**

#### **IV.5. 1. Transport des animaux :**

Les animaux prêts à l'abattage sont en général dispersés dans les élevages, ce qui implique qu'ils doivent être rassemblés et transportés vers les lieux d'abattage .Ce transport unique et direct sera de durée variable selon la distance à parcourir : minimum si l'abattage a lieu près des lieux de production, maximum si on abat sur un lieu de consommation éloigné. Ce transport peut être aussi doublé dans le cas du passage de l'animal par un marché à bestiaux. Cette étape supplémentaire

occasionne une augmentation des durées de transport et une multiplication des risques de stress et de fatigue des animaux.

Les animaux sont exposés pendant leur acheminement vers l'abattoir à des agressions d'ordre psychique et physique ; blessures dues aux coups de bâton, glissades sur le sol des véhicules et par les luttes entre animaux d'âge et de sexe différents. Les changements et les séparations supportés par les animaux entraînent souvent des batailles et des agressions extérieures dues à l'homme, à la température, à la soif, au bruit et à la peur. Ces phénomènes agissent sur l'état physiologique de l'animal de façon néfaste.

Le stress, sous toutes ses formes, est extrêmement préjudiciable à la santé des animaux et a des effets désastreux sur la qualité de la viande (FAO).

Il convient de limiter ces agressions en agissant sur la durée et les conditions de transport ainsi que sur les conditions de stabulation précédant l'abattage.

#### **IV.5. 2. Stabulation:**

La stabulation consiste à laisser aux animaux le temps qui leur est bénéfique pour se reposer ; elle est, outre son utilité pratique, un moyen de corriger plus au moins les défauts du transport et du stress. Pendant la stabulation, les animaux sont maintenus en diète hydrique pour éviter qu'ils ne soient abattus au cours de la digestion et pour que les viscères soient le plus vides possible.

Cependant, lorsque les animaux sont très fatigués, un temps de récupération correct, trois à quatre jours, est nécessaire mais ceci n'est pas envisageable car non rentable pour l'abattoir. En conséquence, la solution de ce problème est de limiter les distances et les durées de transport au minimum.

La stabulation doit se faire dans des conditions non stressantes pour les animaux, d'où une série de précautions :

- \* la séparation des animaux par espèces
- \* les gros animaux doivent être attachés individuellement
- \* les locaux doivent être suffisamment aérés et ayant une température variant de 10 et 20°C
- \* les animaux ont assez à boire
- \* le nombre d'animaux hébergés ne doit pas excéder la capacité maximale d'abattage journalière.

Pour les jeunes bovins, une attente à l'abattoir est contre indiquée dans la mesure où elle contribue à une diminution des réserves en glycogène de l'animal et en conséquence à l'apparition de défauts dans la viande.

#### **IV.5. 3. Examen ante mortem**

Les animaux doivent être soumis à l'inspection ante mortem le jour de leur arrivée à l'abattoir. Cet examen doit être renouvelé immédiatement avant l'abattage si l'animal est resté plus de 24 heures en stabulation. L'inspection doit permettre de préciser :

- a-** Si les animaux sont atteints d'une maladie transmissible à l'homme et aux animaux, ou s'ils présentent des symptômes ou se trouvent dans un état général permettant de craindre l'apparition des maladies.
- b-** S'ils présentent des symptômes d'une maladie ou d'une perturbation de leur état général susceptible de rendre les viandes improches à la consommation humaine.

#### IV.5. 4. Abattage (le sacrifice):

L'abattage est une opération fondamentale très influente sur l'avenir des produits, selon l'espèce animale, les opérations réalisées à l'abattoir différent. Selon le rite musulman, l'animal est orienté vers la Mecque et égorgé <<au nom du dieu>> on sectionne la gorge en une seule fois à mi-encolure sans toucher les vertèbres.

Pour les bovins et les ovins, les principales opérations sont : la saignée, la dépouille, l'éviscération et la fente pour les gros bovins.

La plupart des pays ont une réglementation qui exige que les animaux soient étourdis de façon humaine avant de pouvoir être saignés. L'étourdissement facilite la tâche de l'employé chargé de l'égorgement ou de la saignée (**FAO, 1994**).

#### IV.5. 5. La saignée:

À lieu immédiatement après l'étourdissement pour profiter de l'activité cardiaque nécessaire à une bonne éjection du sang et pour diminuer les risques d'éclatement des vaisseaux sanguins. Par la saignée on sectionne de chaque côté du cou les veines jugulaires, l'artère carotide, en plus, de l'oesophage et de la trachée.



**Figure 16 :** Saignée (source : <https://animaux.l214.com> )

La saignée permet de tuer les animaux en endommageant le moins possible la carcasse et en retirant le maximum de sang car ce dernier constitue un milieu particulièrement propice à la prolifération des bactéries, c'est pour cela qu'elle doit être rapide et aussi complète que possible.

#### **IV.5. 6. La dépouille (l'habillage):**

A pour but l'enlèvement du cuir des animaux dans les meilleures conditions pour une bonne présentation et une bonne conservation des carcasses, ainsi que la récupération de la peau dans des conditions favorables à la préservation de sa qualité, quelle que soit les méthodes employées. Elle permet d'obtenir séparément après l'abattage, la carcasse et le cinquième quartier.

La dépouille est une opération onéreuse, et demande une main d'œuvre qualifiée, pour les raisons hygiéniques et facilitées du travail, l'habillage est réalisé sur animal suspendu par les membres postérieurs.

Le dépouillement est réalisé en 2 temps : la pafente et le dépouillement proprement dit:

**a. Parfente :**

C'est l'élimination et l'incision de la peau suivant la ligne médiane ventrale de l'encolure, du thorax, de l'abdomen et de la ligne médiane interne des membres.

**b- Dépouillement proprement dit :**

C'est l'opération qui consiste à séparer la peau de la carcasse.



**Figure 17 :** Opération de dépouille

Il existe plusieurs méthodes de dépouillement :

#### **IV.5. 6. 1. Dépouillement avec soufflage :**

c'est l'introduction d'air dans le tissu conjonctif sous- cutanée cette pratique est utilisé chez les ovins.

#### **IV.5. 6. 2. Dépouillement sans soufflage :**

la peau est détachée de la carcasse à l'aide de coup de poing ou à l'aide d'autres objets.

#### **IV.5. 6. 3. Dépouillement au couteau :**

Méthode utilisée pour les bovins et les équidés, mais dans ce cas, le cuir perd un peu de sa valeur commerciale.

#### **IV.5. 6. 4. Dépouillement par arrachage :**

le cuir est arraché à l'aide d'un treuil qui le projette sur le sol. La carcasse reste suspendue par les postérieurs.

#### **IV.5. 6. 5. Dépouillement au couteau mousse rotatif:**

sorte de roulette abord crénelé, sa rotation provoque la dilacération par ces dents du tissu conjonctif sous-cutané et permet de dépouiller rapidement sans danger pour l'opérateur et sans risques d'abimer le cuir.

#### **IV.5. 7. L'éviscération :**

Est l'ablation de tous les viscères thoraciques et abdominaux d'un animal. Elle se fait obligatoirement sur animaux suspendus ; ce travail repose à l'heure actuelle sur l'habileté au

couteau des ouvriers. Il faut couper les liens entre les viscères et la carcasse sans endommager les estomacs ou les intestins.

Quelle que soit l'espèce animale considérée, il faut prendre garde de ne jamais percer les viscères, elle doit être rapide après l'abattage et doit avoir lieu une demi-heure au minimum ,après la saignée pour éviter les risques de contaminations par le tractus digestif , certain viscères (poumons, foie, coeur, rein, rate ) peuvent êtres séparés ou laisses adhérents à la carcasse par leur connections naturels ,une fois détachés ils doivent êtres munis d'un numéro ou de tout autre moyen d'identification permettant leur appartenance à la carcasse.

Tous les viscères doivent être clairement identifiés avec les carcasses correspondantes jusqu'à ce que l'inspection sanitaire ait lieu (**FAO, 1994**).



**Figure 18 :** Opération d'éviscération (source : [www.fao.org](http://www.fao.org))

En cours d'éviscération, l'inspection doit être très vigilante : participation à la mise en place et au maintien des règles d'hygiène, contrôle des poumons, du foie, de la langue (**Fraysse et Darre, 1990**).

#### IV.5. 8. La fente :

Se fait en général avec une scie alternative sous jet d'eau continu sur des animaux suspendus, elle consiste à une séparation de la carcasse en deux moitiés par section longitudinale de la colonne vertébrale, de la symphyse pubienne et du sternum ; la queue est laissée ex adhérente à l'une des deux carcasses.

Ce procédé automatique a trois avantages :

- Suppression du travail pénible du fendeur
- Précision dans la coupe : pas de brisure
- Continuité de la chaîne.



**Figure 19 :** Opération de la fente

**IV.5. 9. Parage :**

Consiste à un amincissement des dépôts excessifs de graisse de couverture du bassin.

**IV.5. 10. Douche (nettoyage):**

Après la fente, la carcasse peut être douchée ; cela peut diminuer la pollution de la carcasse. Le lavage sert à faire disparaître la saleté visible et les tâches de sang, à améliorer l'aspect des carcasses ; les carcasses doivent être lavées par pulvérisation d'une eau qui doit être propre ; Mais ce lavage risque aussi d'homogénéiser la pollution de la carcasse si l'opération est insuffisante ou mal conduite.

**IV.5. 11. Pesage :**

Les carcasses sont pesées à chaud, et une réfaction de 2% est appliquée pour obtenir le poids commercial pour les bovins et les ovins. Le rendement est le rapport entre le poids de la carcasse et celui de l'animal vivant.

**IV.5. 12. Ressuage:**

C'est la phase de refroidissement de la carcasse ; c'est un compromis pour l'obtention d'une viande de bonne qualité alimentaire. Pour avoir une viande de qualité, il faut que la Igor mûrtis ait lieu avant réfrigération. Il faut aussi que la carcasse soit amenée rapidement à basse température pour éviter la prolifération bactérienne.

Le refroidissement des carcasses et des abats est nécessaire parce que la carcasse est à une température voisine de 38°C à 40°C en fin d'abattage et que la conservation des carcasses en réfrigération doit se faire aux environs de 0 à 2°C. Le refroidissement dans sa première phase correspond à ce qu'on appelle le ressuage.

#### **IV.5. 13. Découpe:**

La découpe est l'action qui consiste à séparer une carcasse en morceaux puis à transformer ceux-ci suivant une technique de préparation que l'on nomme la coupe. Il existe différentes façons de découper les quartiers de carcasse avant et arrière, en fonction de l'usage qu'on en fait, des préférences des consommateurs et aussi de la qualité des carcasses.

La viande de qualité médiocre subit d'ordinaire une transformation ultérieure, lorsque les carcasses de meilleure qualité sont débitées en steaks et en pièces de viande fraîche (FAO).

Par qualité de la carcasse, on comprend la conformation et la structure de la carcasse, c'est-à dire ce qui se rapporte au caractère viandeux de la carcasse, la quantité de graisse (le degré de gras) sur et à l'intérieur de la carcasse, le rapport os/viande et le rapport graisse/viande.

La qualité de la carcasse s'exprime donc en définitive par une mesure quantitative, c'est-à dire une mesure de la quantité de viande. Elle est définie après l'abattage et sert de critère de valeur pour la carcasse.

#### **IV.5. 14. Visite post mortem**

En fin d'abattage, les carcasses et les viscères sont soumis à une inspection de salubrité par un agent du service vétérinaire. Cette opération est suivie soit de l'estampillage des carcasses salubres, soit de la saisie. La consigne permet un délai d'observation ou d'analyse avant de prendre la décision d'estampillage inaptes à la consommation humaine.

L'inspection post mortem doit être exécutée de façon systématique et garantir que la viande reconnue propre à la consommation humaine est saine et conforme à l'hygiène (FAO).

### **IV.6. Évolution de la viande après l'abattage**

Après l'abattage, le muscle subit deux phénomènes très importants pour le devenir de la viande: La rigidité cadavérique et la maturation. Ces transformations sont surtout d'ordre chimique avec intervention des systèmes enzymatiques (**Craplet, 1966**), dont l'évolution passe par trois phases :

***Etat pantelant*** : La phase de pantelance suit directement l'abattage. Malgré l'interruption de la circulation sanguine on observe une succession de contractions et relaxations musculaires. Le muscle continue de vivre. Il y a donc épuisement des réserves énergétiques (glycogène), puis une mise en place de la glycolyse anaérobique. L'accumulation d'acide lactique qui s'en suit provoque ainsi une baisse du pH qui passe de 7 à 5.5 (**Ouali, 1991 ; Coibion, 2008**).

***Etat rigide (Rigidité cadavérique ou bien Rigormortis)*** : qui se manifeste entre les 10 et 48 heures qui suivent l'abattage. Le muscle devient progressivement raide et inextensible. La rigidité cadavérique est le résultat de la liaison irréversible entre la myosine et l'actine, avec diminution de la teneur en ATP car la vitesse de sa production devient inférieure à celle de l'hydrolyse due au manque d'oxygène au niveau du muscle provoquée par l'arrêt de la circulation sanguine (**Coibion, 2008**).

***Etat de maturation (Rassis):*** La phase maturation est la phase d'évolution "post mortem" survenant après l'installation de la rigidité cadavérique (**Shackelford et al., 1991; Coibion, 2008**). La maturation est le résultat de l'action des protéases musculaires. Elle se déclenche dès l'abattage, mais ses effets sont masqués par la *rigor mortis*. Le système protéolytique dégrade les protéines myofibrillaires et celles du cytosquelette (**Guillem et al., 2009**).

## IV.7. Type de résidus organiques générés

### IV.7. 1. Transport :

Fumiers et litière (camions et aires d'attente)

Carcasses d'animaux morts (occasionnellement, lors du transport)

#### **IV.7. 2. Abattage :**

- Sang
- Peaux (bovins, ovins), poils (porc) ou plumes (volailles)
- Viscères, carcasses
- Parties non utilisées (pattes, museau, tête, dos, cou, glandes, etc.)
- Boues du traitement des eaux (liquide ou solide)
- Gras (de trappe à graisse)

#### **IV.7. 3. Transformation et découpe :**

- Os
- Gras
- Viandes non comestibles
- Boues du traitement des eaux (liquide ou solide)

#### **IV.7. 4. Type de résidus organiques réutilisés ou recyclés (intrant)**

- Gras pour transformation ou pour énergie
- Résidus destinés à l'équarrissage

### **IV.8. Valorisation**

Les déchets d'abattoir (sang et contenu du rumen) ont été fermentés par une culture pure de *Lactobacillus plantarum*. Le produit, avant et après fermentation, a subi des analyses chimiques et microbiologiques. Cette fermentation a permis de baisser le pH à 4,0 du produit final obtenu (biostabilisat). Le taux de protéines a été conservé dans le biostabilisat 22,9 % MS contre 24,6 %

MS dans les déchets non traités. Les populations microbiennes indésirables ont subi une grande réduction par les processus de fermentation : les entérobactéries, les entérocoques, les staphylocoques et les clostridia se trouvent chacun à des niveaux inférieurs à 10 ufc/g. Le biostabilisat est utilisé ensuite pour substituer les sources de protéines dans la formule alimentaire de trois lots de 5 rats chacun. Trois formules sont préparées à partir du biostabilisat et du maïs (V/V) 0 % (témoin), 25 % et 50 %. Nous avons suivi les prises alimentaires et les taux de croissance des animaux pendant quatre semaines. Les résultats obtenus indiquent que l'incorporation des déchets d'abattoir jusqu'à un taux de 50 % a permis d'obtenir des performances de croissance comparables à la formule conventionnelle.

## **V. Résidus générés par les entreprises d'utilisation et transformation du poisson**

Ces dernières décennies, la demande de produits de la pêche destinée à la consommation humaine directe n'a cessé d'augmenter. D'après le tableau 8, en 2016, plus de 88,47% de la production mondiale de poisson était utilisée pour la consommation humaine directe. Les 11,52% restants étaient destinés à un usage non alimentaire, notamment à la production de farine de poisson et d'huile de poisson, dans l'industrie pharmaceutique, comme matière première pour l'alimentation directe des poissons d'élevage, du bétail et des animaux à fourrure...etc. S'agissant de la production destinée à la consommation humaine directe, la plus grande partie est commercialisée sous forme de poissons vivants frais (45%), ou réfrigérés (31%), du poissons préparés et mis en conserve (12 %) et du poissons séchés, salés, saumurés, fermentés et fumés (12%) (FAO, 2018).

**Tableau 8 :** Utilisation de la production mondiale de poisson (*en millions de tonnes*) (FAO, 2018).

Années	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Consommation humaine</b>	130	136,4	140,1	144,8	148,4	151,2
<b>Usage non alimentaire</b>	24	19,6	20,6	20	20,3	19,7
<b>Consommation apparente par habitant (Kg)</b>	18,5	19,2	19,5	19,9	20,2	20,3

## V.1. Consommation du poisson

Depuis 1961, la consommation annuelle de poisson par personne est passée de 9,0 kilogrammes en 1961 à 20,3 kg en 2016, soit une augmentation moyenne d'environ 1,5% par an. Les estimations préliminaires concernant 2017 font apparaître une hausse : la consommation était passée de 20,3 kg à 20,5 kg. La progression de la consommation s'explique non seulement par l'augmentation de la production mais, aussi, par l'association de plusieurs facteurs, notamment la réduction du gaspillage, une utilisation plus complète, l'amélioration des canaux de distribution et la demande croissante, qui est liée à l'accroissement démographique, à la hausse des revenus et à l'urbanisation (FAO, 2018).

La contribution Algérienne à la production mondiale des poissons est très modeste. Il y a 20 principaux ports de pêche le long de la côte algérienne. La plate-forme continentale mesure environ 13 700 km<sup>2</sup> et la zone de pêche environ 95 000 km<sup>2</sup>. En 2013, le nombre total de navires opérant dans ces ports était estimé à 4 569, dont 526 chaluts et 1 231 senneurs.

La production de captures marines est stable entre 100 000 et 105 000 tonnes depuis 2011, dont le gros des captures est représenté par les petites espèces pélagiques. Tandis que, la production aquacole reste marginale, avec 2 200 tonnes en 2013, soit 1 560 tonnes de carpes élevées en eau douce, 350 tonnes de dorades royales d'eau saumâtre et une très petite quantité de moules et d'huîtres. La majeure partie de la production est vendue fraîche sur les marchés locaux. Actuellement, l'Algérie s'associe à un pays asiatique pour développer la production d'alevins de

crevettes marines, ainsi qu'une culture de grossissement de poissons d'eaux douces dans le pays (**FAO globefish, 2015**).

Les exportations de poisson et de produits de la pêche sont plutôt limitées et ont diminué de 57% entre 2008 et 2013 en raison de la diminution des captures. Cependant, en 2014, ils ont augmenté de 22%. Au cours de la période 2008-2014, les importations algériennes de poissons et de produits de la pêche ont augmenté de 336%, alors que les derniers chiffres de la consommation annuelle par habitant sont estimés à 3,9 kg en 2012 (**FAO globefish, 2015**).

Le développement du secteur de la pêche et de l'aquaculture relève du ministère des pêches et des ressources aquatiques, créé en 2000 pour soutenir le développement de la pêche en tant que secteur de subsistance potentiel. Depuis 2001, l'Algérie a promulgué une législation sur la pêche et l'aquaculture. Il a modernisé son centre national de recherche et de développement sur les pêches et l'aquaculture (2008). En général, les ressources halieutiques ne sont pas pleinement exploitées. Des possibilités existent notamment pour le développement de la pêche artisanale, notamment sur les fonds rocheux et des pêcheries de petits pélagiques. L'industrie de la pêche nécessite un effort important de modernisation et d'investissements, notamment pour la réhabilitation de la flotte vieillissante (âge moyen des bateaux : 20 ans) et des installations de traitement. Concernant l'aquaculture, la totalité de la production (30 000 t/an) est destinée à la consommation intérieure. D'après MPRH, la production de 9 000 t de produits halieutiques par an dont plus de 7 000 t de poisson bleu, 921 t de poisson blanc, 242 t de crustacés et 78 t de squale et espadon. La production halieutique (hors aquaculture) a atteint 108.000 t en 2017 contre 102.000 t en 2016, Cette hausse de la production a aussi concerné l'aquaculture avec 4.200 t en 2017.

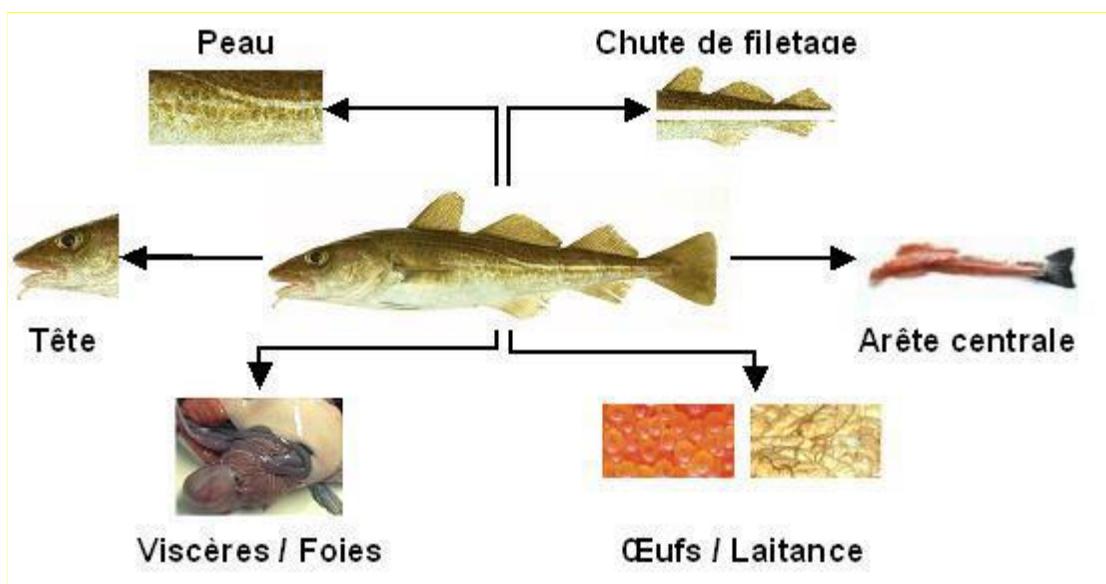
## **V.2. valorisation des coproduit de la mer**

Les co-produits sont définis comme les parties non utilisées et récupérables lors des opérations traditionnelles de production, ils constituent 30 à 60% des produits entiers. Il existe trois grands

types de producteurs de co-produits : Les mareyeurs, les saleurs - saurisseurs et les conserveurs (**Dumay, 2006; Shahidi, 2002**). Compte tenu de l'importance des co-produits, de nombreux efforts ont été réalisés pour les utiliser dans diverses applications: l'alimentation animale ou humaine, la diététique, la nutraceutique, la pharmaceutique, le cosmétique et d'autres applications. A partir d'un même type de coproduit (tête, viscères, arêtes, peau) il est possible d'obtenir différents produits dérivés (figure 20).

En effet, ces matières renferment de nombreuses molécules valorisables notamment des protéines (**Heux et al., 2000**), lipides (**Dumay et al., 2006 ; Dumay, 2006**), minéraux, vitamines (**Heux et al., 2000**), ainsi que d'autres composés bioactifs (**Kim et al., 2008**), bénéfiques à la santé humaine et animale.

La Figure 10 présente les principales voies de valorisation des co-produits du poisson.



**Figure 20 :** Principaux co-produits issus d'un poisson (**Ifremer, 2010**).

Pendant la transformation du poisson pour la consommation humaine, des co-produits incluant les têtes, les viscères, la chute de parage (filetage), la peau, l'écailler, les arêtes et les queues sont générés. Selon les espèces, essentiellement pour les espèces de taille importante, les foies peuvent

être séparés des viscères. Dans un contexte de développement durable mais aussi et surtout dans un souci de rentabilité économique, ces co-produits font depuis plusieurs années l'objet de l'attention des industriels qui aimeraient en tirer bénéfices. (Dumay, 2006, Shahidi, 2002).



**Figure 21 :** Schéma illustrant la composition des co-produits de thon, exprimée en pourcentage du poids (CPS, 2014).

### V.3. Utilisation des co-produits de poisson

Les sociétés qui génèrent de grandes quantités de co-produits ont généralement recours à l'un des procédés de traitement suivant : la vente sur les marchés locaux de ces co-produits qui constituent

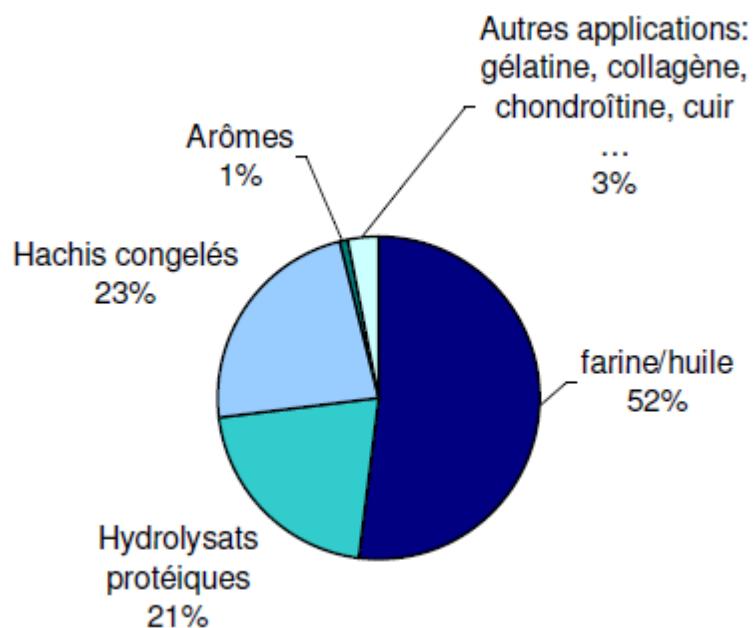
une source de protéines à bas coût, la transformation en produits à faible valeur marchande telle que la farine de poisson, ou la simple élimination du produit. La mise en place de technologies simples et à petite échelle permettrait de transformer les faibles quantités de co-produits générés par la pêche artisanale et les ménages, notamment en engrais. Le tableau 2 présente certains des marchés de valorisation possibles.

#### **V.4. Importance et valorisation des co-produits des poissons**

La production annuelle de co-produits représente environ 50% des captures. Les coproduit contiennent des protéines à haut valeur nutritive, des acides gras insaturés (Oméga3). Des vitamines, des antioxydants des minéraux, ainsi que des acides aminés essentiels et des peptides bénéfiques pour l'organisme. Il est intéressant d'accroître la valeur ajoutée des coproduit, pour assurer une pêche durable et améliorer la rentabilité des activités de la filière par une meilleure valorisation des captures. Les co-produits peuvent être utilisés sous différentes formes : farine et huile de poisson, hydrolysats protéiques ou même isolats protéiques, etc... (Nguyen, 2009)

**Tableau 9 :** Utilisation potentielle des co-produits de poissons.

Marchés de Valorisation	Produits dérivés	Utilisation
Agriculture	Engrais (ensilage), compost, pesticide	– Enrichissement des sols – Lutte contre les ravageurs
Énergie	Biocarburant, comburant	– Production d'énergie
Alimentation Animale	Farines, huiles, dérivés protéinés, ensilage, minéraux	– Alimentation – Compléments alimentaires
Nutrition (compléments alimentaires)	Huiles, dérivés protéinés, minéraux, acides aminés	– Compléments alimentaires – Nutrition sportive
Alimentation Humaine	Utilisation entière ou partielle du poisson, hachis, pulpe alimentaire, gélatine, bouillon et sauce à base de poisson, huile de foie	– Produits non transformés – Produits transformés
Industrie Pharmaceutique	Oméga 3, calcium, sulfate de chondroïtine, collagène, peptides bioactifs	– Nutraceutique – Cosmétique – Biotechnologie



**Figure 22 :** Proportions des différentes voies de valorisation des co-produits d'origine marine (Andrieux, 2004).

La qualité des co-produits varie en fonction de la saison et des espèces débarquées, ce qui rend difficile la standardisation des procédés. De plus, des contraintes réglementaires viennent s'ajouter à ces contraintes technico-économiques. Enfin, la prise de conscience du fait que les co-produits, pour être valorisés, doivent être traités comme des matières nobles est encore à l'heure actuelle très faible (**Andrieux, 2004**).

## **V.5. Les voies de valorisation des co-produits marins**

Le produit dérivé est le produit commercial obtenu à partir d'un coproduit. Un coproduit pourra donner plusieurs produits dérivés. Ainsi, la tête d'un poisson pourra être valorisée en tant que farine, huile ou destinée à l'alimentation, les viscères peuvent donner des farines et de l'huile, mais aussi des vitamines, la peau pourra être transformée en farine, en cuir ou en gélatine (**Guérard et al., 2001**). Ces produits sont qualifiés de produits dérivés et non de produits finis car ils sont généralement commercialisés sous forme d'ingrédients, c'est-à-dire sous forme de produits intermédiaires pour la nutrition humaine (**Jridi et al., 2015**), l'alimentation animale (**Péron, Mittaine et Le Gallic, 2010**), la diététique, la cosmétique. Néanmoins, certains co-produits (foies, oeufs) peuvent être vendus à l'état brut aux consommateurs, mais cette tendance est faible. Leur utilisation par les industries de conserverie et de saurisserie est plus commune (**Andrieux - 2004**).

**Quatre catégories de produits dérivés peuvent-être distinguées en fonction de leur destination:**

- L'utilisation en nutrition humaine ou alimentation animale ;
- L'utilisation en diététique ou nutraceutique ;
- L'utilisation en cosmétique ;
- L'utilisation plus restreinte et spécifique d'un seul type de produit dérivé.

### **V.5. 1. La farine et l'huile de poisson**

En général, la production de farine et d'huile de poisson pour la nutrition animale est actuellement la valorisation de masse des co-produits la plus importante car tous peuvent être utilisés sans distinction. Ainsi, en 2006, environ 20,2 millions de tonnes de poisson et de co-produits ont été transformés en farines (FAO, 2008). En 2008, 2,6 millions de tonnes de farine ont ainsi été commercialisés avec près de 25% des matières utilisées qui étaient des co-produits issus de l'industrie de transformation du poisson. Les principaux pays producteurs de farine et d'huile de poisson sont le Pérou, le Chili, le Danemark et la Norvège (FAO, 2018).

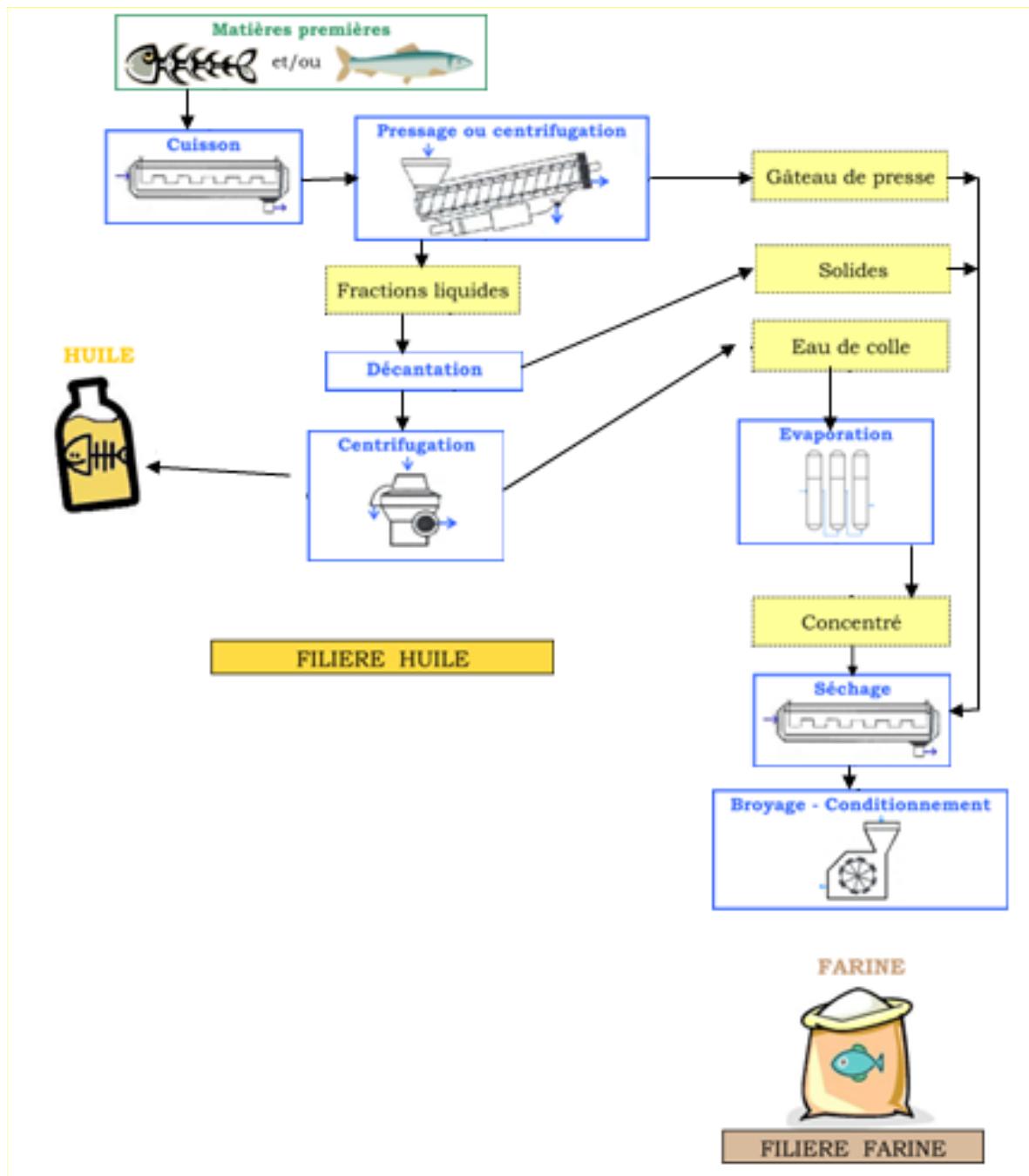


**Figure 23 :** La farine de poisson et sa liqueur d'huile (Mickaël, Pêcher Malin, 2016).

### V.5. 1.1. Fabrication de farine et de l'huile de poisson

La fabrication de farine et d'huile de poisson se fait par simple broyage de la matière première des co-produits secs, il obtient une farine de poisson contenant en moyenne 50% de matière protéique et de 16 à 18% de graisse. Pour ensuite, la plus grande partie de l'huile et des farines sont produites

industriellement par la méthode de pressage humide (Archer et Russell, 2007). Les principales étapes de ce processus sont décrites en figure ci-dessous.



**Figure 24 :** Schéma de fabrication de la farine et huile de poisson (Perez Galvez, 2009)

## **VI. Contexte de la production et de la transformation des fruits et légumes**

Les fruits et légumes sont intégrés dans l'alimentation humaine quotidienne depuis toujours. Ayant des couleurs, des goûts et des arômes très attrayants, ils constituent un des éléments essentiels du régime alimentaire. Frais ou sous forme de produits transformés, les fruits et légumes constituent une source inépuisable de nutriments dont les métabolites secondaires sont parmi les plus importants.

Le terme « fruits et légumes » couvre tous les produits horticoles comestibles. Les fruits et les légumes sont très adaptables aux conditions climatiques et du sol, mais les types de produits et les rendements varieront considérablement en raison de ces conditions. En raison de son caractère périssable, la localisation géographique des superficies plantées par rapport aux marchés, aux unités de transformation et aux consommateurs est plus importante que pour d'autres cultures.

Maintenir la qualité des fruits et légumes après la récolte est l'essence même de la transformation.

### **VI. 1. Fruits frais**

Les effets bénéfiques des fruits sur la santé humaine ont été depuis toujours reconnus. A partir de 1988 le programme « 5 a Day » (5 par jour) qui a débuté en Californie et s'est répandue facilement autour du monde, incite la population à consommer minimum 5 fruits quotidiennement.

L'immense diversité des fruits permet une grande variété d'options, le choix des consommateurs étant influencé notamment par les qualités organoleptiques (saveur et arôme, couleur, consistance) mais aussi par la valeur nutritionnelle représentée par la teneur en eau, sucres, acides organiques, lipides, protides, macro- et micronutriments.

Les fruits peuvent être classés dans plusieurs catégories en fonction de différents critères tels que la région géographique de provenance, les aspects botaniques ou la composition.

**Ainsi, selon le premier critère mentionné antérieurement nous pouvons distinguer :**

- les fruits de région tempérée : pommes, poires, cerises, prunes ;
- les fruits sous tropicaux : figues, agrumes ;
- les fruits tropicaux : ananas, bananes, litchis, mangues.

**Du point de vue botanique les fruits peuvent être divisés en plusieurs classes :**

- fruits à pépins : pommes, poires, coings ;
- fruits à noyau (drupes) : cerises, prunes, abricots, pêches ;
- baies simples : myrtilles, groseilles, raisins ;
- baies multiloculaires (hespérides) : agrumes ;
- baies fausses : mûres, framboises ;infrutescences : ananas (**Mozetic, B. et al., 2002**)

Selon la teneur en sucres les fruits peuvent être classés comme présenté dans le Tableau 10.

**Tableau 10 :Classification des fruits frais (Usenik, V. et al., 2008)**

<i>Classe de fruits</i>	<i>Caractéristiques</i>	<i>Exemples</i>
Fruits acides	- acidité titrable forte - teneur en sucre élevée	- agrumes : oranges, citrons, pamplemousses, mandarines, clémentines - baies acides : groseilles, fraises, framboises, mûres, cassis
Fruits sucrés	- acidité titrable faible - teneur en sucre élevée	- fruits à noyau : prune, pêches, abricots, cerises
Fruits fortement sucrés	- plus de 20% sucres	- fruit à pépins : pommes, poires - raisins, figues, bananes

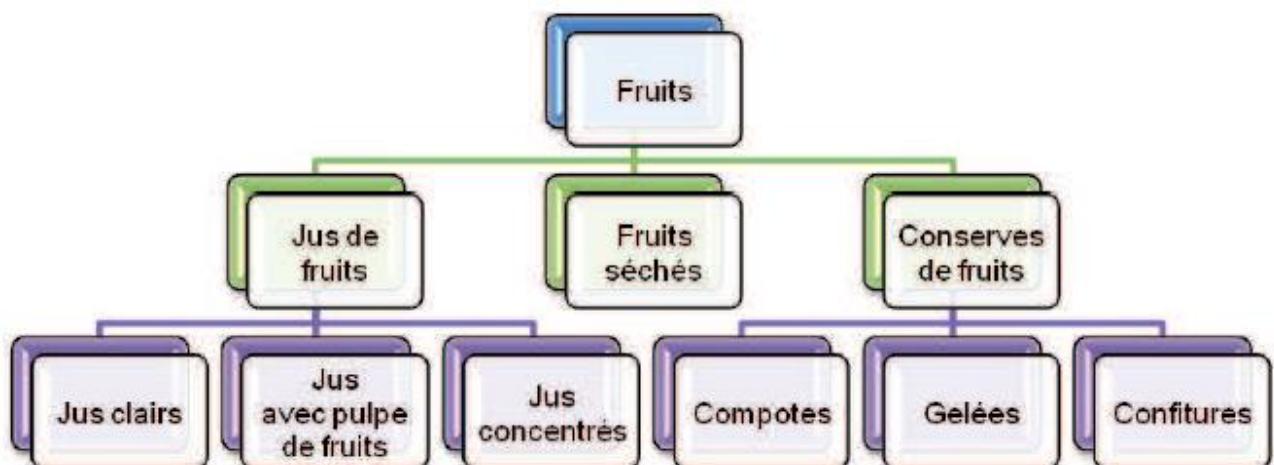
Vu la grande diversité des fruits et étant donné qu'il est fortement conseillé qu'ils soient consommés surtout frais, un stockage plus ou moins long est nécessaire. Ce stockage dépend des caractéristiques des fruits. Il peut-être réalisé, par exemple, sous atmosphère contrôlée (**Sandra**,

**P. et al., 2010**) ou par traitement avec des radiations gamma ou ultraviolets (**Mirzaei-Aghsaghali, et al., 2008**) dans des conditions strictement hygiéniques. Le choix de l'espace de stockage et des méthodes de stockage appropriées est influencé par différents facteurs parmi lesquels nous pouvons citer : la température de stockage, l'humidité relative de l'air de l'espace de stockage, la composition de l'atmosphère, la ventilation, la lumière etc.

## VII. 2. Transformation des fruits

Même si la globalisation actuelle du marché assure la disponibilité des fruits frais tout au long de l'année, une importante partie est soumise à différents processus de transformation Afin d'obtenir des nouveaux produits satisfaisant les différentes demandes actuelles des consommateurs.

Dans la Figure 25 sont présentés schématiquement les principaux types de produits obtenus à partir de fruits.



**Figure 25 :** Produits obtenus à partir de fruits

## VI. 3. Généralités sur les jus de fruits

### VI. 3. 1. Définition « Jus de fruits »

Le jus de fruit est un liquide non fermenté, mais fermentescible, tiré de la partie comestible de fruits sains, parvenus aux degrés de maturation approprié et frais ou de fruits conservés dans de saines conditions par des moyens adaptés et/ou par des traitements de surface poste-récolte (Anonyme, 2005).

Le jus est obtenu par des procédés mécaniques et doit posséder la couleur, l'arôme et le goût caractéristique du fruit dont il provient (ESPIARD, 2002).

### VI. 3. 2. Production de jus et nectars de fruits

#### VI. 3. 2. 1. Production nationale

Le marché algérien de jus et nectars de fruits connaît une forte croissance. Cette dernière s'accompagne d'une tendance vers une offre plus diversifiée et qualitatives. En 2007, la production nationale de jus et nectars de fruits estimée est de 150 à 170 millions de litres/ an.

Les acteurs majeurs de la filière jus et nectars en Algérie sont : NCA, Vitajus, Jutop, Bonjus...etc. (BOIRON A., ARVAULT G., 2008).

#### VI. 3. 2. 2. Production mondiale :

La production mondiale de jus et nectars de fruits s'élevait à 40 milliards de litres en 2005. Au cours des dernières années, le taux de croissance annuel moyen est de 3%.

Le jus d'orange occupe la première place avec 36% de la production mondiale, suivi du jus de pomme avec 27%, et du jus de raisin avec 20% (**Anonyme, 2017**).

Les principaux pays producteurs de jus de fruits sont donnés par le tableau 11

**Tableau 11 :** Les principaux pays producteurs de jus de fruits (**Anonyme, 2017**).

Pays	Production en milliards de litres	Part en %
USA	8	20
Chine	5	12,5
Allemagne	3,5	9
Brésil	1	2,5
France	1	2,5
Angleterre	1	2,5
Espagne	1	2,5

### **VI. 3. 3. la consommation de jus et nectars de fruits**

#### **VI. 3. 3. 1. La consommation nationale :**

La filière des jus et boissons du secteur agroalimentaire est l'une des plus dynamiques en Algérie.

Le marché des jus et boissons passera, selon les prévisions des experts contenues dans une communication du ministère du commerce, présente lors d'une récente journée d'étude, de 12 millions d'hectolitres en 2003 à 19 millions d'hectolitres en 2008 (**MOURAD , 2003**). Le tableau ci dessous nous montre le niveau de consommation de jus de fruits sur le marché national.

**Tableau 12:** Consommation des jus de fruits sur le marché national.

Litres/habitant/an		Million de litres/an		Couverture(%)	
Le produit	Consommation Nationale	Demande nationale	Production Nationale estimée	Production Nationale	Importation
<b>Jus de fruits</b>	4.7	150 à 170	150 à 170	99	1

Base: 34 millions d'habitants en 2007.

### **VI. 3. 3. 2. La consommation mondiale :**

Selon une estimation réalisée par la fédération internationale des jus de fruits (I.F.U), la consommation mondiale de jus et nectar atteignait 33 milliards de litre en 1998 et passerait à 73 milliards dans une vingtaine d'année (**GUY et al, 2002**).

Le marché européen est le premier marché mondial du jus de fruits avec 10,7 milliards de litres consommés et la France est en deuxième position avec 16 % des volumes de vente en Europe, derrière l'Allemagne avec 26 % du marché européen en volume (**ANONYME, 2017a**).

Les plus grands consommateurs de jus de fruits sont désormais les États-Unis avec 35,7 litres par personne. L'Allemagne est à la deuxième place alors que leur consommation en 2005 était de 39,6 litres par personne. Les jus de fruits les plus consommés en Allemagne sont le jus de pommes (12,8 litres par personne et par an) suivi par le jus d'orange (8,9 litres par personne et par an) (**ANONYMEb, 2017**). Le tableau ci-dessous représente les principaux pays consommateurs de jus de fruits.

**Tableau 13:** Les principaux pays consommateurs de jus de fruits (**Anonymeb, 2017**).

Pays	Consommation Litre/an/habitant
<b>Etats-Unis</b>	35,7
<b>Allemagne</b>	33,5
<b>Finlande</b>	32,1
<b>Australie</b>	29,7
<b>Espagne</b>	28,6

### VI. 3. 4. Les différents types de jus

#### VI. 3. 4. 1. Les purs jus de fruits

Ce sont des jus obtenus à partir de fruits par des procédés mécaniques (**BOIDIN et al, 2005**).

#### VI. 3. 4. 2. Les jus à base de jus concentrés

C'est le produit obtenu à partir de jus de fruits concentré, après restitution de la proportion d'eau extraite du jus lors de la concentration, l'eau ajoutée présentant des caractéristiques appropriées, notamment de point de vue chimique, microbiologique et organoleptique de façon à garantir les qualités essentielles du jus. La restitution de son arôme se fait au moyen des substances aromatisants, récupérées lors de la concentration de jus de fruits dont il s'agit ou de jus de fruits

de la même espèce et qui présente des caractéristiques organoleptiques et analytiques équivalentes (**LEYRAL, 2008**).

#### **VI. 3. 4. 3. Jus de fruits obtenus par extraction hydrique**

Le produit obtenu à partir de jus de fruits d'une ou plusieurs espèces par l'élimination physique de la quasi-totalité de l'eau de constitution. La restitution des composants aromatiques est obligatoires (**BOIDIN et al., 2005**).

Pour les jus de fruits déshydratés, le qualificatif "déshydraté" peut être accompagné ou remplacé par le qualificatif "lyophilisé" ou toute autre mention analogue selon le procédé de déshydratation utilisé (**VIERLING, 2008**).

#### **VI. 3. 4. 4. Purée de fruits**

Produit obtenu par des procédés appropriés, par exemple en passant au tamis ou en broyant la partie comestible du fruit entier ou pelé sans en prélever le jus. Le fruit doit être sain, parvenu à un degré de maturation approprié et frais ou bien conserver par des moyens physiques ou par un ou plusieurs des traitements appliqués conformément aux dispositions pertinentes de la commission du (**Codex ALIMANTARUS, 2005**).

#### **VI. 3. 4. 5. Les boissons aux fruits**

Sont composées de jus de fruits concentrés ou non, d'eau et de sucre et contiennent au moins 25 % de jus de fruits, dans le cas des boissons plate. Dans les boissons aux fruits gazeuses cette teneur est d'au moins 10% (**BOIRON, 2008**).

### **VI. 3. 4. 6. Concentré de purée de fruits**

Produit obtenu par élimination physique de l'eau de la purée de fruits en quantité suffisante pour accroître la valeur Brix d'au moins 50% par rapport à la valeur Brix établie pour le jus reconstitué du même fruit (**CODEX ALIMENTARIUS, 2005**).

### **VI. 3. 4. 7. Nectar de fruits**

Le nectar de fruits est le produit non fermenté, mais fermentescible, obtenu en ajoutant de l'eau, avec ou sans adjonction de sucres, de miel et/ou de sirops, et/ou d'édulcorant, ou à un mélange de ces produits.

Des substances aromatiques, des composés aromatisants volatils, de la pulpe et des cellules, qui doivent tous avoir été obtenus à partir du même type de fruit et par des moyens physiques adaptés, peuvent être ajoutés.

Le mélange de nectars de fruits est le même produit, obtenu à partir de plusieurs types de fruits différents (**CODEX ALIMENTARIUS, 2005**).

### **VI. 3. 4. 8. Les jus gazéifiés**

Ils sont saturés en gaz carbonique, ce qui augmente la propriété rafraîchissante de la boisson (**FREDOT, 2007**).

## **VI. 3. 5. Procèdes de fabrication de jus de fruits**

### **VI. 3. 5. 1. Préparation des fruits pour la transformation**

Au niveau industriel, pour rendre les fruits apte à la transformation, un certain nombre d'opération de prés-traitement sont nécessaires. L'ordre des opérations de prés-traitement varie suivant l'espèce et le mode de transformation choisi. On cite (NOUT et al, 2003):

### **VI. 3. 5. 1.1. Triage**

Se fait selon le degré de maturité des fruits, leurs teintures, qui déterminent dans une largemesure la qualité du jus. Le triage est indispensable pour éliminer les fruits de mauvaise qualité, ainsique les corps étrangers (feuilles, branchettes...etc.) (BENAMARA et AGOUGOU, 2003).

### **VI. 3. 5. 1.2. Lavage-Nettoyage**

Cette opération permet d'éliminer les pierres, les déchets terreux, les feuilles, une partie des microorganismes de surface et les résidus de produits de traitement phytosanitaire. Il peut se faire par plusieurs méthodes, par exemple, par aspersion d'eau, par aspersion suivie d'un trempage, etc. l'eau utilisée doit être dans la mesure du possible, propre, potable et être renouvelée (NOUT, 2003).

## **VI. 3. 5. 2. Traitements préalables de la matière première avant l'extraction**

### **VI. 3. 5. 2. 1. Broyage**

Le processus mécanique d'action sur les tissus végétaux est le concassage. Les fruits sont coupés en petits morceaux, en conséquence de quoi le jus s'écoule du tissu végétal. Il est important de

prendre en considération le type de la matière première à concasser. Les fruits à pépins et les tomates par exemple, sont broyés ensemble avec les graines (**BENAMARA et AGOUGOU, 2003**).

### **VI. 3. 5. 2. 2. Traitement thermique**

Dans le processus du chauffage, les pectines se coagulent et se déshydratent. Les cellules perdent leurs élasticités et la libération du jus devient facile.

Les paramètres des processus thermiques (temps-température), dépendent de l'espèce, de la matière première, et du degré de maturité des fruits (**BENAMARA et AGOUGOU, 2003**).

### **VI. 3. 5. 2. 3. Traitement enzymatique**

Pour augmenter la sortie du jus et assurer un bon pressurage, la masse fruitière est traitée par des enzymes pectinolytiques. Ce processus est particulièrement nécessaire dans le cas des fruits contenant beaucoup de pectines et possédant une grande viscosité (**BENAMARA et AGOUGOU, 2003**).

### **VI. 3. 5. 2. 4. Traitement à l'ultrason**

Le traitement s'effectue au moyen des ondes ultrasoniques conduisant à l'éclatement des cellules. L'écoulement du jus traité par l'ultrason est supérieur de 6 à 10% à celui de produit non traité.

En plus le jus devient plus clair et plus teinté (**BENAMARA et AGOUGOU, 2003**).

### **VI. 3. 5. 3. l'extraction du jus**

Cette opération a pour but d'extraire le jus des fruits tout en effectuant un tamisage de la pulpe (**NOUT, 2003**). Le jus à partir de la masse broyée peut être extrait par pressurage, centrifugation, diffusion...etc. (**BENAMARA et AGOUGOU, 2003**).

### **VI. 3. 5. 3.1. Pressurage**

Le pressurage est la méthode fondamentale la plus répandue dans l'industrie des jus. Après le traitement préalable, les fruits sont pressés en vue d'une extraction complète du jus et de la préservation de sa qualité, il est recommandé, durant le pressurage, d'observer les conditions suivantes (**BENAMARA et AGOUGOU, 2003**):

- Adopter pour les paquets, des tissus perméables au jus et retenant les particules solides.
- Appliquer des surfaces dures pour créer une pression sur la masse fruitière.
- Séparer le jus sorti naturellement avant le pressurage.
- Ameublir la masse fruitière pendant le pressurage.
- Mener le pressurage en continu.

### **VI. 3. 5. 3. 2. Raffinage**

Il a pour but de séparer les pépins de la pulpe. Il est fait sur passoire centrifuge après chauffage de la pulpe comme pour la tomate. Une action enzymatique d'hydrolyse des polysaccharides faciliterait cette opération, mais enlèverait toute viscosité au jus. Ceci est surtout préjudiciable pour la fabrication de confiture ou de marmelade (**ESPIARD, 2002**).

### **VI. 3. 5. 4. Traitements des jus**

#### **VI. 3. 5. 4. 1. Clarification**

La clarification est pratiquée pour donner à certains jus la transparence que désire le consommateur. Cette clarification est obtenue soit par l'action des enzymes pectinolytiques, amylolytiques et protéolytiques, suivies de débourbage centrifuge, de collage, ou par filtration (ESPIARD, 2002).

#### **VI. 3. 5. 4. 2. Désaération**

La désaération va permettre de recaler l'oxygène introduit dans les jus de fruits au cours de différentes opérations parce que l'oxygène est nocif et entraîne des pertes de vitamine C (CLAUDIAN, 1986).

#### **VI. 3. 5. 4. 3. Pasteurisation**

La pasteurisation consiste à porter très rapidement le jus à 95°C- 97°C, à le maintenir une douzaine de secondes à cette température, puis à le refroidir tout aussi rapidement. Le but de la pasteurisation est d'éliminer la majorité des microorganismes viables dans le jus de fruits et d'inhiber l'action des enzymes susceptibles de provoquer des réactions chimiques indésirables (CHEFTEL, 1986).

#### **VI. 3. 5. 4. 4. Concentration**

L'opération de concentration vise à éliminer environ 80% de l'eau contenue dans le jus de fruits, elle est le plus souvent réalisée par évaporation sous vide d'une grande partie d'eau, à une température qui n'atteint pas 30°C pendant 5 à 7 minutes (VASSENEIX, 2003).

#### **VI. 3. 5. 4. 5. Refroidissement et conditionnement**

Le refroidissement du produit est lié au type de conditionnement et au mode de conservation souhaité. On distingue en effet trois procédés différents :

- Le conditionnement dit stérile ; le jus est mis dans l'emballage primaire à chaud et le plus près possible de la température de pasteurisation, en préchauffant l'emballage. Celui-ci est alors serti, et l'ensemble subit une pasteurisation de sécurité (**ESPIARD, 2002**).
- Dans le conditionnement dit aseptique ou dans celui destiné à la congélation ; le jus est refroidi aussitôt après pasteurisation et avant d'être conditionné dans l'emballage aseptique choisi (**ESPIARD, 2002**).
- Il est possible de stocker les produits pasteurisés et refroidis dans des tanks aseptiques sous atmosphère de gaz neutre, gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) ou azote ; mais les produits doivent être à nouveau pasteurisés avant commercialisation (**ESPIARD, 2002**).

### **VI. 3. 5. 5. Fabrication des nectars**

Le nectar est une boisson à base de jus ou pulpe de fruits, de l'eau potable, de sucre ou de sirop de sucre et d'autres édulcorants autorisés (**ESPIARD, 2002**).

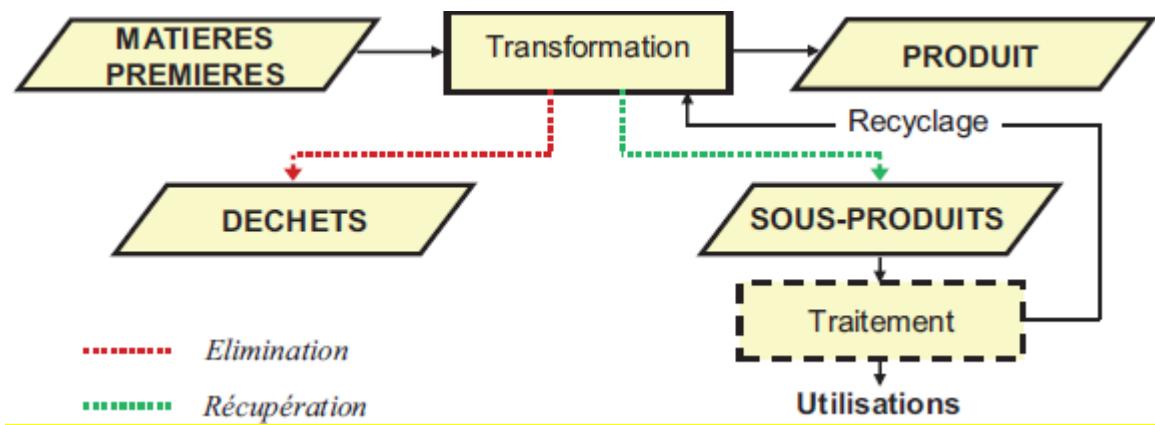
Un sirop de sucre, fabriqué à partir d'un volume égal de sucre et l'eau potable bouillante, est le plus simple et plus rapide à utiliser que du sucre en poudre ou en morceaux (**PIDOUX, 1995**).

Les différentes étapes de la fabrication de nectars de fruits au niveau industriel sont illustrées dans la figure ci-dessous.

### **VI. 4. Valorisation des sous-produits issus de l'industrie de transformation de fruits**

La valorisation des fruits sous forme de produits séchés, concentrés, congelés etc. conduit à l'apparition d'une gamme variée de sous-produits et déchets composés notamment de pulpe de fruits, de peaux, de pépins et de queux.

Ces sous-produits sont facilement dégradables. Leur stockage et leur utilisation sont conditionnés par des restrictions légales.



**Figure 26 :** la production de déchets et de sous-produits (résidus)

Pour répondre aux soucis environnementaux concernant la valorisation de sous-produits, l'industrie de la transformation des fruits est souvent confrontée à plusieurs solutions :

#### **VI. 4. 1. Alimentation animale :**

Elle est la plus ancienne direction d'utilisation des résidus de fruits ;

Le plus souvent elle implique des investissements dans une technologie permettant de fournir un sous-produit sain et de bonne valeur nutritionnelle ; Il faut toutefois remarquer qu'elle n'élimine pas totalement les rejets dans l'environnement. Elle les diminue mais les reporte sur les déjections animales.

En général, la valeur énergétique des résidus de fruits est assez élevée, grâce aux pectines digestibles et aux sucres. Les ruminants sont les premiers utilisateurs des résidus de fruits frais ou ensilés. Grâce aux microorganismes de leur rumen, ils peuvent utiliser les sous-produits riches en fibres ou contenant certains facteurs antinutritionnels qui ne sont pas supportés par les monogastriques.

Compte tenu de l'appétence des animaux, mais aussi des teneurs en acides organiques et en alcool des résidus de fruits, plus ou moins élevées, il est indispensable d'en limiter l'apport quotidien dans une fourchette de 0,5 à 1,1 kg de matière sèche pour 100 kg de poids d'animal vivant. Si l'ensilage est riche en alcool, il peut être parfaitement toléré par les bovins, jusqu'à des doses correspondant à 200 g d'alcool par jour. Afin d'atteindre l'équilibre de la ration des ruminants il est nécessaire d'ajuster les apports complémentaires en matières azotées et minérales (**Walter, R.H., Sherman, R.M., 1975**)

Différentes études ont été réalisées afin de déterminer l'influence des ajouts de résidus de fruits dans l'alimentation animale. Chez les porcins, les résidus ensilés peuvent être utilisés jusqu'à des quantités correspondant à 15 % de la matière sèche, s'ils ne sont pas trop riches en alcool (risque de cirrhose hépatique). Le plus souvent les résidus de fruits sont incorporés, sous forme sèche, dans un aliment complet. Dans ce cas la proportion est réduite, compte tenu de son prix plus élevé et de la teneur en cellulose (**Walter, R.H., Sherman, R.M., 1975**)

#### **VI. 4. 2. Epandage, compostage ;**

**Production d'énergie** : par incinération ou par production de biogaz (en cogénération, par exemple avec des déjections animales) ; L'épandage et le compostage reposent sur le recyclage en agriculture des éléments fertilisants contenus dans les effluents ou les produits épandus.

Les plantes cultivées prélèvent des éléments minéraux du sol pour élaborer leurs tissus. Une partie de ces éléments est exportée par la récolte (ou par prélèvement par les animaux d'élevage lors du paturage). Afin d'éviter toute baisse de fertilité, ces exportations d'éléments minéraux doivent être compensées par des apports minéraux au moins équivalents. La minéralisation peut s'effectuer sous forme d'apports de minéraux ou à travers des apports de matière organique.

Dans ce dernier cas une étude permettant d'organiser et de prévoir l'ensemble des besoins liés au recyclage en agriculture doit être réalisée. Cette étude comprend les phases suivantes :

- connaissances des produits pour épandage;
- recensement des terres agricoles et caractérisation des sols ;
- détermination de l'aptitude des sols à l'épuration agronomique des produits ;
- calcul des doses sur les différentes cultures ;
- vérification de l'adéquation du périmètre aux besoins de l'épuration ;
- définition des équipements nécessaires ou utiles à prévoir ;
- obtention de référence sur les sols, les eaux, les produits ;
- proposition de programme de suivi et de contrôle (**Walter, R.H., Sherman, R.M., 1975**).

Récupération de différents constituants incorporables dans de nouveaux produits agroalimentaires, cosmétiques ou pharmaceutiques. Nous allons voir par la suite quelques exemples d'utilisation des sous-produits issus de la transformation de fruits dans différents domaines.

#### **VI. 4. 3. Obtention de la biomasse**

Certains types de microorganismes, en particulier, les levures, peuvent utiliser les sucres solubles et les acides organiques pour produire de la biomasse ayant un contenu élevé en protéines. Les levures sont des microorganismes communs qui se développent facilement sur des résidus végétaux.

Par exemple, les résidus issus de la valorisation des agrumes sont souvent colonisés par des levures mésophiles (température optimale de développement située autour de 25- 40°C) (**Sánchez-Rabaneda et al., 2004**), (**Muffler et al., 2011**) ont proposé l'inoculation des levures ou des champignons pour la réduction du contenu en acides organiques des résidus d'oranges avant le traitement aérobie. Les levures *Candida utilis* ont été sélectionnées pour être cultivées dans les effluents concentrés de l'industrie de valorisation de fruits après traitements acidogènes anaérobies (**Varian, 2006**).

Une autre approche intéressante consiste dans l'augmentation de la valeur nutritionnelle de la biomasse de levure par enrichissement en sélénium, élément identifié comme un antioxydant important dans la diète humaine. Dans des conditions appropriées les levures sont capables d'accumuler d'importantes quantités de sélénium et d'incorporer des composés riches en sélénium, notamment la sélénométhionine (considérée comme la meilleure source de sélénium pour les organismes vivants). La production de biomasse de levure utilisant des extraits de matière organique végétale facilement soluble a été proposée comme première étape dans la technologie de bioconversion des résidus végétaux en sousproduits à valeur ajoutée suivie par des traitements aérobies ou anaérobies du déchet solide.

La matière organique de résidus de la transformation de fruits peut-être facilement extraite à l'eau, les extraits pouvant être utilisés pour la production de la biomasse de levure sans avoir besoin de suppléments nutritifs. Les résultats indiquent le fait qu'à partir d'une tonne de résidus frais de fruits on peut obtenir 10 kg de biomasse de levure séchée avec un contenu élevé en sélénium et en protéines (**Bowen-Forbes al., 2004**).

#### **VI. 4. 4. Obtention des agro carburants**

La forte industrialisation au niveau mondial a conduit à l'augmentation de la demande de combustibles à base de pétrole. De nos jours 80% des combustibles utilisés sont d'origine fossile

et plus de 50% ont comme destination le transport. Les combustibles fossiles sont épuisables et contribuent à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre ce qui entraîne des effets négatifs incluant les changements climatiques, le recul des glaciers, l'élévation du niveau de la mer, la perte en biodiversité etc.

Ces facteurs conduisent à rechercher de nouvelles sources d'énergie alternative (**Ho, J.-C *et al.*, 2004**) dont les agro combustibles. Ceux-ci peuvent être classés selon différents critères. Une des classifications existantes les divise en primaires et secondaires. Ceux primaires sont utilisés pour chauffage, pour la production d'électricité alors que ceux secondaires (obtenus par la valorisation de la biomasse *e.g.* éthanol, biodiesel etc.) peuvent être utilisés dans différents processus industriels et selon les matières premières et la technologie d'obtention se classent en agro combustibles de première, deuxième et troisième génération.

#### **VI. 4. 5. Obtention de la gelée**

Une valorisation possible des résidus de fruits et notamment de ceux de pommes consiste à utiliser leurs propriétés gélifiantes.

Royer *et al.* ont étudié l'optimisation de la production de la gelée à partir de résidus de pommes (Braeburn, Gala, Golden Delicious, Granny Smith en proportion égales) non traités enzymatiquement et de coings broyés. Ainsi, après l'ajout d'eau (25 mL eau pour 100 g résidus de pommes), le mélange a été cuit pendant 15 minutes. Un sirop de sucre en eau (25 mL eau pour 100 g sucre) a été ajouté ensuite. Une nouvelle période de cuisson à 100°C a été suivie par un séchage à température ambiante pendant 48 heures. La formulation a été réalisée par un plan d'expériences et les résultats obtenus ont révélé que l'utilisation de la combinaison résidus de pommes : coings conduit à une gelée ayant des propriétés sensorielles agréables.

#### **VI. 4. 6. Obtention de l'huile végétale**

L'huile végétale peut-être obtenue par pressage ou par extraction par solvants à partir d'un matériel végétal huileux tel que les pépins des fruits. Ceux-ci doivent être écrasés dans des moulins et ensuite chauffés à la vapeur d'eau jusqu'à une température de 100°C. Le but du chauffage est de faciliter l'élimination ultérieure de l'huile, par la dénaturation et la coagulation partielle des substances protéiques et par la diminution de la viscosité.

L'huile obtenue doit être raffinée. Pour ce faire, dans un premier temps, il est nécessaire de neutraliser l'acidité de l'huile avec de l'hydroxyde ou du carbonate de sodium. Le passage de l'huile sur du charbon actif suivi par un chauffage sous vide et dégazage dans un courant de dioxyde de carbone ou sous un jet de vapeur d'eau assurent la décoloration et la désodorisation.

L'huile raffinée obtenue à partir de pépins de fruits est composée principalement d'acide oléique, d'acide palmitique, d'acide stéarique etc. présente une odeur et un goût agréables et peut-être utilisée dans l'industrie cosmétique, pharmaceutique et alimentaire.

## VII. Production oléicole et ces résidus

Bien que la production de l'olivier soit répartie sur les cinq continents, elle est surtout prédominante dans la zone du Bassin Méditerranéen qui représente 98% de la surface et des arbres en production et 97% de la production totale d'olives. Les quatre pays (Espagne, Grèce, Italie, Tunisie) représentent à eux seuls :

- 65% de la surface.
- 76% des arbres en production.
- 74% de la production totale d'olives.

Au niveau mondial l'importance de la production oléicole est résumée dans le tableau 14:

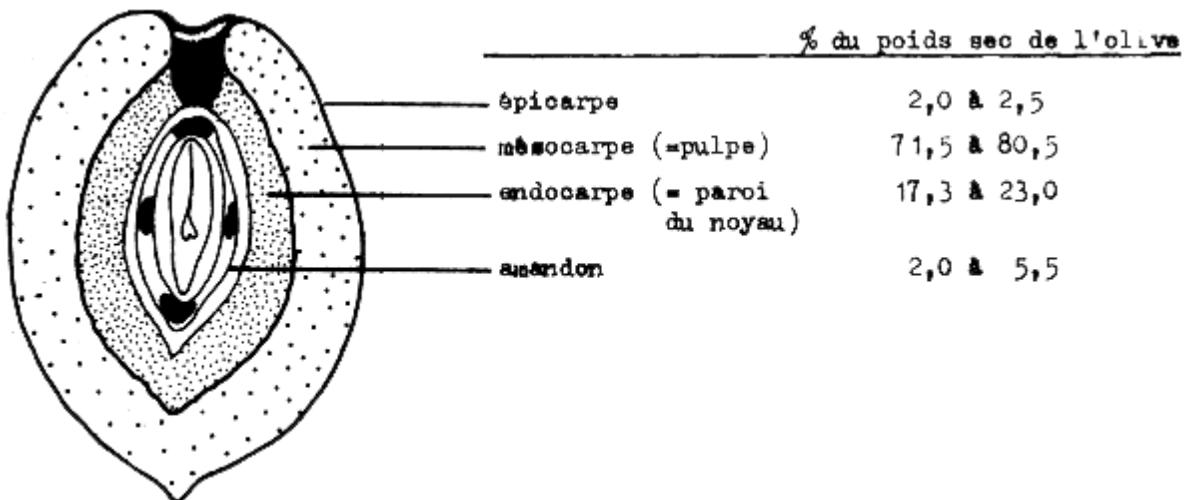
**Tableau 14 : la production oléicole**

Pays	Plantations			Productions	
	Surface (1 000 ha)	Plantes en Production (x1 000)	Densité (Plantes/ha)	Olives (1 000 T)	Huile (1 000 T)
<u>Europe</u>					
Albanie	20	1 500	75	53	7
France	30	3 800	130	16	2
Grèce	420	79 000	190	1 350	280
Italie	1 200	160 000	133	2 800	566
Portugal	480	26 000	54	220	33
Espagne	2 300	180 000	78	1 348	281
Yougoslavie	60	4 700	78	13	2
<u>Afrique</u>					
Algérie	125	10 000	80	100	11
Egypte	2	100	50	6	0,5
Libye	154	4 000	26	162	16
Maroc	140	6 700	48	350	38
Tunisie	600	37 000	62	700	140
<u>Asie</u>					
Turquie	1 200	59 000	49	650	107
Autres	137	14 000	102	395	68
<u>Amérique</u>					
	122	12 800	105	214	29,7
<u>Océanie</u>					
	-	40	-	6	0,6
<b>TOTAL</b>	<b>6 990</b>	<b>598 740</b>	<b>86</b>	<b>8 383</b>	<b>1581,8</b>

L'industrie oléicole, en plus de sa production principale qui est l'huile laisse deux résidus, l'un liquide (les margines) et l'autre solide (les grignons). De plus, l'olivier à travers la taille engendre des feuilles et brindilles et du gros bois. En adoptant la moyenne de 35% pour le % de grignons bruts par rapport aux olives traitées, on peut estimer la production mondiale de grignons bruts à environ 2,9 millions de tonnes. Sachant qu'en moyenne 100 kg d'olives traitées engendrent 100 litres de margines, la production mondiale de margine serait de 8,4 millions de mètres cubes. Par ailleurs, et selon les estimations de nombreux pays, 25 Kg de feuilles et brindilles sont produites par an et par arbre. Ceci se traduit par une production annuelle mondiale d'environ 15 millions de tonnes de feuilles et brindilles fraîches. Ce qui se traduit par la nécessité de valoriser ces sous produits.

## VII. 1. Composition de l'olive

L'olive est une drupe, sa composition physique est indiquée dans la Figure 27:



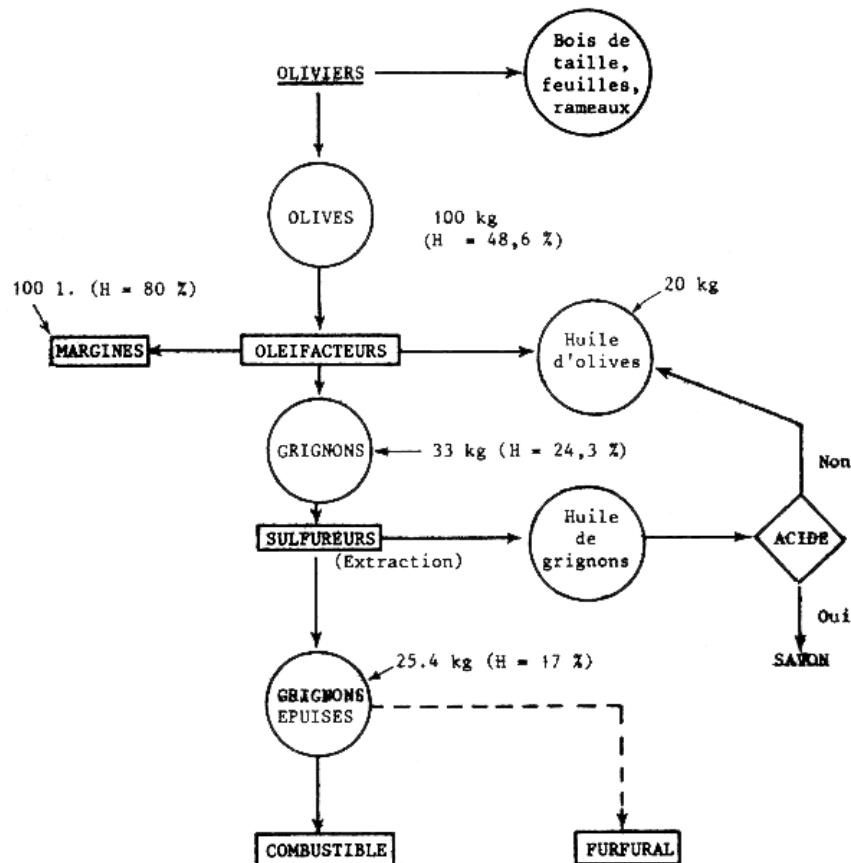
**Figure 27 :** Section transversale (a) et composition physique de l'olive (b).

## VII. 2. Fabrication de l'huile

La technologie utilisée est très variable et a fait l'objet d'importantes modifications durant les dernières décennies. A titre d'exemples deux procédés sont décrits ci-après:

- Par pression: Tunisie (figure 2)
- Par centrifugation : Italie (figure 3)

Les pourcentages d'huile et de coproduits obtenus (grignons et margines) sont indiqués. Il existe d'autres procédés, comme le procédé Acapulco qui comprend la séparation préalable du noyau et de la pulpe.



**Figure 28 :** Schéma actuel de l'industrie oléicole en Tunisie

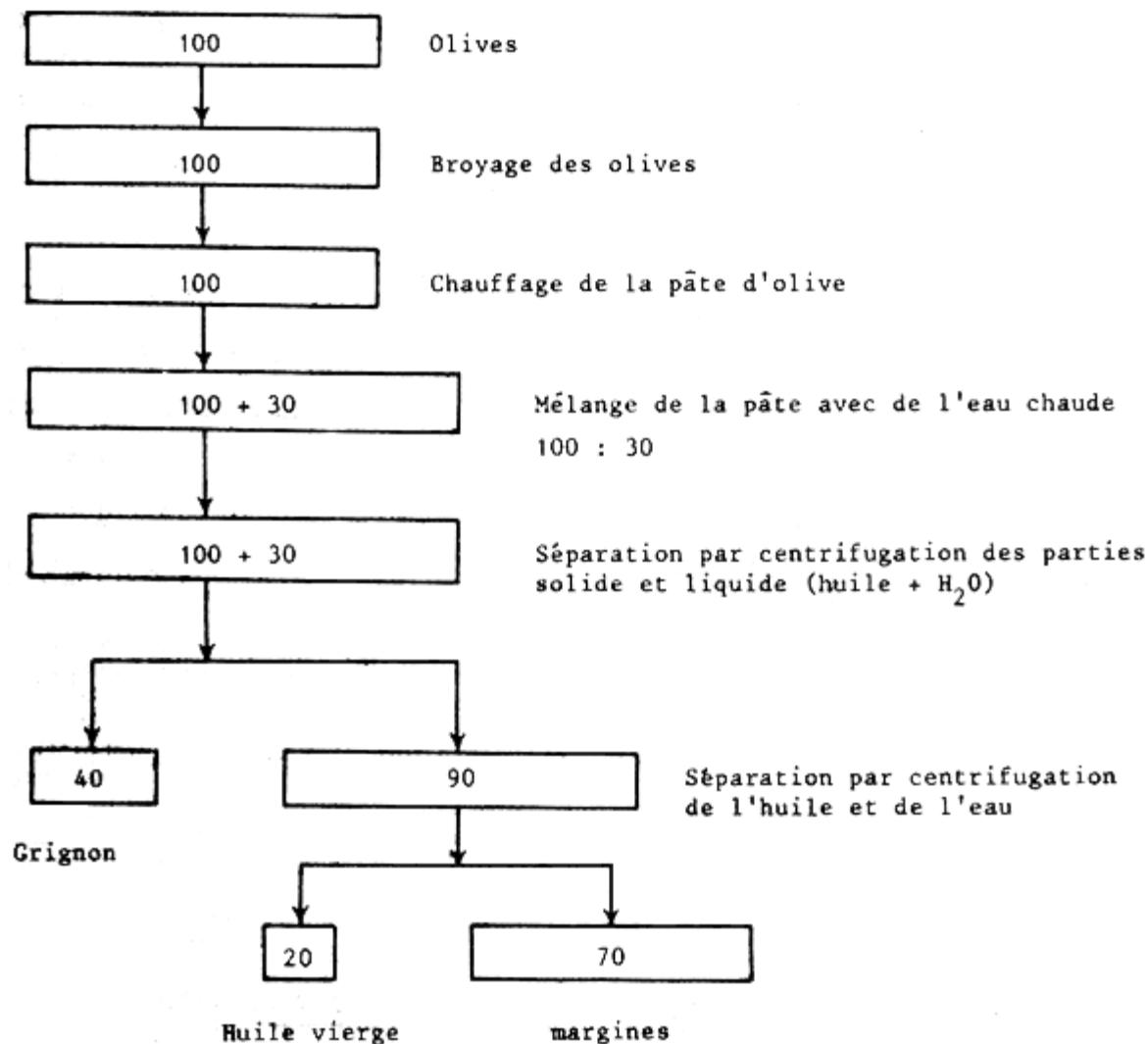


Figure 29 : Usine “Pieralisi” dans le Lazio (Italie): procédé par centrifugation.

### VII. 3. Les principaux coproduits

Il est important de définir les différents coproduits car il existe une certaine confusion dans les publications qui ne permet pas toujours d'identifier clairement de quel coproduit il s'agit. L'on distinguera donc:

#### VII. 3. 1. Les coproduits d'huilerie

### VII. 3. 1. 1. Le grignon brut:

c'est le résidu de la première extraction de l'huile par pression de l'olive entière, ses teneurs relativement élevées en eau (24%) et en huile (9%) favorisent son altération rapide lorsqu'il est laissé à l'air libre.



**Figure 30 : Grignon d'olive**

### VII. 3. 1. 2. Le grignon épuisé :

c'est le résidu obtenu après déshuileage du grignon brut par un solvant, généralement l'hexane.

### VII. 3. 1. 3. Le grignon partiellement dénoyauté:

résulte de la séparation partielle du noyau de la pulpe par tamisage ou ventilation

il est dit "gras" si son huile n'est pas extraite par solvant ;

il est dit "dégraissé ou épuisé" si son huile est extraite par solvant.

### VII. 3. 1. 4. La pulpe d'olive:

c'est la pâte obtenue lorsque le noyau a été séparé de la pulpe préalablement à l'extraction de l'huile. Elle est riche en eau (60%) et de conservation très difficile.

### **VII. 3. 1. 5. Les margines:**

c'est le résidu liquide aqueux brun qui s'est séparé de l'huile par centrifugation ou sédimentation après le pressage.

### **VII. 3. 1. 6. Les feuilles collectées à l'huilerie :**

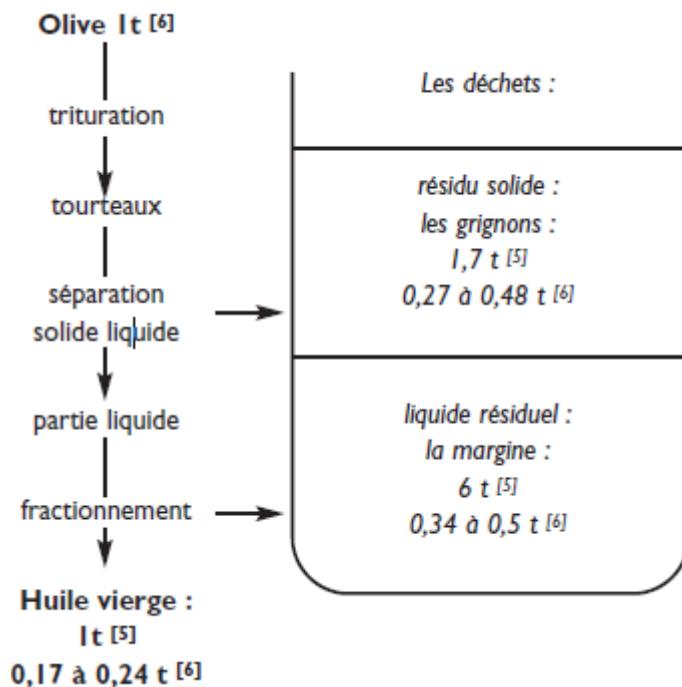
ce ne sont pas les résidus de la taille, mais des feuilles obtenues après le lavage et le nettoyage des olives à l'entrée de l'huilerie. Leur quantité est estimée, en Grèce, à environ 5% du poids des olives.

### **VII. 3. 1. 7. Les résidus de la taille et de la récolte**

Les oliviers subissent en général une taille sévère un an sur deux et une taille légère l'autre année. Après séparation des grosses branches les feuilles et rameaux (diamètre inférieur à 3 cm) peuvent être distribuées aux ruminants.

## **VII. 4. Voies de valorisation envisageables, mais non retenues, pour les grignons d'olive**

**Les grignons d'olive, déchet des huileries** Après la récolte qui a lieu entre les mois d'octobre et décembre, les olives sont broyées. Les olives broyées ou tourteau sont soit pressées, soit centrifugées afin d'extraire une phase liquide contenant l'huile. La phase solide restante appelée grignon et dont la part pondérale est de l'ordre d'un tiers, est un déchet (**Conseil oleicole international, 3,5-6 ; 1989**).



**Figure 31 :** Le traitement de l'olive et les déchets produits

La phase liquide est fractionnée entre l'huile vierge et un dechet liquide, la margine. La synthese des operations est decrire dans la figure 31.

Les grignons se composent de deux parties, le residu solide de la chair de l'olive ou pulpe qui represente 40 % en poids et son noyau ou coque qui represente les 60 % restant (C.Azri *et al.*, 1999) . C'est une composition moyenne qui ne tient pas compte de la technique de separation solide/liquide utilisee que sont la pression (systeme discontinu) ou la centrifugation (systeme continu).

Les grignons produits par les maasras sont des grignons de pression. La quantite produite annuellement est de l'ordre de 50 000 tonnes.

## VII. 5. Les valorisations des grignons a finalites economiques faibles

La description des voies de valorisations possibles mais non retenues est completee par une reflexion sur le procede.

## VII. 5.1. Utilisation dans l'alimentation animale

Pour completer l'alimentation des ovins dans la periode seche ou la paille est le fourrage de base, une etude a ete menee sur l'utilisation des grignons dans la confection de blocs nutritionnels complementaires a la paille en Algerie (**C M. Houmani., 1999**). Trois blocs nutritionnels ont ete compares.

Le premier bloc qui est le bloc de reference contient 61,25 % d'orge. Dans le deuxième qui est celui des grignons, l'orge est remplacee par 16,85 % de grignons et 35,17 % de melasse de canne a sucre. Dans le troisième bloc qui est celui des fientes, les grignons sont remplaces par des fientes. Sur des brebis taries d'un poids moyen de 49 kg et des agneaux en croissance d'un poids moyen de 22 kg, les gains en poids relatifs des animaux nourris par les trois types de blocs.

La valeur nutritionnelle superieure du bloc aux fientes est expliquee par la disponibilite de l'azote dans ce bloc. La faible valeur nutritionnelle du bloc aux grignons est expliquee par la faible digestibilite de sa matiere organique dont la cellulose brute, d'une part, et par la presence de tanin et de lignine, d'autre part.

## VII. 5.2. Utilisation en tant que combustible

Le grignon brut a un pouvoir calorifique inferieur (PCI) de l'ordre de 700 kJ/kg et est utilise comme combustible par deux savonneries a Sfax en Tunisie (**C.Azri et al ., 1999**) qui le brulent dans des fours a grille. Mais cette incineration qui necessite un fort debit d'air s'accompagne d'un rejet de poussieres tres important. Afin de limiter ce rejet, les auteurs ont d'abord cherche a ameliorer le combustible en ne retenant que la coque parce que son PCI (pres de 1000 kJ/kg) est trois superieur a celui de la pulpe, son taux d'imbrules (4 %) est deux fois inferieur et que sa cinetique de sechage est plus rapide. Neanmoins, les calculs montrent que l'incineration de la

coque nécessite de maintenir un fort débit d'air qui entraîne autant de poussières. Ils préconisent d'utiliser des foyers-cyclones.

### **VI. 5.3. Utilisation dans le tannage des peaux**

Pour mémoire, l'ancien procédé de tannage des peaux utilisait un mélange de grignons et de fientes de pigeons parce que les grignons ont des teneurs en tanins et composés phénoliques importantes. Il est encore en service dans quelques petites tanneries à vocation touristique.

### **VI. 5.4. Le compostage**

Des études sur le compostage de grignon épuisé ont été effectuées à Sfax. Le grignon épuisé est la partie solide restant après extraction à l'hexane de l'huile contenue dans le grignon brut (0,1 tonne d'huile peut être extraite de 1,1 tonne de grignon brut). La teneur en matière grasse du grignon épuisé est inférieure à 2 %. Ces études ont été menées parce qu'il manque du fumier dans des zones du centre et sud tunisien (**H.Rigane et al., 2002**)

## Références bibliographiques

Azprocede. (s.d.). Récupéré sur [http://www.azprocede.fr/Cours\\_GC/distribsolides\\_visarchimede.html](http://www.azprocede.fr/Cours_GC/distribsolides_visarchimede.html).

Arzate A. 2005. Extraction et raffinage du sucre de canne, centre de recherche et développement et de transfert technologique en acériculture: P6.

Abattoir municipale de la wilaya de Tiaret 2019

Arrêté du 15 juillet 1996 fixant les caractéristiques et modalités d'apposition des estampilles des viandes de boucherie. N.BAHBOUH ; Fait à Alger, le 15 juillet 1996

Andrieux G., 2004. Rapport sur la filière française des coproduit de la pêche et de l'aquaculture : état des lieux et analyse, OFIMER, Paris.

Archer M.R., Russel D., 2007. Crustacea processing waste management. SEAFISH Research and Development, United Kingdom, pp. 23.

ANONYME, (2005). Codex Alimentarius.

ANNONYME, 2017: Panorama des industries agro-alimentaires. <http://www.agriculture.gouv.fr>

Bakshi M.P.S., Wadhwa M., Makkar H.P.S., 2016. Waste to worth: vegetable wastes as animal feed. CAB Reviews 2016 11, 1-26.

Bastianelli D., Bonnal L., Barre P., Nabeneza S., Salgado P., Andueza D., 2018. La spectrometrie dans le proche infrarouge pour la caracterisation des ressources alimentaires. In : Ressources alimentaires pour les animaux d'elevage. Baumont R. (Ed). Dossier, INRA Prod. Anim., 31, 237-254.

Baumont R., Champciaux P., Agabriel J., Andrieu J., Aufrere J., Michalet-Doreau B., Demarquilly C., 1999.Une demarche integree pour prevoir la valeur des aliments pour les ruminants : PrevAlim pour INRAtion. INRA Prod. Anim., 12, 183-194.

Baumont R., Sauvant D., Maxin G., Chapoutot P., Tran G., Boudon A., Lemosquet S., Noziere P., 2018.Calculation of feed values in INRA system: feed tables and prediction equations. In: INRA Feed. Syst. Rum., Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 640pp.

Besancenot J.M., Le Stang J.P., Morel d'Arleux F., Wiart J., Baudoin N., Chauvel J., Delaveau A., Dumonthier P., 2000. Les coproduits d'origine végétale des industries agroalimentaires. Ademe Editions. 76pp.

Boudra H., Rouille B., Lyan B., Morgavi D.P., 2014. Presence of mycotoxins in sugar beet pulp silage collected in France. Anim. Feed Sci. Technol., 205, 131-135.

Bravo D., Meschy F., Bogaert C., Sauvant D., 2000. Ruminal phosphorus availability from several feedstuffs measured by the nylon bag technique, Reprod. Nutr. Dev. 40, 149-162.

Besancenot J.M., Morel d'Arleux F. 1991. Synthèse sur : la vinasse de mélasse. Comité des sous-produits-RNED Bovins, Juillet : 18 p.

BOIRON A., ARVAULT G. (2008) Boissons montées en gamme. ed., La revue de l'industrie agroalimentaire Algérie, pp 29.

BOIDIN M., ABTROUN A., BOUDRA A., JOLIBERT F., TIRARD A et TOUAÏBIA H. (2005). Etude de la filière boissons. Algérie 2005. Rapport principal. Euro Développement Pme. Algérie, Juin 2005.

BENAMARA S., AGOUGOU A. (2003) Jus alimentaires. Technologies agroalimentaire. ed., 2.01.4280.

Bowen-Forbes, C.S., Mulabagal, V., Liu, Y., Nair, M.G. *Ursolic acid analogues: nonphenolic functional food components in Jamaican raspberry fruits.* Food Chemistry. 2009, 116 (3), 633-637.

CHUCKP., BOUHALLAB S., DURUPT D., VAREILLE P., HUMBERT J.P et MARIN M., 2004. Séchage des lactosérum et dérivés: rôle du lactose et de la dynamique de l'eau.

CPS 2014. La valorisation des co-produits de poisson - Note d'orientation de la Secrétariat général de la Communauté du Pacifique, 21. 4p.

CLAUDIAN J.(1986) Boisson. Les aliments «Manuel d'alimentation humaine». ed., E.S.F, Paris, II, pp 399-400.

CODEX ALIMENTARIUS. (2005) Norme générale codex pour les jus et les nectars de fruits.

CHEFTEL J. C., CHEFTEL H. (1986) Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. ed., Lavoisier Tec et Doc, Paris II, pp 47-52.

Commission de Protection du Territoire Agricole du Québec (CPTAQ), 2000, « transformation et mise en marché des produits de la ferme », consulté sur Internet le 27 septembre 2017, <http://www.cptaq.gouv.qc.ca/fileadmin/fr/publications/publications/TRANSFOR.pdf>

C.Azri, I. Obay, Kh Medhioub. *Un moyen de lutte contre la pollution issue de la combustion des grignons d'olives* TSM 9-1999 p82-92

Captive-Bolt Stunning of Livestock (2013) Humane Slaughter Association, United Kingdom: <http://www.hsa.org.uk/introduction/introduction>

Conseil oleicole international, 3 ,5-6 (1989)

Conseil oleicole international, 3 ,43 (1989).

Denis. (s.d.). Récupéré sur <http://www.denis.fr/materiels/>.

DUTEURTRE G., MEYER C., 1998. Marchés urbains et développement laitier en Afrique sub-saharienne. CIRAD-EMVT, 233 p.

DELOBETTE J.B. ET ORMEROD O.J.,1991. Mise au point de procédé de traitement des lactosérum et effluents de fromageries en production fermière .Compte rendu sur les techniques d'élevage et qualité Institut d'élevage .INRA.

DEOSARKAR SS., KHEDKAR CD, 2016. Cream: Types of Cream. Encyclopedia of Food and Health. Pp 331-337.

DIBLEY G, 1997. Harnessing the nutritional power of milk. Proc. Nutr. Soc. NZ., 22(20): 1501 59.

Dalmau A, Rodríguez P, Llonch P, Velarde A., 2010. Stunning pigs with different gas mixtures: aversion in pigs. Animal Welfare 19(3): 325-333.

Dumay J., 2006. Extraction de lipides en voie aqueuse par bioreacteur enzymatique combiné à l'ultrafiltration: Application à la valorisation de co-produits de poisson (*Sardina pilchardus*). *Thèse de doctorat de l'Université de Nantes.* 305 pp.

Dumay J., Donnay-Moreno C., Barnathan G., Jaouen P. & Bergé J.P., 2006. Improvement of lipid and phospholipid recoveries from sardine (*Sardina pilchardus*) viscera using industrial proteases. *Process Biochemistry*, 41 : 2327-2332.

EHUI S., et al, 2002. Food security in sub-saharan Africa to 2020. Working paper No. 49.ILRI, Nairobi (Kenya), 51 p.

EIGEL W.N., BUTTER J.E., ERNSTRON C.A., FORRELL H.M. et HARWALKAR V.R., 1984. Epicier Avril, biscuits sucrés. P: 15.

ESPIARD, (2002). Introduction à la transformation Industrielle des Fruits. Technique et Documentation. Lavoisier. Paris. PP. 5-218.

Electrical Stunning of Red Meat Animals (2016) Humane Slaughter Association, United Kingdom: <http://www.hsa.org.uk/publications/online-guides>

EUGENIA LUCENA M., ALVAREZ S., MENENDEZ C et FRANCISCO A., (2006). Riera, Alvarez Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie, Département des sciences de la nature et de la vie. Alimentation et nutrition. pp : 25-38.

FANWORTH,E , et MAINVILLE,I , 2010 ,les produits laitiers fermenté et leurs potentiels thérapeutiques ,centre de recherche et de développement sur les aliments ,industrielle du petit lait et de son permeat par fermentation. Thèse de doctorat, école International Dairy Fed. Nutrition News, 5:23-24.3:179–184.

FAO, 1990. The technology of traditionnal milk products in developping countries, Animal Production and Health Paper n°85 . FAO, Rome, 333 p.

FAYE B., 1999. Mission d'appui pour la mise en place d'un suivi zootechnique et sanitaire des élevages bovins laitiers dans la région de M'Barara (Ouganda). Montpellier, CIRADEMVT,22 p.

FAYE B., 2003. La filière lait dans le bassin de M'Barara en Ouganda. Montpellier, CIRADEMVT,15 p.

FAO, 1995. Le lait et les produits laitiérs dans la nutrition humaine,Vol 28,Col FAO, alimentation et nutrition.P: 271.

FAO., 2018. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. résumé. CA0191FR/1/07.18.

FAO., 2016. A quarterly update on world seafood markets. Globefish Highlights, FIAM/FAO, 72p.

GODEFAY B., MOLLA B., 2000. Bacteriological quality of raw cow's milk from four dairy farms and a milk collection center in and around Addis Ababa. Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr. 113:276-278.

GUY A., VAROQUAUX P et MONTIGAUD J. (2002). Technologie de transformation des fruits. Tec & Doc éditions. Paris. Collection sciences et techniques agroalimentaires.

GRAVIER S., 1997. Etude des transformateurs laitiers de la ville d'Addis Abeba (Ethiopie), mémoire de stage de DESS. CIRAD-EMVT, 69 p.

Gerritzen MA, Reimert HGM, Hindle VA, Verhoeven MTW, Veerkamp WB., 2013. Multistage carbon dioxide gas stunning of broilers. Poultry Science 92(1): 41-50.

GUIRAUD J-P., 1998. Microbiologie alimentaire. DUNOD, Paris ISBN 2 10 003666 1.

Guérard F., Dufossé L., De La Broise D., Binet A., 2001. Enzymatic hydrolysis of proteins from yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) wastes using alcalase. *J Mol Catal B-Enzym.*, 11: 1051-9.

<http://www.inspection.gc.ca/aliments/directives-archivees-sur-les-aliments/produits-de-viande/manuel-des-methodes/chapitre-4/fra/1367622697439/1367622787568?chap=0>

<https://animaux.l214.com/var/albums/vaches-boeufs-bovins/abattoir-de-limoges-2016/abattage-vache-saignee-abattoir.jpg>

Ho, J.-C., Chen, C.-M., Row, L.-C. *Oleanane-type triterpenes from the flowers, pith, leaves, and fruit of Tetrapanax papyriferus*. Phytochemistry. 2007, 68 (5), 631-635. Agilent, *Agilent Eclipse XDB-C8*. 2003.

H.Rigane, R.Hachicha, E. Ammar, Kh. Medhioub. *Essais d'amendement des sols par les composts de grignons épuisés pour des cultures en pépinières* TSM 1-2002 p71-77

M. Houmani, J.L. Tisserand. *Complémentation d'une paille de blé avec des blocs multinutritionnels : effet sur la digestibilité de la paille et intérêt pour des brebis taries et des agneaux en croissance*. Annales de Zootechnie mai-juin 1999 p199-209

Humane Killing of Livestock Using Firearms (2014) Humane Slaughter Association, United Kingdom: <http://www.hsa.org.uk/humane-killing-of-livestock-using-firearms-introduction/introduction-2>

Heux L., Brugnerotto J., Desbrieres J., Versali M.F., Rinaudo M., 2000. Solide state NMR for determination of fegree of acetylation of chitin and chitosan. *Biomacromol.*, 1: 746-751.

Ifremer., 2011. Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer. Professionnels de la mer. Rapport annuel.

Jqcques Alin, V. J. 1987. *logique programmé et Grafset*. Paris: Ellipses.

Jridi M., Abdelhedi O., Souissi N., Kammoun M., Nasri M., & Ayadi M.A., 2015. Improvement of the physicochemical, textural and sensory properties of meat sausage by edible cuttlefish gelatin addition. *Food Bioscience*, 12 : 67-72.

Kim S.K., Rajapakse N., Shahidi F., 2008. Production of bioactive chitosan oligosaccharides and their potential use as nutraceuticals. In: C.S. Barrow, F (Ed.) Marine nutraceuticals and functional foods. *Nutraceutical Science and Technology*, New York, pp. 183- 196.

KAMBALE SINGEBE : *Analyse du processus de production et consommation d'un produit agricole sucrier au Nord-Kivu* TFC inédit, FSE CUEG, 2002

KISANGANI ENDANDA-S, *Politique et stratégie d'entreprise*, Syllabus du cours inédit, L2 Gestion financière UNIGOM, 2007-2008

LEYRAL G., VIERLING E. (2008) Aliment et boisson, technologie et aspect réglementaire. Biosciences et technique, 3éme édition.

Michalet-Doreau B., Chapoutot P. 1991. Predicting in situ degradability of feed proteins in the rumen by two laboratory methods (solubility and enzymatic degradation). *Anim. Feed Sci. Technol.*, 33, 97-116.

*Manuel SIMENS*. 2000. Récupéré sur programmation avec STEP 7.

Mirzaei-Aghsaghali, A., Maher-Sis, N. *Nutritive value of some agro-industrial byproducts for ruminants- A review*. World Journal of Zoology. 2008, 3 (2), 40-46.

Muffler, K., Leipold, D., Scheller, M.-C., Haas, C., Steingroewer, J., Bley, T., Neuhaus, H.E., Mirata, M.A., Schrader, J., Ulber, R. *Biotransformation of triterpenes*. Process Biochemistry (Amsterdam, Netherlands). 2011, 46 (1), 1-15.

Michel G. 1987. *les API, Architecture des automates programmables Industriels*, Paris : DUNOD.

Mozetic, B., Trebse, P., Hribar, J. *Anthocyanins and hydroxycinnamic acids in sweet cherries*. Food Technology and Biotechnology. 2002, 40 (3), 207-212.

Mickaël., 2016. Comment réaliser votre farine de poisson ?, Pêcher Malin.

NOUT R., HONNHONIGANJ D., BOEKELT V. (2003) Les aliments: Transformation.Conservation et Qualité. ed., CTA, Germany, pp 37-42, 109-119, 134-261.

Nguyen D.N., Lee S.H., Kim M.M., Kim S.K., 2009. Production of chitin oligosaccharides with different molecular weights and their antioxidant effect in RAW 264.7 cells. *Journal of Functional Foods*, 1: 188-198.

Rouanne F. 2000. Produire du sucre et de l'électricité. Industrie. 15 : 23-25.

Règlement 1774/2002 du Parlement Européen et du Conseil du 3 octobre 2002).

Rivière J. et Hestot M. 1979. Culture de levure sur mélasse In Microbiologie et industrie alimentaire. 1 : 111-121.

Signoret M.G. 2006. Valorisation de la bagasse de canne à sucre : les biotechnologies au service de l'industrie papetière. Institut de recherche et développement. Fiche N°252 : 1-5.

Thèse présentée par Mr NOURREDINE, Enquête sur la situation de la filière viande rouge à El-Bayadh 2012

Péron G., Mittaine J.F., & Le-Gallic B., 2010. Where do fishmeal and fish oil products come from? An analysis of the conversion ratios in the global fishmeal industry. *Marine Policy*, 34 : 815-820.

Perez-Galvez R., 2009. Le compactage : une solution pour un meilleur management des bioressources marines. Applications aux rejets et so-projets de poisson. Thèse de doctorat : Ifremer et Université de Nantes. 311p. [hptt://archiver.ifremer.fr/doc/2009/these-7390.pdf](http://archiver.ifremer.fr/doc/2009/these-7390.pdf).

PIDOUX J-P. (1995). Guide pour la préparation des fruits tropicaux. Ed. FICB, suisse. PP 14.

Sandra, P., Sandra, K., Pereira, A., Vanhoenacker, G., David, F. *Green Chromatography: Part 1: Introduction and Liquid Chromatography*. LC-GC Europe. 2010, 23 (5), 242-259.

Stéphane BECUWE, *Commerce international et politique commerciale*, Ed. ARMAND COLLIN, 2006 F ; *Échange international et qualification du travail*, Ed. ARMAND COLLIN, 2004

Sánchez-Rabaneda, F., Jáuregui, O., Lamuela-Raventós, R.M., Viladomat, F., Bastida, J., Codina, C. *Qualitative analysis of phenolic compounds in apple pomace using liquid chromatography coupled to mass spectrometry in tandem mode*. Rapid Communications in Mass Spectrometry. 2004, 18 (5), 553-563.

Shahidi F., 2002. Nutraceuticals and bioactives from seafood byproducts. In: *Advances in seafood byproducts, 2002 Conference proceedings*. Edited by Bechtel PJ. University of Alaska, Fairbanks: Alaska Sea Grant Program, 247-263

Thésaurus du gouvernement du Québec [en ligne], mot-clé « transformation des aliments », consulté sur Internet le 27 septembre 2017, <http://www.thesaurus.gouv.qc.ca/tag/terme.do?id=12676>

Usenik, V., Fabcic, J., Stampar, F. *Sugars, organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (Prunus avium L.)*. Food Chemistry. 2008, 107 (1), 185-192.

VIERLING E. (2008) .Science des aliment, 3e édition .Ed .Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine .Bordeaux .PP 236-237.

Varian, *HPLC Columns. Pursuit XRs. Extra resolution. Maximum lifetime. Ultimate performance.* 2006.

Walter, R.H., Sherman, R.M. *Grape and apple pomace charcoal*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1975, 23 (6), 1218-1218.