

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

A.S.N : Association Sénégalaise de Normalisation.

A.B.V.T : Azote Basique Volatil Total

C.E.P : Cellule d'Études et de Planification

C.N.F.T.P.A. : Centre National de Formation des Techniciens de la Pêche et de l'Aquaculture

°C : Degré Celsius

CF : Coopération Française

C.F.A. : Communauté Financière Africaine

C.T.A. : Centre Technique de coopération Agricole et rurale

C.N.E.A.R.C. : Centre National d'Études Agronomiques des Régions Chaudes

Dp : Débit produit

D.E.A. : Diplôme d'Études Approfondies

D.P.M. : Direction des Pêches Maritimes

D.I.T.P. : Direction des Industries de Transformation de la Pêche

D.I.C : Division des Inspections et du Contrôle

E.S.P. : École Supérieure Polytechnique

E.I.S.M.V. : École Inter État des Sciences et Médecines Vétérinaires

E.N.S.A. : École Nationale Supérieure Agronomique

F.A.O. : Organisation des Nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

FE.LO.GIE. : Fédération Locale des Groupements d'Intérêt Économique

F.N.R.A.A. : Fonds National de Recherche Agricole et Agroalimentaire

F.S.T. : Faculté des Sciences et Techniques

G.E.R.E.S : Groupe Énergies Renouvelables et Environnement

G.R.E.T. : Groupe de Recherche et d'Échanges Technologiques

g : gramme

G : Gramme

I.S.R.A : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

I.T.A : Institut de Technologie Alimentaire

I.U.P.A. : Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture

L.A.E. : Laboratoire d'Analyses et Essais

U.C.A.D. : Université Cheikh Anta Diop de Dakar

M.E.M.T.M.P.P. : Ministère de l'Économie Maritime, des Transports Maritimes, de la Pêche et de la Pisciculture

mg : milligramme

ml : millilitre

N. P.M. : Négocier des Produits de la Mer

n° : numéro

N.A.D : Nicotinamide Adénine Dinucléotide

pH : potentiel Hydrogène

Rs : Rapport de séchage

SYN.T.O.P.M : Syndicat National des Travailleurs de l'Océanographie et des Pêches Maritimes

T° : Température

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Débarquements annuelles des mollusques de 2001 à 2006 (En tonnes, puis en pourcentages)	10
Tableau 2 : Débarquements des <i>Cymbium</i> par région entre 2002 et 2006 (En tonnes et en %)	11
Tableau 3: Exportations de <i>Cybiu</i> m traité (en tonnes) par destination de 2003 à 2005	20
Tableau 4 : Composition nutritionnelle du <i>yeet</i> (en %) prélevé à Mbour et à Joal	21
Tableau 5 : Composition en acides aminés du Murex et du <i>Cymbium</i> ayant subi un traitement artisanal	22
Tableau 6 : Résultats microbiologiques sur <i>le yeet</i> commercialisé à Dakar et Thiès	24
Tableau 7 : Correspondances entre les principales échelles de température.....	33
Tableau 8 : pH approximatif de quelques substances en phase aqueuse	34
Tableau 9 : Comparaison entre les pouvoirs enzymatiques (en mg) des enzymes du tube digestif et des enzymes végétales.....	41
Tableau 10 : Rendement du <i>Cymbium</i> fermenté-séché au site de Joal : produit ayant séjourné 12 heures en bac, puis exposé sur les clés de séchage pendant 5 jours.....	58
Tableau 11 : Rendements du <i>Cymbium</i> fermenté-séché au site de Joal : produit ayant séjourné 12 heures en bac, puis exposé sur les clés de séchage pendant 4 jours.....	58
Tableau 12 : Rendements du <i>Cymbium</i> fermenté-séché au site de Joal : produit ayant séjourné 12 heures en bac, puis exposé sur les clés de séchage pendant 3 jours.....	58
Tableau 13 : Proportionnalité entre les principales parties constitutives du <i>Cymbium</i> sans coquille.....	59
Tableau 14 : Représentativité de chaque partie par rapport au poids du <i>Cymbium</i> dépourvu de sa coquille.....	60
Tableau 15 : Composition nutritionnelle de la chair du <i>Cymbium</i> cru, pour trois groupes d'échantillons	60
Tableau 16 : Composition du mélange chair de <i>Cymbium</i> + jus d'ananas	61
Tableau 17 : Composition du mélange chair de <i>Cymbium</i> + jus de papaye verte.....	62
Tableau 18 : <i>Cymbium</i> sans additif.....	62
Tableau 19 : Rendement de la chair de <i>Cymbium</i> sans additif (ou au naturel) à Dionewar.....	66
Tableau 20 : Rendement de la chair de <i>Cymbium</i> traitée avec du jus de papaye à Dionewar .	66
Tableau 21 : Rendement de la chair de <i>Cymbium</i> traitée avec du jus d'ananas à Dionewar ...	66
Tableau 22 : Moyennes arithmétiques avant cuisson (expérimentation sur site).....	67
Tableau 23 : Moyennes arithmétiques après cuisson (expérimentation sur site).....	67
Tableau 24 : Résultats définitifs des tests de dégustation (expérimentation sur site).....	67
Tableau 25 : Valeur nutritionnelle d'un mélange de <i>Cymbium</i> traité au jus d'ananas et de <i>Cymbium</i>	68
Tableau 26 : Résultats d'analyses microbiologiques d'un mélange de <i>Cymbium</i> traité au jus d'ananas.....	68
Tableau 27 : Ingrédients pour la fermentation du <i>Cymbium</i> au jus de citron	69
Tableau 28 : Ingrédients pour la fermentation du <i>Cymbium</i> au vinaigre	69
Tableau 29 : Ingrédients pour la fermentation du <i>Cymbium</i> au jus d'ananas	69
Tableau 30 : Rendement de la chair de <i>Cymbium</i> traitée au jus de citron	73
Tableau 31 : Rendement des rebuts de <i>Cymbium</i> traités au jus de citron	74
Tableau 32 : Rendement de la chair de <i>Cymbium</i> traitée au vinaigre	74
Tableau 33 : Rendement des rebuts de <i>Cymbium</i> traités au vinaigre.....	74
Tableau 34 : Rendement de la chair de <i>Cymbium</i> traitée au jus d'ananas	75
Tableau 35 : Rendement des rebuts de <i>Cymbium</i> traités au jus d'ananas	75

Tableau 36 : Moyennes arithmétiques de la chair de <i>Cymbium</i> avant cuisson (expérimentation au laboratoire)	76
Tableau 37 : Moyennes arithmétiques de la chair de <i>Cymbium</i> après cuisson (expérimentation au laboratoire)	76
Tableau 38 : Moyennes arithmétiques des rebuts de <i>Cymbium</i> avant cuisson.....	77
Tableau 39 : Moyennes arithmétiques des rebuts de <i>Cymbium</i> après cuisson.....	77
Tableau 40 : Résultats définitifs des tests de dégustation pour la chair de <i>Cymbium</i>	78
Tableau 41 : Résultats définitifs des tests de dégustation pour les rebuts de <i>Cymbium</i>	78

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du milieu d'étude	5
Figure 2 : De gauche à droite, coquilles de : <i>Cymbium cymbium</i> , <i>Cymbium glans</i> et <i>Cymbium pepo</i> (Photo Wawrzyniak, 2006).....	7
Figure 3 : Quelques <i>Cymbium pepo</i> cueillis par les femmes de Dionewar	7
Figure 4 : Répartition de <i>Cymbium pepo</i> sur la côte sud du Sénégal (Morinière P, 1980)	8
Figure 5 : Une vue partielle du site de Dionewar.....	30
Figure 6 : Photo du panel de dégustation de DIONEWAR.....	50
Figure 7 : Ensemble jus de papaye +chair de <i>Cymbium</i> , enveloppé hermétiquement avec un film plastique, puis recouvert par un sachet noir, avant introduction dans le seau (à Dionewar)	51
Figure 8 : L'ensemble jus de papaye + chair de <i>Cymbium</i> précédemment recouvert est introduit dans un seau, puis enveloppé à nouveau avec un tissu épais, avant que le seau ne soit fermé avec un couvercle (à Dionewar)	51
Figure 9 : <i>Cymbium</i> mis en sachets de 100g et scellés sous vide.....	52
Figure 10 : Évolution du pH et de la température au cours de la transformation artisanale du <i>Cymbium</i> à Joal : synthèse des résultats (1ère série).....	54
Figure 11 : Évolution du pH et de la température au cours de la transformation artisanale du <i>Cymbium</i> à Joal : synthèse des résultats (2ème série).....	55
Figure 12 : Évolution du pH et de la température au cours de la transformation artisanale du <i>Cymbium</i> à Joal : synthèse des résultats (3ème série).....	55
Figure 13 : Évolution de l'inverse du Rs du <i>Cymbium</i> à Joal: première série, échantillon1 ...	56
Figure 14 : Évolution de l'inverse du Rs du <i>Cymbium</i> à Joal: deuxième série, échantillon1 .	56
Figure 15 : Évolution de l'inverse du Rs du <i>Cymbium</i> à Joal: troisième série, échantillon1 ..	57
Figure 16 : Évolution de la température et du pH au cours de la fermentation du <i>Cymbium</i> au jus d'ananas (expérimentation sur site à Dionewar)	63
Figure 17 : Évolution de la température et du pH au cours de la fermentation du <i>Cymbium</i> au jus de papaye (expérimentation sur site à Dionewar)	63
Figure 18 : Évolution de la température et du pH au cours de la fermentation du <i>Cymbium</i> au naturel (expérimentation sur site à Dionewar)	64
Figure 19 : Évolution de la température et du pH au cours du séchage du <i>Cymbium</i> traité avec le jus d'ananas (échantillon1).....	64
Figure 20 : Évolution de la température et du pH au cours du séchage du <i>Cymbium</i> traité avec le jus de papaye (échantillon1).....	65
Figure 21 : Évolution de la température et du pH au cours du séchage du <i>Cymbium</i> naturel (échantillon1)	65
Figure 22 : Évolution du pH et de la température au cours de la fermentation du <i>Cymbium</i> au jus de citron	70
Figure 23 : Évolution du pH et de la température au cours de la fermentation du <i>Cymbium</i> au vinaigre.....	71
Figure 24 : Évolution du pH et de la température au cours de la fermentation du <i>Cymbium</i> au jus d'ananas.....	71
Figure 25 : Évolution du pH et de la température au cours du séchage de la chair de <i>Cymbium</i> traitée au jus de citron (CC1).	72
Figure 26 : Évolution du pH et de la température au cours du séchage de la chair de <i>Cymbium</i> traitée au vinaigre (CV1).....	72
Figure 27 : Évolution du pH et de la température au cours du séchage de la chair de <i>Cymbium</i> traitée au jus d'ananas (CA1)	73

LISTE DES ANNEXES

Annexe I : PLANNING DE REALISATION DE L'ETUDE.....	100
Annexe II : DONNEES D'EXPERIMENTATION AU CENTRE DE TRANSFORMATION ARTISANALE DE JOAL.....	101
Annexe III : DONNES D'EXPERIMENTATION AU CENTRE DE TRANSFORMATION ARTISANALE AMELIOREE DE DIONEWAR (FERMENTATION).....	106
Annexe IV : DONNES D'EXPERIMENTATION AU CENTRE DE TRANSFORMATION ARTISANALE AMELIOREE DE DIONEWAR (SECHAGE)	109
Annexe V : DONNES D'EXPERIMENTATION AU LABORATOIRE (FERMENTATION)	110
Annexe VI : DONNES D'EXPERIMENTATION AU LABORATOIRE (SECHAGE)	113
Annexe VII : FICHE D'EXAMEN ORGANOLEPTIQUE DU <i>CYMBIUM</i> AVANT CUISSON.....	115
Annexe VIII : FICHE D'EXAMEN ORGANOLEPTIQUE DU <i>CYMBIUM</i> APRÈS CUISSON.....	116

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	ix
LISTE DES ANNEXES.....	x
RESUME.....	xii
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE.....	3
CONTEXTE DE L'ETUDE.....	3
Chapitre I : LOCALISATION ET CARACTERISATION DU MILIEU D'ETUDE.....	4
Chapitre II : Caractéristiques biologiques, technico-économiques et aspects qualitatifs du <i>Cymbium</i> transformé.....	6
II-1 Caractéristiques biologiques.....	6
II-2 Production, transformation et commercialisation.....	9
II-3 Aspects Qualitatifs.....	21
Chapitre III : PROBLEMATIQUE, JUSTIFICATION ET OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	25
III-1 Problématique de l'étude.....	25
III-2 Justification de l'étude.....	28
III-3 Objectifs de l'étude.....	30
DEUXIEME PARTIE :.....	32
METHODOLOGIE DE L'ETUDE.....	32
Chapitre I : Aspects théoriques sur les mots clés, la fermentation et le séchage.....	33
I-1 Aspects théoriques sur les mots clés.....	33
I-2 Aspects théoriques sur la fermentation et le séchage du <i>Cymbium</i>	35
Chapitre II : MATERIEL ET METHODES D'ETUDE.....	46
II-1 Matériel d'étude.....	46
II-2 Méthodes d'étude.....	49
TROISIEME PARTIE :.....	53
RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	53
Chapitre I : Présentation des résultats.....	54
I-1 Résultats obtenus lors du suivi des paramètres de transformation artisanale du <i>Cymbium</i> à Joal.....	54
I-2 Essais sur les perspectives de valorisation du produit transformé.....	59
Chapitre II Discussions des résultats.....	79
II-1 Suivi de la transformation artisanale du <i>Cymbium</i> à Joal.....	79
II-2 Essais sur les perspectives de valorisation du produit fini.....	82
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	93
CONCLUSION.....	94
RECOMMANDATIONS.....	96
BIBLIOGRAPHIE.....	97
ANNEXES.....	99

RESUME

L'étude porte sur l'évolution du pH et de la température au cours de la transformation artisanale du *Cymbium*, ainsi que sur les perspectives de valorisation du produit transformé. Les expérimentations menées au site de transformation artisanale de Joal ont permis de constater que :

- Après 12 heures de séjour en bac (1^{ère} nuit), le *Cymbium* est encore en phase de rigor mortis. Le pH moyen affiché à l'issue de cette première nuit est de 7,6 ; donc proche de celui du mollusque vivant ;
- Le pH moyen du produit fini est légèrement acide et se situe entre 6,3 et 6,4. Donc le *yeet* de Joal est très peu fermenté ;
- Les difficultés de séchage notées sont dues : soit au manque de maîtrise des paramètres tels que, la température, l'humidité relative et la vitesse de l'air, soit à l'absence de protection du produit en cours de séchage contre les intempéries.

Les essais sur les perspectives de valorisation montrent que :

- 47,64% du poids du *Cymbium* dépourvu de sa coquille font l'objet de rejets sous forme de rebuts (surtout en milieu industriel) ;
- Les enzymes végétales que sont, la bromélaïne, contenue dans le jus d'ananas, et la papaïne, contenue dans le latex de papaye, ainsi que les acides organiques contenus dans le vinaigre et le jus de citron, favorisent l'acidification et accélèrent la fermentation, tout en améliorant le goût, l'odeur et la texture du produit fini ;
- Les meilleurs résultats sont obtenus dans le cas de la fermentation sous température contrôlée, au laboratoire, où le pH du produit fini se situe entre 4,3 et 4,7.

Enfin, sur l'ensemble de l'étude, il est prouvé que les rendements obtenus pour les produits ayant subi un processus de transformation complète (dans le cas des essais sur les perspectives de valorisation) sont faibles par rapport à ceux transformés à Joal.

Ces rendements vont de : 2,88 à 28,57% pour le premier groupe de produits et 31,4 à 58,3% pour le second groupe de produits.

Mots clés : TEMPERATURE, pH, TRANSFORMATION, *CYMBIUM*, VALORISATION

INTRODUCTION

Depuis l'antiquité, le traitement des denrées alimentaires a été au cœur des préoccupations de l'homme.

L'homme qui a été confronté, par le passé, à la nécessité de disposer de ressources alimentaires sous formes de réserves, a eu comme souci primaire:

- De garantir d'abord sa survie en période de baisse ou d'absence de production (exemple : saison sèche en zone tropicale, saison froide en pays tempéré) ;
- De disposer ensuite d'aliments variés, en étendant la gamme des produits comestibles, dans le but d'éliminer, ou de réduire au maximum, les risques de dépendance et de famine.

C'est ainsi que sont nées les méthodes de conservation des denrées alimentaires, en vue du stockage, pour la consommation personnelle dans un premier temps, et plus tard pour l'exportation vers d'autres régions.

Ces méthodes ont été initialement expérimentées sur les céréales, les légumineuses, les tubercules, de même que sur la viande et le poisson (Nout, Hounhouizen et Bachel, 1992).

Au Sénégal, divers procédés de traitement artisanaux et industriels sont actuellement appliqués aux produits halieutiques. Dans le cas du *Cymbium*, communément appelé volute (nom en français), se sont surtout la cuisson et / ou la congélation qui sont pratiquées en milieu industriel, tandis qu'en milieu artisanal, le principal procédé de traitement appliqué à ce mollusque est la fermentation associée au séchage.

Naturellement, la conduite de ces procédés nécessite une bonne maîtrise de certains paramètres physiques, dont la **température** et le **pH**. Ce dernier étant particulièrement utilisé comme indicateur lors de la fermentation. On comprend dès lors, l'importance que révèle l'étude de l'évolution de ces deux éléments au cours du traitement du *Cymbium*.

L'autre aspect qu'il nous a paru important d'aborder dans ce travail, c'est l'initiation de quelques **essais sur les perspectives de valorisation** du produit traité. La principale motivation étant ici, de permettre aux producteurs de tirer pleinement profit du *Cymbium*, par la diversification des produits finis et l'élargissement de la gamme des consommateurs ; ce qui pourrait déboucher, à terme, sur une pérennisation de ce gastéropode.

Ce mémoire comporte trois principales parties :

- La première partie intitulée « **Contexte** » comprend les trois chapitres suivants :
 - o Localisation et caractérisation du milieu d'étude ;
 - o Caractéristiques biologiques, technico-économique et aspects qualitatifs du *Cymbium* transformé ;
 - o Problématique, Justification Objectifs de l'Étude.
- La deuxième partie traite de la Méthodologie de l'Étude. Elle est composée de deux chapitres, à savoir :
 - o Théorie sur les Mots Clés, la Fermentation et le Séchage ;
 - o Matériel et Méthodes d'Étude.
- Enfin, la troisième partie est consacrée aux Résultats et Discussions.

<p>PREMIERE PARTIE</p> <p>CONTEXTE DE L'ETUDE</p>

Chapitre I : LOCALISATION ET CARACTERISATION DU MILIEU D'ETUDE

Pour la réalisation de cette étude, trois localités ont été ciblées. Il s'agit notamment de: Dakar, Joal et Dionewar (figure 1).

Dans ce chapitre, nous nous proposons de faire un bref aperçu de la localisation et des caractéristiques de chacune de ces localités.

Dakar :

Située sur la presqu'île du Cap-Vert, la capitale sénégalaise garde une place importante, tant au niveau de la production, que de la transformation du *Cymbium*.

Bien que les mises à terre de *Cymbium* y soient moins importantes, par rapport à des localités comme Thiès et Fatick, les activités de transformation de ce mollusque sont particulièrement développées dans la région de Dakar

Ses plus grands centres de transformation artisanale sont : Bargny, Thiaroye, et dans une moindre mesure Rufisque.

L'essentiel des industries de transformation de *Cymbium* se trouve aussi à Dakar, où on dénombre actuellement quatre usines tournées vers cette activité, il s'agit de : Établissement Diallo, Pêche 153, NPM et DRAGON DE MER. L'une d'entre elles, en l'occurrence Ets Diallo est très dynamique dans la valorisation du *Cymbium*.

Joal :

Joal est située sur la Petite-Côte, au sud de Mbour, et à 35 kilomètres de cette ville.

La Commune de Joal, de superficie 5000 hectares représente le plus grand centre de débarquement de produits halieutiques du Sénégal. Elle fournit près du tiers de la production nationale de produits halieutiques.

Joal est aussi, sans conteste, le plus grand centre de production et de transformation artisanale de *Cymbium* du pays.

La ville de Joal concentre en effet, la plus grande partie des activités de débarquements et de transformation du *Cymbium* de Thiès, qui, elle-même se trouve être la plus grande région pourvoyeuse de *Cymbium* au Sénégal.

Les statistiques recueillies au niveau du Poste de Contrôle des Pêches de Joal font état de 2739,5 tonnes de *Cymbium* débarqués en 2005, contre 2476 tonnes en 2006 ; ce qui représente, respectivement 48,11 % et 37,50 % du tonnage de *Cymbium* de la région de Thiès pour ces deux années.

Il convient également de préciser qu'en dehors du *Murex*, le *Cymbium* est le mollusque le plus utilisé dans la transformation artisanale à Joal.

Au sein cette localité, les activités de transformation de *Cymbium* se déroulent, de façon continue, durant toute l'année.

Chapitre II : Caractéristiques biologiques, technico-économiques et aspects qualitatifs du *Cymbium* transformé

Ce chapitre fait l'économie des synthèses bibliographiques sur le *Cymbium*. Il est axé sur :

- Les éléments de biologie, notamment : la position systématique, l'écologie et la reproduction ;
- Les aspects technico-économiques, qui intègrent : les techniques de capture, les débarquements, la transformation et la commercialisation ;
- Les aspects qualitatifs, comme : la valeur nutritionnelle, la qualité biochimique et microbiologique

II-1 Caractéristiques biologiques

Les *Cymbium* sont restés pendant longtemps des animaux mal connus, dont la nomenclature tant au niveau générique qu'au niveau spécifique était confuse (Morinère P, 1980).

D'importants travaux ont été par la suite réalisés dans ce domaine par Marche- Marchad qui a effectué une révision et une mise au point de la systématique du *Cymbium* en 1975. Il ressort de ces travaux la position systématique ci-dessous :

Classe : Gastéropodes.

Sous classe : Prosobranches.

Ordre : Néogastéropodes.

Sous ordre : Sténoglosses.

Famille : Volutidae

Genre : *Cymbium*.

Le genre *Cymbium* comporte onze (11) espèces et deux (2) sous-espèces.

Au Sénégal, il existe cinq (5) espèces dont nous donnons ici les noms scientifiques et vernaculaires.

- *Cymbium pepo* ou *yeet* (Lightfoot, 1786) : c'est un animal globuleux de longueur maximale 27 cm. La coquille est plutôt arrondie, le tégument de couleur rouge et noire.
- *Cymbium glans* désigné sous le nom de waraal, ou warwaraan selon les localités (Gmelin, 1791) : C'est la plus longue parmi les cinq (35cm). La coquille est cylindrique, brillante, mince.
L'animal est de couleur brune, avec des mouchetures grisâtres. Le haut de la coquille est aplati.
- *Cymbium cymbium* ou *wrawaraan* (Linné, 1758) : de taille moyenne inférieure aux précédentes (15 cm), la coquille est cylindrique, de couleur brune, grisâtre au sommet et ornée de rainures grisâtres. Le sommet de la coquille est aplati.
- *Cymbium marmoratum* (Link, 1807) : la coquille nacrée est ovale, allongée, solide, le sommet est mamelonné, avec une profonde suture.
Sa taille peut atteindre 20 cm. La coloration du tégument est marron violacée.

- *Cymbium tritonis senegalensis* (Marche – Marchad, 1978) : la coquille est de grande taille. La tête et le siphon sont de couleur noire et sont maculés de blanc, de rouge et de jaune. Le pied est rouge brique.

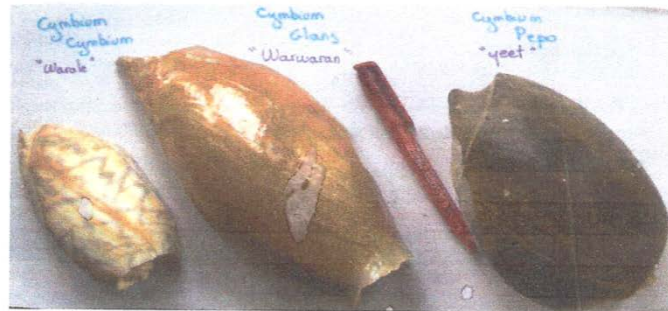


Figure 2 : De gauche à droite, coquilles de : *Cymbium cymbium*, *Cymbium glans* et *Cymbium pepo* (Photo Wawrzyniak, 2006)



Figure 3 : Quelques *Cymbium pepo* cueillis par les femmes de Dionewar

Les *Cymbium* vivent généralement sur les fonds meubles. Ils se déplacent surtout la nuit et se nourrissent essentiellement de bivalves, ainsi que de gastéropodes pour certaines espèces (Morinière P, 1980).

Ces mollusques prosobranches sont essentiellement rencontrés sur les côtes ouest africaines, du sud de la péninsule ibérique au Cameroun

Au Sénégal, les *Cymbium* sont plus abondants sur la côte sud dont les fonds sont généralement sableux ou sableux vaseux. En revanche, la côte nord meublée pour l'essentiel des sédiments rocheux en est très pauvre.

Les travaux réalisés par Pierre Morinière sur la répartition des *Cymbium* le long des côtes sénégalaises ont révélé une prédominance de *Cymbium pepo* sur les autres espèces (figure 4 ci-dessous).

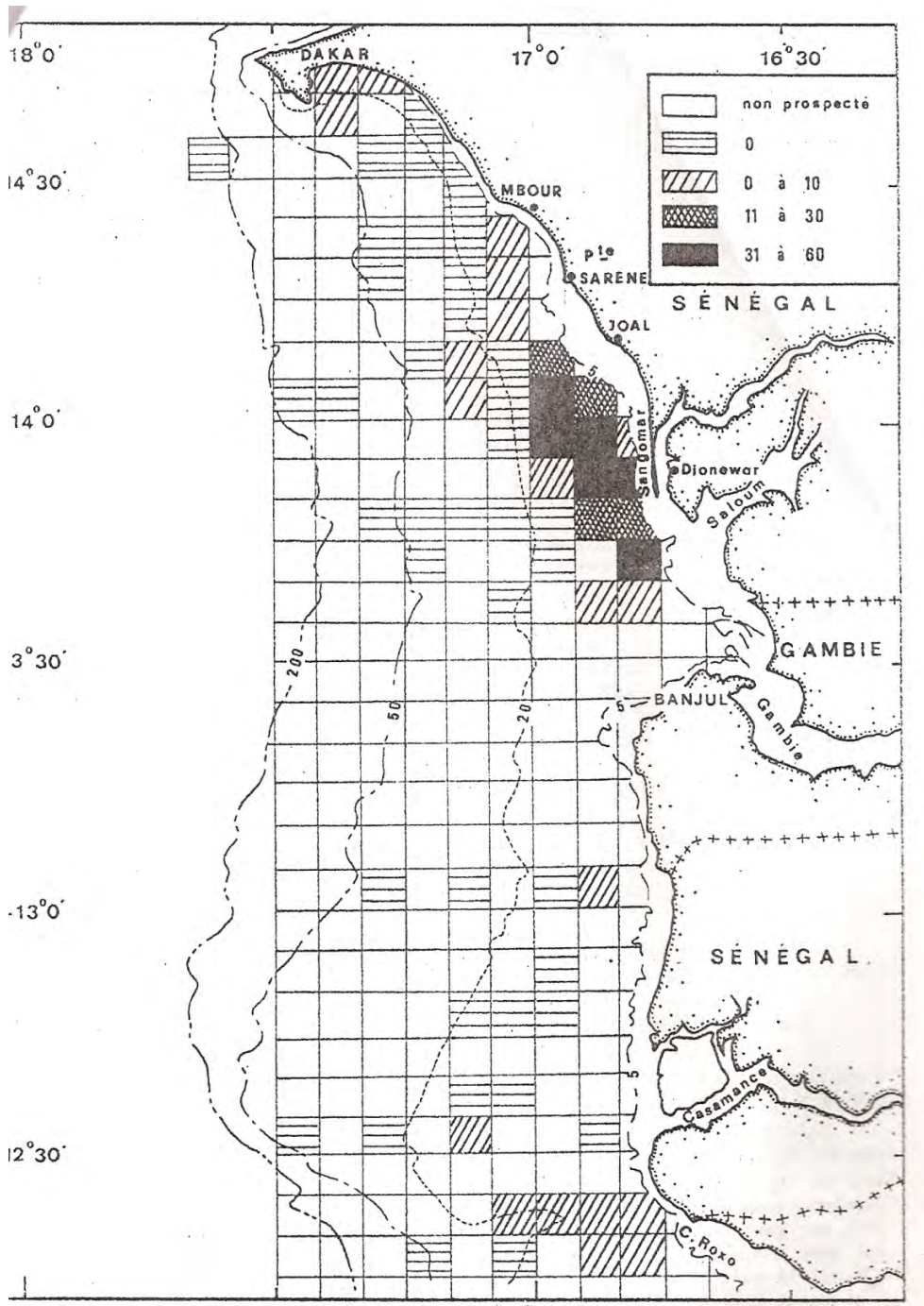


Figure 4 : Répartition de *Cymbium pepo* sur la côte sud du Sénégal (Morinière P, 1980)

Le processus de reproduction peut être séparé en deux (2) étapes :

- La ponte proprement dite qui correspond au passage dans la poche incubatrice des œufs fécondés et de l'albumine. Cette ponte a lieu entre août et septembre.
- L'éjection des larves au terme de leur développement au niveau de la poche incubatrice dans le milieu extérieur. Cette libération des larves a lieu au mois de février.

Donc il y a, à peu près six (6) mois entre la ponte et la libération des larves dans le milieu extérieur.

Il apparaît donc que les *Cymbium* ne se reproduisent qu'une seule fois dans l'année (MARCHE-MARCHAD, 1975).

II-2 Production, transformation et commercialisation

II-2-1 Production

La pêche des *Cymbium* est active toute l'année.

Divers engins traînants ou dormants sont susceptibles de capturer les *Cymbium* : sennes de plage, chaluts, filets dormants etc. Ce sont généralement tous les engins travaillant au contact du sédiment ; et nous pouvons ajouter à cette liste, la pêche à pied et la pêche sous-marine. Cependant c'est essentiellement à l'aide de filets maillants dormants de fonds que les piroguiers pratiquent la pêche au *Cymbium* sur la côte du Sénégal (Morinière P, 1980).

Les chalutiers capturent aussi accidentellement le *Cymbium* qu'ils transbordent à bord des pirogues.

Entre 2001 et 2006, le *Cymbium* s'est régulièrement positionné à la deuxième place dans les mises à terre globales des mollusques (à l'exception de 2003) derrière le poulpe (1ère place), devançant ainsi la seiche, et très largement le Murex (tableau 1).

Le *Cymbium* occupe la première place dans les débarquements des gastéropodes, aussi bien en pêche artisanale qu'en pêche industrielle. En 2006, 70 % des gastéropodes débarqués étaient constitués de *Cymbium*.

Conformément à la localisation des pêcheries décrite précédemment, l'essentiel des débarquements est noté dans la région de Thiès qui totalise entre 2002 et 2006, 85,46% de la production au niveau national. Elle devance ainsi, de très loin, la région de Fatick, son suivant immédiat, qui ne compte que 6,81% de ce tonnage. Suivent ensuite, par ordre d'importance : Ziguinchor (3,54%), Dakar (2,39%), Louga (1,55%) et Saint-Louis (0,25%). La région de Kaolack, dans sa configuration administrative actuelle, ne comporte pas de pêcherie de *Cymbium* (tableau 2).

Tableau 1 : Débarquements annuelles des mollusques de 2001 à 2006 (En tonnes, puis en pourcentages)

Mollusques	2001		2002		2003		2004		2005		2006	
	Poids	%	Poids	%	Poids	%	Poids	%	Poids	%	Poids	%
Seiches	3688,89	25,52	3996,93	17,24	3947,9	18,80	4567,45	20,56	4076,76	15,86	4546,19	19,92
Poulpes	2813,95	19,47	12795,75	55,20	10860,52	51,73	8147,93	36,67	8545,19	33,24	8813,71	36,67
Calmars	53,90	0,37	5,13	0,02	62,44	0,30	384,12	1,73	137,1	0,53	49,43	0,21
Encornets	50,33	0,35	120,1	0,52	53,3	0,25	45,87	0,21	56,91	0,22	159,96	0,67
Cymbium	5421,73	37,52	4347,39	18,76	3608,51	17,19	5768,78	25,96	6855,55	26,67	7193,72	29,93
Murex	2080,19	14,39	1617,44	6,98	2082,84	9,92	3089,76	13,91	5663,46	22,03	3018,70	12,56
Huîtres	151,36	1,05	120,09	0,52	128,72	0,61	81,70	0,37	164,39	0,64	86,93	0,36
Coques	105,07	0,73	152,34	0,66	243,68	1,16	128,12	0,58	168,49	0,65	89,01	0,37
Patelles	11,00	0,08	3,89	0,02	4,15	0,02	4,70	0,02	4,35	0,02	2,55	0,01
Ormeaux	6,50	0,04	1,12	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	30,85	0,12	59,30	0,25
Autres	68,85	0,48	18,38	0,08	3,30	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	0,05
Total	14451,77	100	23178,56	100	20995,46	100	22218,43	100	25703,36	100	24031,50	100

Source : DPM

Tableau 2 : Débarquements des *Cymbium* par région entre 2002 et 2006 (En tonnes et en %)

Régions	2002		2003		2004		2005		2006		Total	%
	Poids	%	Poids	%	Poids	%	Poids	%	Poids	%		
Thiès	3483,3	80,12	2771,79	76,81	4812,73	83,99	5693,77	86,94	6603,42	92,95	23365,01	85,46
Fatick	458,9	10,56	443,33	12,29	250,42	4,37	457,11	6,98	252,75	3,56	1862,51	6,81
Dakar	77,44	1,78	163,00	4,52	162,10	2,83	116,30	1,78	133,49	1,88	652,33	2,39
Ziguinchor	222,3	5,11	145,00	4,02	372,87	6,51	183,25	2,80	43,33	0,61	966,75	3,54
Louga	91,3	2,10	69,65	1,93	119,70	2,09	82,94	1,27	59,97	0,84	423,56	1,55
Saint Louis	14,3	0,33	15,74	0,44	12,54	0,22	15,68	0,24	11,43	0,16	69,69	0,25
Kaolack	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	4347,4	100	3608,51	100	5730,36	100	6549,05	100	7104,39	100	27339,85	100

Source : DPM

II-2-2 Transformation et Commercialisation

II-2-2-1 Transformation:

La transformation du *Cymbium* se fait à travers deux filières : la filière artisanale et la filière industrielle.

▪ Transformation artisanale :

Au niveau artisanal, la transformation est essentiellement occupée par les femmes. Mais à Joal nous avons recensé quelques anciens mareyeurs reconvertis dans ce métier.

Les zones de fortes activités sont :

- Joal, Mbour et Pointe Sarène dans la région de Thiès ;
- Dionewar, Niodior, et Djiffer dans la région de Fatick ;
- Kafountine, dans la région de Ziguinchor ;
- Bargny, Thiaroye dans la région de Dakar.

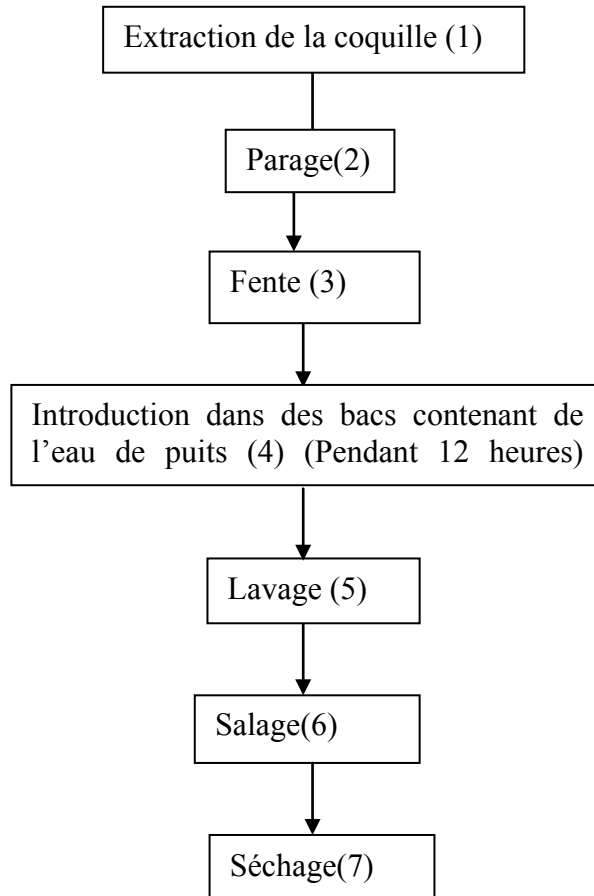
Thiès est, à coup sûr, la plus grande région pourvoyeuse de *Cymbium* traité artisanalement. Dans cette région, Joal abrite le plus important site de transformation, en termes de volumes de produits fabriqués.

En milieu artisanal, la seule technique de transformation réellement connue est la fermentation combinée au séchage, avec des spécificités selon les localités.

Cas particuliers de Joal et de Dionewar :

Nous établissons ci-dessous les diagrammes de fabrication du *Cymbium* dans les localités de Joal et de Dionewar, localités où nous avons réalisé nos expériences en milieu artisanal.

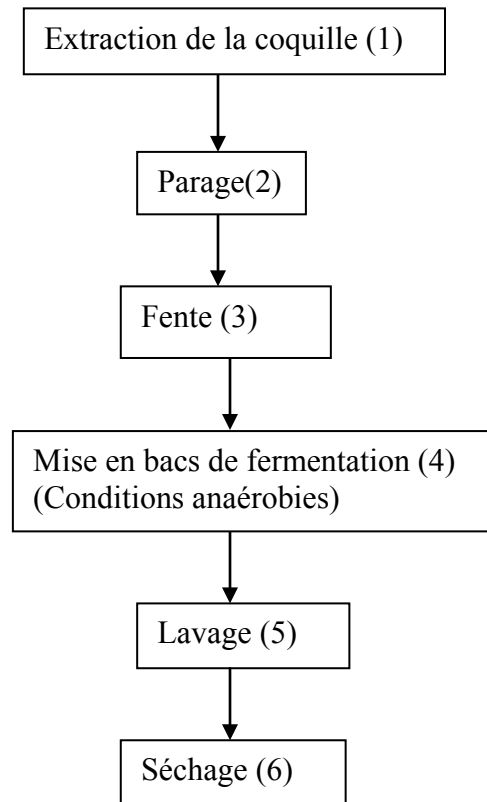
Diagramme de fabrication du *Cymbium* fermenté-séché dans le site de Khelcom à Joal :



Explications :

- (1) : A l'aide de barre à mine, on frappe sur la coquille pour détacher la masse pédieuse. Cette opération est délicate, en raison du risque élevé de se couper la main (la coquille est tranchante).
- (2) : Cette opération consiste à extraire une partie des viscères, en même temps que les autres organes (cœur, foie, rate...). Quelques viscères (ou débris de viscères) sont laissées exprès pour faciliter la fermentation.
- (3) : La masse pédieuse est fendue dans le sens longitudinal, de façon à pouvoir l'étaler.
- (4) : Le produit fendu est introduit dans un bac contenant de l'eau de puits. Il y restera pendant 12 heures (toute la nuit).
- (5) : Le lendemain le produit est sorti du bassin, puis lavé (avec de l'eau du même puits également).
- (6) : Le produit déjà lavé est étalé sur les clés de séchage, où il est salé.
- (7) : Et le séchage débute réellement après le salage. Le produit est laissé sur les clés en vue du séchage. Il sera alternativement retourné sur ses deux faces à chaque fois que c'est nécessaire, pour homogénéiser le séchage.

Diagramme de fabrication du Cymbium fermenté - séché à Dionewar :



Explications :

Les étapes (1), (2) et (3) sont identiques avec celles de Joal.

(4) : Le produit est introduit dans le bac de fermentation, préalablement vide (sans saumure ni eau), puis recouvert hermétiquement avec une bâche avant la fermeture dudit bac, par un couvercle. La durée de la fermentation est de 48heures en période de froid, et 24heures en période de chaleur.

En période de grande production (ce qui est assez rare maintenant à Dionewar), la fermentation se fait dans les bassins entièrement carrelés, tout en respectant strictement les conditions anaérobies.

(5) : Au bout de 24 heures ou 48 heures de fermentation, selon qu'on est en saison sèche ou en hivernage, le produit est sorti du bac, puis lavé soit avec de l'eau de mer, soit avec de l'eau de robinet.

(6) : Le produit ainsi lavé est étalé sur les clés de séchage, et séché à l'air libre pendant 48 heures en période de chaleur, et 72 heures en période de froid.

Remarque :

La principale différence technologique entre les deux procédés se situe au niveau de l'étape (4), c'est à dire du séjour en bac.

Comme on le voit donc, à Joal après les opérations préliminaires (enlèvement de la coquille, parage et fendage), le produit ne séjourne qu'une nuit (environ 12 heures) dans les bacs ouverts à l'air libre. L'enquête menée auprès des deux transformateurs principaux du site révèle qu'en réalité, cette étape n'est pas destinée à assurer la fermentation du *Cymbium*. C'est selon eux, juste une phase transitoire pour permettre au produit de dépasser la phase de rigor mortis, afin que ses muscles puissent se relâcher, et se prêter ainsi mieux à la fermentation.

A Dionewar par contre, cette étape est réellement conçue comme une fermentation, et les transformatrices sont au moins soucieuses du respect des conditions anaérobies, et de l'élévation des températures, deux des principes permettant d'accélérer le processus de transformation. D'ailleurs le produit sorti à la fin de cette étape pour être lavé, dégage réellement une odeur de *Cymbium* fermenté.

▪ Transformation industrielle :

Au Sénégal, la transformation du *Cymbium* à l'échelle industrielle a commencé au début des années 80.

On dénombre actuellement cinq (5) entreprises (dont 4 à Dakar et 1 à Joal) qui s'adonnent à cette activité.

Ces entreprises s'approvisionnent soit, auprès de mareyeurs avec lesquels elles sont liées par des contrats, soit auprès de mareyeurs indépendants.

Il peut arriver que l'usine pré finance un pêcheur pour l'acquisition d'un matériel de pêche. Dans ce cas, elle bénéficie d'une exclusivité d'approvisionnement sur les captures de ce dernier, jusqu'au remboursement de la dette qu'il a contractée.

Au niveau industriel, le *Cymbium* est traité sous deux (2) formes principales : la **forme crue-congelée** et la **forme cuite-congelée**.

Pour la forme crue-congelée, nous avons recensé au cours de nos travaux en milieu industriel trois types : *Cymbium* avec peau, *Cymbium* pelé, et **organes de *Cymbium***.

La cuisson peut être : soit manuelle et se fait au feu de bois, dans de grosses marmites, soit mécanisée. A noter cependant que dans la plupart des entreprises la cuisson est manuelle.

Nous reproduisons ci-après les diagrammes de fabrication dans les entreprises que nous avons visitées.

Diagramme de fabrication du *Cymbium* cru-congelé :

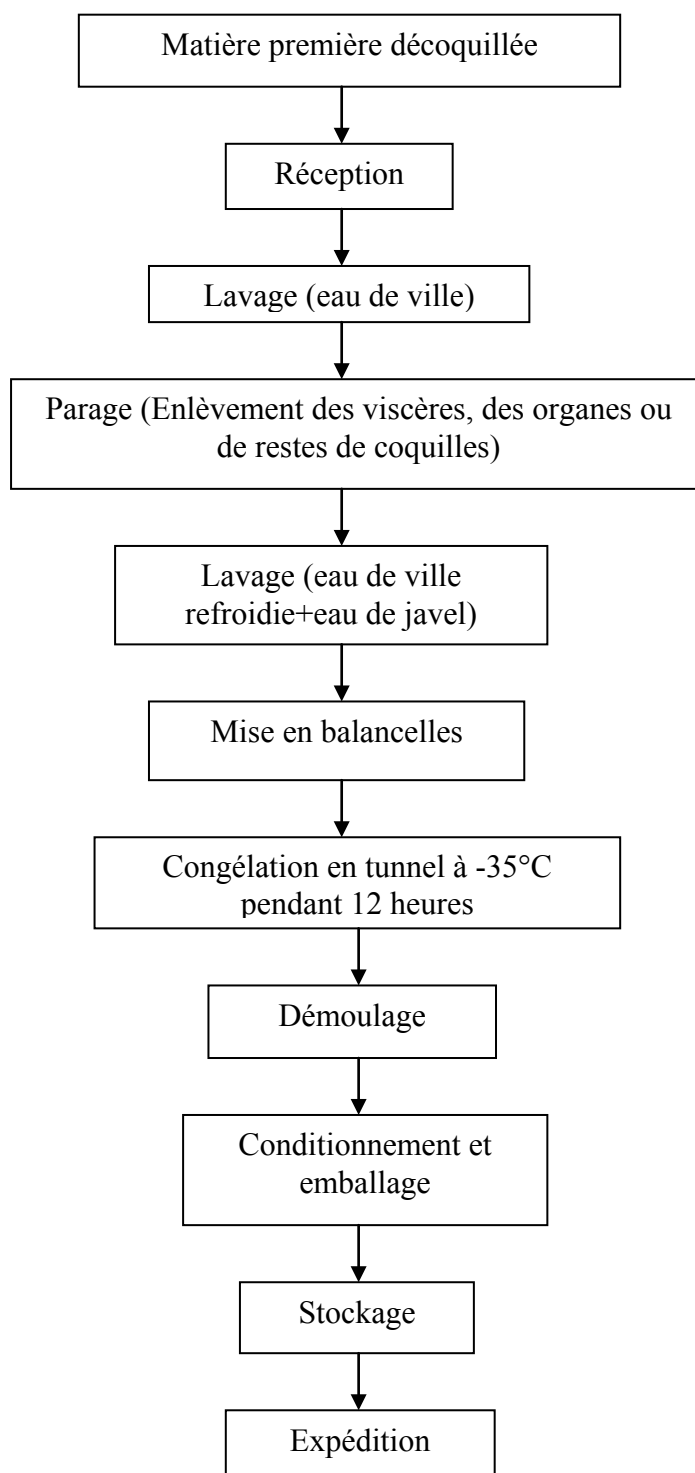
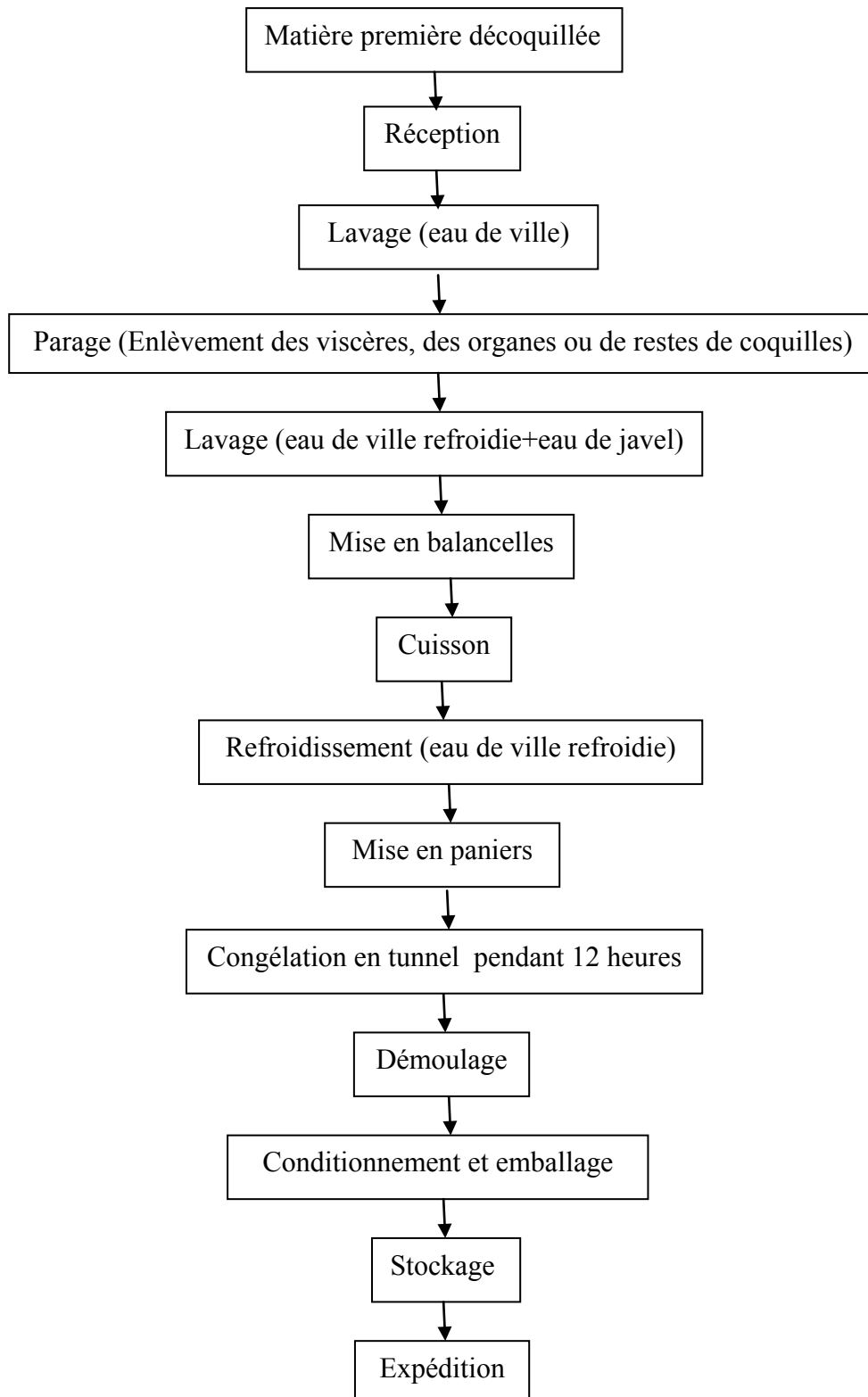


Diagramme de fabrication du *Cymbium* cuit-congelé :



II-2-2-2 Commercialisation :

▪ Ventes locales

L'examen des rapports statistiques de la DPM montre que le *Cymbium* fermenté-séché (*yeet*) est commercialisé à travers toutes les régions du pays.

L'approvisionnement du marché national est monopolisé par les grands centres de production, en l'occurrence Mbour et Joal.

Les grands marchés de distribution se trouvent à Thiès, Kaolack, Dakar, et Touba.

Wawrzyniak (2006) a identifié cinq(5) principaux acteurs en interaction dans le circuit de commercialisation du *yeet*. Ce sont :

○ Les transformatrices (ou transformateurs) :

Elles (ou ils) se situent au sommet de la pyramide, puisqu'elles assurent la transformation et vendent directement aux collectrices (ou collecteurs). Elles ne bougent généralement pas des sites de transformation.

○ Les collectrices :

Elles assurent le lien entre les sites de transformation et les marchés urbains. Elles achètent des quantités pouvant aller jusqu'à 300kg de *yeet* qu'elles acheminent éventuellement avec d'autres produits tels que le poisson séché, le poisson fermenté-séché, le *Murex* (fermenté ou non) séché, etc.

○ Les grossistes :

Ils sont présents dans les grands marchés et s'approvisionnent auprès des collectrices. Ils achètent plusieurs centaines de kilogrammes de *yeet* qu'ils stockent en même temps que d'autres produits halieutiques pour les revendre aux détaillantes.

○ Les détaillantes :

Comme leur nom l'indique, Elles vendent, au détail, en plus du *yeet*, d'autres produits halieutiques et des légumes. Elles achètent des quantités allant de 1 à 20kg qu'elles découpent en petits morceaux dont le prix varie entre 25 et 100 francs CFA (selon la taille du morceau).

○ Les consommateurs :

On range dans cette catégorie les ménagères qui s'approvisionnent quotidiennement auprès des détaillantes pour la préparation du repas, et tous les individus ou groupes d'individus qui achètent le *yeet* pour leur consommation personnelle.

Remarque : Dans certains cas, les grossistes n'existent pas dans la chaîne de distribution ; ce sont alors, en de pareilles situations, les collectrices qui sont directement en rapport avec les détaillantes.

▪ Exportations

Utilisé comme condiment dans beaucoup de plats sénégalais, le *Cymbium* qui naguère était strictement réservé à la consommation locale sous sa forme fermentée – séchée, est entré au début des années 90 dans le répertoire des produits halieutiques exportés du Sénégal.

La découverte du marché asiatique à partir de 1990 a suscité et continue encore de susciter un grand intérêt pour le traitement et l'exportation du *Cymbium*.

Les tonnages exportés sont passés de 1220,45 tonnes en 2003 à 2110,86 tonnes en 2005, soit une augmentation de 72,96% (source DITP et DPM).

En dehors de l'Asie, deux autres continents ont été aussi prospectés par les exportateurs de *Cymbium* : il s'agit de l'Amérique et de l'Afrique.

En Asie et en Amérique, le *Cymbium* est exporté à l'état congelé, soit cru, soit préalablement cuit. Ce sont surtout les industries qui sont pourvoyeuses de ces deux continents.

En Afrique par contre le *Cymbium* est exporté sous forme fermenté - séché, à partir des sites de transformation. L'approvisionnement de ce marché est assuré par les collectrices citées précédemment.

Mais le continent asiatique reste de loin le plus grand marché (tableau 3).

En Asie, les plus gros clients sont, par ordre d'importance : La Chine, la Corée et le Japon (tableau 3).

Trois pays du continent américain s'intéressent au *Cymbium* exporté du Sénégal : il s'agit des États-Unis, du Canada et du Mexique.

En Afrique, on a recensé le Congo et certains pays d'Afrique occidentale, notamment : la Guinée Bissau, la Côte d'Ivoire, le Burkina Faso, le Mali, la Gambie, la Guinée Conakry, et le Togo. Les fortes demandes nous proviennent de la Guinée Bissau, du Mali et de la Gambie

Tableau 3: Exportations de *Cybbium* traité (en tonnes) par destination de 2003 à 2005

Pays	2003	2004*	2005*	Total
Asie				
Chine	398,04	910,04	1153,52	2461,6
Corée	149,96	250,65	232,18	632,79
Japon	25,00	59,24	123,05	207,29
Taiwan	0,00	25,00	25,00	50,00
Singapour	0,00	0,07	0,00	0,07
Total Asie	573	1245	1533,75	3351,75 (62,75%)
Amérique				
Canada	6,34	0,00	0,00	6,34
États-Unis	576,74	714,34	478,61	1769,69
Mexique	26,26	0,00	17,51	43,77
Total Amérique	609,34	714,34	496,12	1819,8 (34,07%)
Afrique				
Guinée Bissau	14,19	19,57	16,73	50,49
Côte D'Ivoire	0,70	0,70	1,10	2,5
Burkina Fasso	0,20	0,00	7,65	7,85
Mali	15,89	2,29	14,05	32,23
Gambie	4,98	13,80	6,47	25,25
Guinée Konakry	0,40	2,68	0,90	3,98
Togo	1,75	2,00	15,92	19,67
Congo	0,00	0,00	2,25	2,25
Autres	0,00	9,92	15,92	25,84
Total Afrique	38,11	50,96	80,99	170,06 (3,18%)
Cumul: de 2003 à 2005	1220,45	2010,30	2110,86	5341,61

Sources : DITP et DPM

Cependant, contrairement aux *Céphalopodes* (poulpes, seiches, calmars), la commercialisation du *Cymbium* (comme d'ailleurs celle des autres gastéropodes) n'est pas encore autorisée sur le marché de l'Union Européenne. C'est qui explique certainement sont faible taux dans le volume global des exportations de mollusques.

II-3 Aspects Qualitatifs

II-3-1 Valeur nutritionnelle

Sur des échantillons prélevés au niveau des sites de transformation de Mbour et de Joal, Sembène (2002) a effectué des analyses sur la valeur nutritionnelle, à l'état macromoléculaire, du *Cymbium* frais et du *Cymbium* fermenté. A l'issue de ces analyses, il note (tableau 4) que pour la plupart des échantillons, le pourcentage de protéines augmente avec la fermentation. Ceci l'amène à conclure que « la fermentation a entraîné chez le *yeet* des modifications biochimiques et enzymatiques favorables à une production de protéines ».

Tableau 4 : Composition nutritionnelle du *yeet* (en %) prélevé à Mbour et à Joal

Échantillon s	Humidité	Cendres	NaCl	Protéines	Lipides
M	69,08	11,01	1,88	15,33	0,54
M1	55,05	8,11	7,35	22,32	0,40
M2	51,20	5,56	8,99	22,67	0,49
J1	66,80	3,37	2,48	14,83	0,17
J2	66,40	3,99	0,97	16,45	0,21

Source : Sembène B (2002)

M = matière première.

M1 et M2 = *yeet* fermenté-séché de Mbour.

J1 et J2 = *yeet* fermenté-séché de Joal

Auparavant, Diouf N. et al. (1992) avaient, à un niveau plus élaboré, établi la composition en acides aminés du *Murex* et du *Cymbium* ayant subi un traitement artisanal préalable. Les résultats de cette étude sont consignés dans le tableau n°5 ci-dessous

Tableau 5 : Composition en acides aminés du Murex et du Cymbium ayant subi un traitement artisanal préalable : en grammes d'acides aminés pour 100 grammes de matière azotée totale

Acides aminés	Murex fermenté	Murex fermenté séché	Murex séché	Cymbium fermenté
Acide aspartique	9,26	7,21	6,98	7,25
Thréonine	3,42	2,77	3,32	2,14
Sérine	2,93	2,41	2,65	2,55
Acide glutamique	15,57	13,91	13,37	13,35
Proline	2,90	3,00	3,38	1,64
Glycine	4,25	3,27	3,14	4,42
Alanine	4,89	6,14	6,71	5,08
Valine	3,86	3,66	4,09	3,09
Méthionine	3,42	2,37	2,36	1,90
Isoleucine	4,84	3,04	3,07	2,78
Leucine	8,84	7,01	6,63	6,16
Tyrosine	2,14	2,07	2,14	0,97
Phénylalanine	2,13	2,17	2,36	1,00
Lysine	8,30	5,72	6,55	3,79
Histidine	1,02	1,05	1,24	0,59
Arginine	7,30	4,85	5,51	4,37
Cystine	1,12	0,79	0,53	0,71
Matière azotée totale	69,45	45,09	31,78	55,94

Source : Diouf et al, 1992

Ce tableau montre que le *Cymbium* fermenté (tout comme d'ailleurs le *Murex*) contient 7 des 8 acides aminés essentiels.

Ces 7 acides aminés retrouvés dans le *Cymbium* fermenté sont: la leucine, l'isoleucine, la valine, la lysine, la glycine, la méthionine et la phénylalanine. Seul le tryptophane manque à cette composition.

Amano, Ito et Sato (cités par Koffi M. 1994) ont démontré qu'au cours des altérations qui se produisent à la faveur du processus de fermentation, aucune modification des acides aminés, plus particulièrement des acides aminés essentiels, n'a été constatée.

II-3-2 Qualité biochimique

Mise à part la valeur nutritionnelle, les études les plus connues sur la qualité biochimique du *Cymbium* portent sur la détermination de l'ABVT, et de l'histamine.

▪ L'ABVT

Différents travaux ont été consacrés à l'étude de l'ABVT dans le *Cymbium* fermenté. Parmi les auteurs, on peut citer : Perreault (1990), Ayessou N (1991), l'ITA (1992) et Sow A (1994).

Les travaux menés par l'ITA révèle un taux moyen d'ABVT de 212mg de NH_3 /100g de chair de *Cymbium* pour le site de transformation de Mbour ; et un taux moyen de 175,44mg de NH_3 /100g de chair de *Cymbium* pour le site de transformation de Thiaroye.

Sow (1994) a, quant à lui, trouvé, sur cent(100) échantillons prélevés sur les *yeet* vendus au niveau des marchés de Dakar et de Thiès, un t aux moyen d'ABVT de 236,68mg de NH_3 /100g de chair de *Cymbium*.

Au regard de la norme établie par l'I.S.N. qui est de 350mg de NH_3 /100g de chair, tous ces résultats sont satisfaisants.

▪ L'histamine

Ndour P. (2003) a étudié le degré de contamination histaminique du *ye* et vendu sur les marchés de Castors, Grand Dakar, et Yarakh.

Ainsi, sur un total de cent(100) échantillons prélevés au niveau de ces trois marchés, il a obtenu une valeur moyenne de 19,73mg /100g ; avec un minimum de 2,48mg /100g, et un maximum de 110,12mg /100g.

La majorité des échantillons (82%) a un t aux d'histamine inférieur à 20mg /100g. Trois seulement des échantillons ont des teneurs en histamine supérieures à 50mg /100g.

Il conclut, en conséquence, que la teneur moyenne en histamine du *yeet* vendu à Dakar est sensiblement égale à la dose maximale acceptable pour la consommation humaine.

II-3-3 Qualité microbiologique

Pour le *Cymbium*, contrairement aux autres produits halieutiques, la charge microbienne initiale avant traitement est quelque peu atténuée par le fait l'animal est vivant à l'achat. Au cours de nos travaux, nous n'avons presque pas rencontré de cas où les transformatrices utilisent du *Cymbium* déjà mort pour le démarrage des opérations de prétraitement (bien qu'elles affirment avoir plus de facilité à fermenter des mollusques déjà morts). La mort de l'animal n'intervenant le plus souvent que quelques heures après son introduction dans le bac de fermentation.

Au niveau industriel, les *Cymbium* morts sont systématiquement triés et écartés de la transformation.

Cependant, en milieu artisanal, cette charge microbienne peut s'accroître très rapidement, du fait que la transformation se déroule dans un milieu et dans des conditions le plus souvent

insalubres. De plus, l'éviscération du produit à fermenter n'est jamais complète ; ceci dans l'optique d'accélérer le processus de transformation.

En outre, le sel marin utilisé lors de la fermentation contient un grand nombre de germes, surtout les *Bacillus* qui constituent 75% de cette flore halophile ; le reste étant constitué de microcoques.

Sembène (2002) a étudié les caractéristiques de la microflore présente dans le *Cymbium pepo* fermenté au niveau des sites de transformation de Mbour et de Joal.

Il démontre en particulier que cette flore est composée de bactéries lactiques, de bactéries sporulées, et de levures.

Sow A (1994) a évalué le niveau de contamination du *yeet* commercialisé sur les marchés de Dakar et de Thiès. Ainsi, sur un total de cent (100) échantillons prélevés dans les marchés des ces deux localités, il trouve les résultats mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 6 : Résultats microbiologiques sur le *yeet* commercialisé à Dakar et Thiès

FLORE MICROBIENNE	RESULTATS
Microorganismes aérobies à 30°C.	80,86.10 ⁶ /g
Flore modérément halophile.	61,1610 ⁶ /g
Coliformes fécaux à 44°C.	55,90 /g
Anaérobies Sulfite-réducteurs(ASR).	48,96 /g
Levures et moisissures.	9,66.10 ² /g
Salmonelles.	Absence
Staphylocoques pathogènes.	Absence

Source : Sow A., 1994

A travers ces résultats, l'auteur a pu constater que 75 à 83% des échantillons étaient non satisfaisants.

Ce niveau de contamination élevé est évidemment imputable au manque d'hygiène dans lequel le *Cymbium* est traité et vendu.

Chapitre III : PROBLEMATIQUE, JUSTIFICATION ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

III-1 Problématique de l'étude

Pour cette présente étude, la problématique du *Cymbium* est déclinée sous deux angles :

- D'abord sous l'angle purement technologique, avec les difficultés de **maîtrise des paramètres de fermentation et de séchage**.
- Ensuite sous l'angle technico-commercial, avec les problèmes de **valorisation du produit transformé**. Ces problèmes vont de la difficulté d'optimisation des rendements au mode de présentation du produit à la vente, en passant par l'amélioration de sa qualité organoleptique.

Ainsi, nous nous proposons de faire l'économie de chaque procédé, en mettant en exergue les insuffisances que nous avons considérées comme étant fondamentales.

III-1-1 Problématique de la fermentation

Si dans certains sites de transformation les principes élémentaires de la fermentation (conditions anaérobies, température relativement élevée) sont appliqués, il demeure néanmoins que dans beaucoup de localités, le respect scrupuleux de ces principes constitue encore une équation à résoudre.

D'une manière générale, on note une absence totale de maîtrise du pH et de la température lors du processus de fermentation au niveau de tous les sites, y compris ceux dans lesquels les conditions anaérobies sont respectées.

L'impact réel du manque de maîtrise des paramètres de fermentation n'est pas rigoureusement connu.

La diversité des procédés de fermentation d'une localité à une autre, voire la variabilité des aptitudes techniques d'une transformatrice à une autre, au sein d'un même site, rendent impossible la reproductibilité des caractéristiques organoleptiques (goût, odeur, texture, etc.) du yeet.

Une bonne fermentation doit normalement s'accompagner d'un ramollissement de la chair, avec perte d'eau et d'élasticité, ce qui n'est pas souvent répétable dans le contexte actuel de la transformation du *Cymbium*.

III-1-2 La problématique du séchage dans nos aires de transformation

Au Sénégal, le type de séchoir le plus répandu est le **séchoir naturel**. C'est avec ce type de séchoir que nous avons réalisé nos expériences dans les sites de transformation de Joal et de Dionewar.

Ici, les seuls dispositifs sont les clés de séchage exposées à l'air libre.

Le médium de séchage, qui est dans ce cas l'air ambiant, est chauffé par le rayonnement solaire dont l'intensité varie énormément en fonction des périodes de la journée. Ce rayonnement solaire disparaît la nuit.

En plus, le produit qui ne bénéficie d'aucune protection au cours du processus de séchage est à la merci du vent, de la pluie en période d'hivernage, et de toute autre intempérie.

Il y a donc en milieu artisanal, une absence totale de maîtrise des paramètres fondamentaux de séchage que sont: la **température de l'air**, son **humidité relative** et la **vitesse de séchage**.

L'utilisation à grande échelle de ce type de séchoir vient du fait qu'il permet de sécher des quantités assez significatives, et à moindre coût, même si par ailleurs la qualité du produit final laisse à désirer.

Il faut noter cependant que la qualité des clés de séchage diffère d'une localité à une autre.

Ainsi, à Dionewar, les clés de séchage sont conçues de manière à faciliter l'aération, avec une hauteur d'environ 1,30m et une surface bien quadrillée, permettant une bonne circulation de l'air.

A Joal par contre, la hauteur des clés fait à peine 30cm, et la surface est tapissée par des lattes de rônier serrées les unes contre les autres ; ce qui ne facilite pas bien sûr la circulation de l'air et allonge inutilement la durée de séchage.

Remarque :

D'autres types de séchoirs existent, mais ne sont pas utilisés dans nos sites de transformation. Ce sont : le séchoir solaire qui été expérimenté par l'ITA dans les années 80, le séchoir mécanique simple et le séchoir mécanique perfectionné.

III-1-3 Problématique de la valorisation :

Comme nous le savons, le *Cymbium* figure, depuis longtemps, parmi les produits halieutiques de plus faible valeur commerciale ; pour des raisons liées à l'optimisation des rendements, aux critères organoleptiques, et au mode de présentation à la vente.

▪ L'optimisation des rendements en production

Le diagnostic des rendements en production a été effectué lors de nos travaux dans les entreprises industrielles, dans les sites de transformation artisanale et au laboratoire. Plusieurs expériences sur lesquelles nous reviendrons en détail dans la deuxième et la troisième partie de ce travail ont été réalisées au niveau des opérations unitaires fondamentales.

▪ Critères organoleptiques

Ces critères concernent surtout le *Cymbium* transformé artisanalement, c'est dire fermenté-séché.

Les critères organoleptiques les plus connues comme étant des motifs de réticence des consommateurs vis-à-vis du *Cymbium* sont relatifs :

- **A l'odeur :** l'odeur du *Cymbium* fermenté-séché est le plus souvent très forte et peut aller jusqu'à devenir piquante, voire repoussante.
- **Au goût :** Il existe des localités produisant des *yeet* ayant un goût plus ou moins succulent à la cuisson, mais dans la majeure partie des cas, le produit présente un goût piquant, aigre ou même fade après la cuisson.
- **A la texture :** La chair du *Cymbium* fermenté est parfois très dure et ne peut se couper sans l'aide d'un couteau, même après une cuisson intense.

Jusqu'à présent, aucune initiative allant dans le sens de l'amélioration de la qualité organoleptique du *Cymbium* fermenté-séché, en ce qui concerne ces trois critères, n'a été notée.

▪ **Mode de présentation du produit fini au consommateur**

Le milieu de la transformation du *Cymbium* est gangréné par un manque criard d'innovations, tant au plan de la présentation, que de la diversification des produits traités.

Ce phénomène est beaucoup plus exacerbé en milieu artisanal où, depuis plusieurs décennies, aucune initiative concrète tendant à diversifier les produits traités et à améliorer leur présentation n'a été observée.

Le *Cymbium* fermenté - séché est vendu à l'état entier depuis le collecteur au niveau du site de transformation, jusqu'au détaillant. Ce dernier se chargeant de le découper en morceaux pour le revendre au consommateur.

Une fois sur le marché le produit tombe dans l'anonymat total. L'emballage, s'il existe, n'est autre qu'un sac qui ne porte aucune mention sur : l'origine, le mode de traitement, la date de fabrication, la Durée Limite d'Utilisation Optimale (DLUO), etc.

Aujourd'hui, tous les spécialistes s'accordent sur le fait que la qualité du *Cymbium* fermenté - séché diffère selon le traitement technologique (degré de conformité aux conditions normatives) et le degré d'application des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication. Or, sur le marché, les prix sont appliqués indifféremment des conditions de traitement.

En clair, que certains paramètres de fermentation et de séchage aient été ou non respectés, ou que les mesures d'hygiène aient été ou non appliquées lors du traitement, le prix du produit fini reste inchangé pour le consommateur, donc **aucune catégorisation selon les niveaux de qualité**. Deux conséquences néfastes peuvent découler de cette situation :

- D'abord les transformatrices étant conscientes que la qualité de leur travail n'influe aucunement sur le prix de vente de leur produit, sont peut intéressées par le respect des normes.
- Ensuite la gamme des consommateurs a peu de chance de s'élargir, dans la mesure où les nouveaux qui ont la malchance de tomber successivement sur des produits de mauvaises qualité ont tendance à se décourager, tournant ainsi définitivement le dos au *Cymbium*.

Tout cela représente une grosse perte pour les transformatrices qui auraient pu, depuis le lieu de production, découper le *yeet* selon la présentation qui conviendrait le plus au consommateur, et le recouvrir avec un emballage adéquat portant toutes les mentions relatives à l'identification du produit.

Au niveau industriel, il faut reconnaître que deux des entreprises ciblées pour ce travail, en l'occurrence Ets. Diallo et Elim Pêche, s'inscrivent dans la dynamique d'une meilleure valorisation du *Cymbium*.

A Elim Pêche par exemple des expérimentations sont en cours pour une mise en place d'une ligne de conserves de *Cymbium*.

Mais, force est de noter que dans la majeure partie des entreprises, le traitement du *Cymbium* se résume, à l'issue des opérations préliminaires, à la congélation du produit sous sa forme crue, ou préalablement cuite.

L'autre aspect non moins important au niveau industriel, est relatif aux quantités impressionnantes de rebuts issus du parage, qui sont écartés de la consommation humaine, surtout en ce qui concerne le *Cymbium* cru-pelé.

La valorisation de ces rebuts permettrait certainement, de diversifier la gamme des produits consommés, tout en augmentant le rendement des producteurs.

III-2 Justification de l'étude

▪ Choix du sujet

Il est vrai que plusieurs études ont été réalisées sur le *Cymbium*. Ces études ont surtout été axées sur la biologie (Marche-Marchade, Pierre Morinière, Ayessou etc.), sur la qualité microbiologique et/ou chimique (Doiuf N, Sow A, Ndour P, Ayessou etc.), sur les bactéries fermentaires (Sembène B, ITA, etc.), sur le niveau d'organisation de la filière et les circuits de distribution (Wawrzyniak).

Le travail que nous nous proposons de faire vient donc combler un vide jusque là non occupé, à savoir : **« l'évolution de du pH et de la température au cours de la transformation artisanale du *Cymbium*, et les essais sur les perspectives de valorisation du produit transformé »**, mettant à profit l'apport des enzymes végétales et des acides organiques.

▪ Choix des sites

Les sites au niveau desquels nous avons mené nos expérimentations n'ont pas été choisis au hasard.

○ Au niveau industriel

En milieu industriel, trois usines ont été ciblées sur les cinq réellement fonctionnelles, ce qui représente un échantillonnage de plus de 50%.

Parmi ces trois usines, les deux (Pêche153 et NPM) procèdent à la cuisson manuelle au feu de bois, alors que la troisième (Elim Pêche) utilise la cuisson mécanique et dispose d'un matériel moderne sur toute la chaîne de fabrication.

Ce dosage entre usines moins avancées et usine moderne, est fait dans le souci de disposer d'éléments d'appréciation variés, permettant de tenir compte de la situation globale au plan industriel.

○ **Au niveau Artisanal**

Au niveau artisanal, notre choix a porté sur les deux localités que sont **Joal** dans la région de Thiès, et **Dionewar** dans la région de Fatick, plus précisément dans le delta du Saloum. Pourquoi ces deux localités ?

▪ **Joal**

Le choix de Joal s'explique par deux raisons :

D'abord, comme il a été précisé dans les parties antérieures, il faut rappeler que Joal constitue le plus grand centre de débarquement de *Cymbium* de la région de Thiès. Celle-ci étant par ailleurs, la première région productrice de *Cymbium* au Sénégal.

Ensuite, à Joal, l'essentiel des activités de transformation des mollusques repose sur le *Cymbium* fermenté- séché ou *yeet*, ainsi que sur le *Murex* transformé ou *touffa*. En 2006 par exemple, 53,17% des mollusques transformés artisanalement à Joal étaient constitués de *yeet* (source : Poste de Contrôle de Joal).

Enfin Joal représente le plus grand centre de distribution de *yeet*, en ce sens qu'il approvisionne toutes les régions du pays, et l'essentiel du marché africain.

▪ **Dionewar**

Comme il a été précisé dans le chapitre I, la production et la transformation du *Cymbium* ont pris un net recul ces dernières années à Dionewar.

Dionewar n'a donc pas été choisie pour son importance dans la production de *Cymbium*. Trois raisons fondamentales motivent le choix de ce site

L'expertise avérée de ses transformatrices : Le nombre d'années d'expérience des transformatrices du site est compris entre 25 et 38 ans (voir tableau IV-4, à l'annexe IV).

De plus, ces femmes qui ont bénéficié de l'encadrement de plusieurs organisations non gouvernementales et structures de recherches, ont acquis l'essentiel des outils nécessaires à l'application des Bonnes Pratiques d'Hygiène et de Fabrication (**BPHF**). C'est sans doute ce qui explique chez ces femmes le souci constant d'amélioration de la qualité de leurs produits, parfois même au risque de perdre une certaine marge bénéficiaire.

Les femmes de Dionewar, à travers leur Fédération Locale des GIE (FELOGIE de Dionewar) constituent une référence en matière de transformation artisanale, dans la mesure où elles ont remporté deux fois le Grand Prix du Président de la République.

Une aire de transformation convenable à nos expériences : Mise à part quelques défauts mineurs, la conception et l'aménagement du site sont globalement satisfaisants. L'équipement (bacs, clés de séchage, balances, appareil de fermeture sous vide etc.) est également adéquat.

Enfin, la troisième et non moins importante raison, c'est que nous avons voulu **nous départir du cadre restreint du laboratoire et travailler avec plus d'originalité**, en mettant à contribution les connaissances empiriques, mais très importantes, de ces transformatrices qui pourront s'approprier des résultats, et éventuellement les utiliser pour l'amélioration de la qualité de leurs produits.



Figure 5 : Une vue partielle du site de Dionewar

III-3 Objectifs de l'étude

Cette partie comprend l'objectif global et les objectifs spécifiques.

▪ Objectif global

L'objectif global de cette étude est d'accroître la gamme des consommateurs du *Cymbium* au niveau national et international, en améliorant, de façon notable, les méthodes de transformation, tant au niveau industriel qu'au niveau artisanal.

▪ Objectifs spécifiques

Nous avons, comme objectifs spécifiques :

- Améliorer les rendements, en minimisant les pertes sur les différentes opérations unitaires, et en mettant à profit toutes les parties comestibles du *Cymbium*.
- Amener les transformatrices, les techniciens et autres acteurs, à mieux prendre conscience de l'impact néfaste du non respect des paramètres de transformation sur la qualité finale du produit, et à œuvrer, ensemble, pour l'amélioration des conditions de transformation en milieu artisanal.

- Contribuer à l'amélioration de la qualité organoleptique du *yeet* en agissant sur : la texture, l'odeur et le goût, pour le rendre plus attrayant.
- Œuvrer pour une meilleure présentation des produits transformés sur le marché.

A l'issue de cette première partie, nous disons qu'il ne s'agit plus aujourd'hui de prouver que la transformation artisanale du *Cymbium* se fait, à des degrés divers, dans le non respect des paramètres de fermentation et de séchage : cet état de fait est connu depuis longtemps par tous les techniciens, ou même simplement, par tous ceux qui côtoient quotidiennement les transformatrices au travail.

Par ailleurs, nous savons, à travers les rapports, les études ou les constatations que nous avons nous-mêmes faites sur le terrain, que le *Cymbium* est insuffisamment valorisé, aussi bien milieu artisanal qu'en milieu industriel.

Fort de tout cela, nous nous sommes posés des questions à deux niveaux :

Au niveau du non respect des paramètres de transformation en milieu artisanal :

- Peut-on rendre compte réellement de l'instabilité de certains des paramètres de fermentation et de séchage au cours de la transformation artisanale du *Cymbium* ?
- Quelle est l'impact de cette instabilité sur la qualité du produit final ?

Au niveau de la valorisation :

- Peut-on, à travers des initiatives sur le terrain, de concert avec les producteurs, impulser une meilleure valorisation du *Cymbium* ?
 - En minimisant les pertes et en mettant à profit toutes les parties comestibles ?
 - En améliorant le goût, l'odeur et la texture du *Cymbium* fermenté-séché par l'utilisation d'enzymes végétales telles que la papaïne et la bromélaïne, ou alors des acides organiques contenus dans le vinaigre et le jus de citron ?
- Peut-on également, dans cette dynamique, améliorer la présentation du produit traité artisanalement par un conditionnement et un emballage adéquats, portant les mentions fondamentales d'identification ?

Ce sont donc là l'essentiel des questions auxquelles nous allons nous évertuer à répondre en nous appuyant sur des séries d'expériences réalisées dans plusieurs sites situés en milieu industriel, et artisanal, mais aussi au laboratoire : Tel l'objet des travaux rapportés dans la deuxième partie de ce mémoire.

DEUXIEME PARTIE :

METHODOLOGIE DE L'ETUDE

Chapitre I : Aspects théoriques sur les mots clés, la fermentation et le séchage.

Ce chapitre traite des aspects théoriques relatifs :

- D'abord aux mots clés figurant sur le titre de ce document, à savoir : le pH, la température, la transformation artisanale et la valorisation ;
- Puis à deux concepts qui, à notre avis, sont fondamentaux pour la compréhension de l'étude, c'est-à-dire : la fermentation et le séchage du *Cymbium*.

I-1 Aspects théoriques sur les mots clés

▪ La Température :

La température d'un système est une fonction croissante du degré d'agitation thermique des particules qui le composent, c'est à dire son énergie thermique. Elle est définie à chaque instant, par un équilibre de transfert de chaleur avec un ou plusieurs systèmes (internet, techno-science.net).

Donc, dans le cas de notre sujet, étudier l'évolution de la température lors de la transformation du *Cymbium*, revient à effectuer un suivi du **point d'équilibre thermique** entre le Cymbium et son milieu ambiant, tout au long du processus de transformation.

L'unité légale de température dans le système internationale est le Kelvin, de symbole K. Cependant il existe d'autres systèmes de mesure antérieurs, et qui sont toujours en vigueur ; il s'agit des échelles : Celsius centigrade, de symbole C, Fahrenheit, de symbole F, Rankine, de symbole Ra et Réaumur, de symbole Ré.

Le tableau n°7 ci- après établit les correspondances entre ces différentes échelles.

Tableau 7 : Correspondances entre les principales échelles de température

DE	VERS	FORMULE
Fahrenheit	Rankine	$^{\circ}\text{Ra} = ^{\circ}\text{F} + 459,67$
Rankine	Fahrenheit	$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{Ra} - 459,67$
Kelvin	Rankine	$^{\circ}\text{Ra} = \text{K} \times 1,8$
Celsius	Rankine	$^{\circ}\text{Ra} = ^{\circ}\text{C} \times 1,8 + 32 + 459,67$
Rankine	Celsius	$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{Ra} - 32 - 459,67) / 1,8$
Réaumur	Rankine	$^{\circ}\text{Ra} = ^{\circ}\text{Ré} \times 2,25 + 32 + 459,67$
Rankine	Réaumur	$^{\circ}\text{Ré} = (^{\circ}\text{Ra} - 32 - 459,67) / 2,25$

Source : internet, wikipedia.org

Dans le cas qui nous concerne, nous utiliserons l'échelle Celsius centigrade.

▪ Le potentiel hydrogène ou pH :

Le pH mesure l'**activité chimique** des ions hydrogènes (H^+ , appelés aussi protons) en solution aqueuse.

Plus couramment, on considère que le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution (wikipedia.org).

Donc, l'étude de l'évolution du pH au cours du traitement du *Cymbium*, se résume, dans le contexte de notre travail, au suivi de la **variation de l'acidité** au cours de la fermentation et du séchage.

On considère qu'une solution avec :

- Un pH inférieur à 7 est acide ;
- Un pH supérieur à 7 est basique ;
- Un pH égal ou proche de 7 est neutre.

Le tableau suivant donne les pH approximatifs de quelques substances en phase aqueuse.

Tableau 8 : pH approximatif de quelques substances en phase aqueuse

SUBSTANCES	pH APPROXIMATIFS
Jus de citron	2,4
Cola	2,5
Jus d'orange et de pommes	3,5
Café	5,0
Thé	5,5
Eau pure	7,0
Eau de mer	8
Savon	9,0 à 10,0
Chaux	12,5
Soude	14,0

Source : internet, wikipedia.org

▪ Transformation artisanale :

Selon le Dictionnaire Encyclopédique des noms communs et des noms propres, la transformation d'une substance est l'ensemble des opérations et procédés destinés à donner à cette substance un autre aspect.

Par conséquent, au sens de la présente étude, nous entendons par transformation artisanale du *Cymbium*, l'ensemble des opérations unitaires menées sur site puis au laboratoire, concourant à la modification des caractéristiques de la chair de ce mollusque en tant que matière première.

▪ Valorisation :

Selon toujours le Dictionnaire Encyclopédique des Noms Propres et des Noms Communs, valoriser un produit c'est donner à ce produit une **valeur plus importante**.

Au regard de cette définition, les essais sur les perspectives de valorisation constituent pour nous, un ensemble de tests sur des expérimentations dont la finalité est d'améliorer, de façon notable, le produit fini, tant au niveau de sa qualité, que de son rendement.

I-2 Aspects théoriques sur la fermentation et le séchage du *Cymbium*.

▪ La Fermentation

Selon le Dictionnaire Encyclopédique des Noms Propres et des Noms Communs, la fermentation est une **dégradation enzymatique** en **milieu anaérobie** d'une **substance glucidique** par des **microorganismes**.

CARL et PEDERSON(1971) abondent dans le même sens, quand ils affirment que « la fermentation est une dégradation de la matière organique contenant du sucre, et qui se fait en absence d'oxygène ».

Lorsque les microorganismes qui prédominent dans une fermentation produisent de l'alcool, on parle de fermentation alcoolique.

Lorsque ces microorganismes produisent de l'acide lactique, on parle de fermentation lactique.

Lorsque la substance générée par la fermentation est de l'acide acétique, on parle de fermentation acétique (SEMBENE B, 2002).

L'essentiel des bactéries responsables de la fermentation se développent de façon optimale à des pH acides, à des températures relativement élevées (40 - 45°C), et en milieu anaérobie.

▪ Particularité de la fermentation du *Cymbium*

La fermentation du *Cymbium*, comme d'ailleurs celle des autres produits halieutiques (et des denrées d'origine animale en général), ne se résume pas en une simple dégradation des glucides en milieu anaérobie. C'est un processus complexe au cours duquel plusieurs types de macromolécules, notamment les protéines, les lipides et les glucides, sont dégradés en molécules simples. Dans ce qui suit, nous retraçons, de façon très schématique, les principales dégradations, à savoir :

○ La dégradation des protéines

La dégradation des protéines peut se résumer globalement en deux phases :

▪ Phase de scission et/ou d'hydrolyse des protéines en polypeptides, peptides et en acides aminés libres

Sous l'action des enzymes protéolytiques (protéases), les protéines sont scindées en fragments polypeptidiques et peptidiques, mais aussi aminés libres. Les polypeptides et les peptides sont constitués d'enchaînements d'acides aminés unis par des liaisons peptidiques.

Parmi ces enzymes protéolytiques on peut noter :

- **Les enzymes du tube digestif et des viscères**, notamment : la pepsine, la trypsine et la chymotrypsine. La pepsine se trouve habituellement dans l'estomac. C'est la principale enzyme du suc gastrique. Elle agit à pH acide (entre 1 et 4). Sa température critique se situe à 55°C.

La trypsine est par contre rencontrée dans le caecum pylorique, elle agit à pH neutre.

Ces enzymes sont toutes créditées d'une forte activité protéolytique. Elles interviendraient pour une large part dans la liquéfaction du poisson au cours de la préparation du *nam*¹

- **Les enzymes du tissu musculaire** : Ce sont surtout les cathepsines A, B, C et D. Elles sont localisées dans les lysosomes et agissent, pour l'essentiel, à pH acide. La cathepsine D présente un intérêt majeur, puisqu'elle amorce la dégradation des protéines endogènes des cellules en peptides qui peuvent, par la suite, être dégradées par les cathepsines A, B et C. Son pH optimum se situe aux environs de 4 (Huss H H, 1988).
- **Les enzymes bactériennes** : secrétées par des bactéries telles que *Lactobacillus*, *Bacillus*, etc.

D'autres microorganismes excrétés dans le milieu ambiant interviennent également dans la dégradation des protéines. Il s'agit notamment des champignons (exemple : *Aspergillus* spp.) et des levures (exemple : *Saccharomyces* spp.)

▪ Phase de dégradation des peptides, des polypeptides et des acides aminés libres

On peut identifier deux principaux types de réactions durant cette phase :

• Dégradation des peptides et des polypeptides

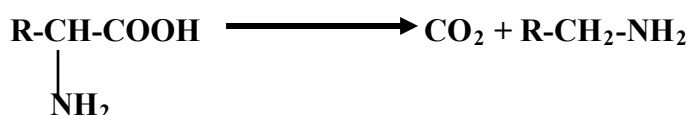
Les peptidases hydrolysent les peptides et les polypeptides pour les transformer en leurs sous unités constitutives : les acides aminés. Les acides aminés libres (à partir du moment où elles ne sont plus liées entre elles) reconnus pour leur forte solubilité, contribuent à l'amélioration de la saveur, mais aussi de la valeur nutritive du produit fermenté.

• Dégradation des acides aminés libres

Le catabolisme des acides aminés libres se fait suivant deux voies principales : la désamination et la décarboxylation.

La désamination, quel que soit son mode (oxydative ou non oxydative), conduit à la formation d'acide et d'ammoniac (NH₃)

La décarboxylation quant à elle aboutit à la formation de CO₂ et d'amine, selon la réaction :



La dégradation de certains acides aminés donne lieu à des amines caractéristiques de l'altération des produits halieutiques. On peut citer, entre autre :

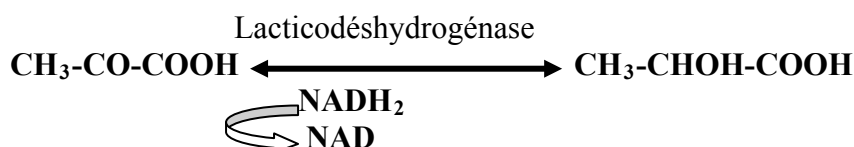
¹ Sauce asiatique obtenue lors de la fermentation par liquéfaction du poisson mélangé aux viscères. Elle utilisée comme assaisonnant

- La décarboxylation des acides aminés soufrés tels que :
 - la cystéine qui est dégradée en méthyle mercaptan (CH_3SH) et en sulfure d'hydrogène (H_2S);
 - la méthionine qui donne du sulfure de diméthylque [$(\text{CH}_3)_2\text{S}$]
- La dégradation de l'arginine : l'arginine est d'abord désaminée pour donner naissance à l'ornithine qui, par décarboxylation, va former de la putrescine.

Ces amines sont en partie, responsables des mauvaises odeurs dégagées par le produit halieutique altéré. C'est la raison pour laquelle, il est important des bien conduire le processus de fermentation, pour éviter (ou réduire au maximum) leur apparition.

○ La dégradation des glucides

Au sens des définitions données dans la littérature, les glucides sont les seuls constituants qui subissent réellement une fermentation. Dans le cas des produits carnés (dont le *Cymbium*), le métabolisme des glucides commence d'abord par l'hydrolyse de ces derniers en glucose. Le glucose subi par la suite une série de réactions aboutissant à la formation de l'acide pyruvique ($\text{CH}_3\text{-CO-COOH}$) qui, par **fermentation**, donne de l'**acide lactique** ($\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}$). L'acide lactique est donc le principal acide carboxylique produit lors la fermentation du *Cymbium*. Cette dernière réaction s'établit comme suit :



Au cours de cette réaction catalysée par la lactico-déshydrogénase (enzyme), le NADH_2 est oxydé en NAD .

Les glucides subissent en outre la **réaction de Maillard** ou brunissement non enzymatique. Le brunissement non enzymatique se réalise à la suite d'une interaction entre le groupement amine des protéines, des peptides ou des acides aminés, et les sucres réducteurs ; ce qui aboutit à une coloration brunâtre. Ce phénomène qui est par ailleurs consécutif à une élévation importante de la température du produit est observable durant les huit (8) premières heures qui suivent l'étalage du *Cymbium* sur les claies de séchage.

○ L'oxydation des lipides

La détérioration des lipides peut avoir lieu de deux manières :

- Par hydrolyse : causée exclusivement par des enzymes (lipases). Cette hydrolyse aboutit à la formation d'acides gras libres.
- Par oxydation : catalysée par des enzymes, mais également par d'éventuelles traces de métaux comme le cuivre ou le fer, susceptibles de se mélanger au sel utilisé. Cette oxydation donne un certain nombre de sous produits dont, les cétones et les aldéhydes.

L'ensemble constitué par les acides gras libres, les cétones et les aldéhydes issus de la détérioration des lipides cause une odeur de rancidité qui peut aller jusqu'à devenir piquante.

Remarque :

Il a été prouvé, néanmoins, que globalement, les réactions issues de l'hydrolyse des protéines, de la fermentation des glucides, la réaction de Maillard, et dans certain cas l'oxydation des lipides, contribuent globalement à donner au *Cymbium* une saveur agréable de produit fermenté.

▪ **Rôle de quelques additifs utilisés lors de la fermentation**

○ **Le sel**

Le sel est utilisé au Sénégal lors la fermentation des produits halieutiques, mais à des degrés divers.

La plupart des bactéries d'altération ne peuvent se développer à des concentrations salines élevées. Donc le sel permet d'opérer une sorte de sélection de la flore microbienne, en inhibant les bactéries d'altération, et en favorisant parallèlement, le développement des bactéries fermentaires.

Grâce au phénomène d'osmose, le sel permet aussi de diminuer la teneur en eau du produit avant le séchage proprement dit ; ce qui milite bien sûr en faveur de l'accélération du séchage.

Enfin, le sel a un effet biochimique, se traduisant par une modification plus ou moins importante de la texture du produit fermenté, tout en conférant à ce dernier un certain goût.

○ **Les acides organiques**

Les acides organiques (acide acétique, acide citrique, acide malique, acide ascorbique) employés lors de la fermentation ont un triple effet :

- **Effet acidifiant** : en se dissociant, ils abaissent le pH du milieu, favorisant ainsi le développement des bactéries fermentaires (acidifiantes) au détriment des bactéries d'altération ;
- **Effet biochimique** : en s'introduisant dans le muscle de l'animal, ils provoquent la dégradation des protéines en peptides, puis en acides aminés libres. Ces réactions biochimiques se traduisent par des modifications de la texture (rendant la chair plus tendre), du goût, de l'odeur et même de la couleur.
- Enfin, ils ont, pour la plupart, une **propriété anti oxydante**.

Dans nos expériences, nous avons utilisé deux composés contenant ces acides organiques : il s'agit du **vinaigre** et du **jus de citron**.

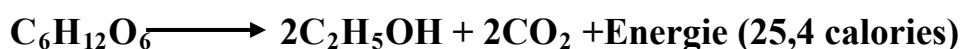
▪ Le vinaigre

A l'origine, le vinaigre était fabriqué à partir du vin rendu aigre par fermentation : d'où le nom du produit qui, s'il est décomposé, donne « vin aigre ». Par la suite, plusieurs substances alcooliques ont servi à la fabrication de ce produit qui a quand même conservé son nom originel.

Aujourd'hui on peut fabriquer le vinaigre à partir de la bière, du cidre etc.

La fabrication du vinaigre requiert une double fermentation :

- Une première fermentation dite **fermentation alcoolique** où les glucides (métabolisés en glucose) sont transformés en alcool selon la réaction :



- Une deuxième fermentation dite **fermentation acétique**, sous l'action de bactéries appartenant à la famille des Acetobacteriaceae, et qui se déroule forcément en présence d'oxygène (les Acétobacter ont besoin d'O₂). Au cours de cette deuxième phase, les Acétobacter fixent l'oxygène de l'air et oxydent l'éthanol contenu dans le liquide en acide acétique selon l'équation :



Il se forme ainsi de l'acide acétique, de l'eau et de l'énergie.

C'est, justement, l'**acide acétique** contenu dans le vinaigre qui agit sur les fibres musculaires pour rendre la viande plus tendre.

La teneur en acide acétique est exprimée en **degrés acétimétriques**. Le degré acétimétrique est égal à l'**acidité totale**, exprimée en grammes (g) d'acide acétique pour 100 millilitres de vinaigre, mesurés à la température de 20°C.

Par exemple, un vinaigre à 6° c contient l'équivalent de 6g d'acide acétique pour 100ml de vinaigre, mesurés à la température de 20°C.

Remarque :

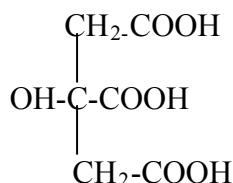
L'appellation « vinaigre d'alcool » est utilisée pour désigner tout vinaigre de fermentation, obtenu à partir d'alcool (éthanol ou autre) provenant des matières végétales.

C'est ainsi qu'en Martinique on fabrique du vinaigre à partir de la canne à sucre, tandis qu'en Côte d'Ivoire on fabrique du vinaigre à partir de nombreux fruits tropicaux comme : l'ananas, l'orange, la banane, la mangue, la papaye, le corossol, etc.

▪ Le jus de citron

Le jus de citron contient essentiellement trois acides : l'acide citrique, l'acide malique, et l'acide ascorbique.

L'acide citrique est un **triacide** de formule semi-développée,



A ce titre il est crédité d'une **très forte acidité**, et on considère qu'il intervient pour 95% environ dans l'acidité globale du citron.

Mais, tous ces trois acides reconnus pour leurs **propriétés anti oxydantes** sont utilisés comme conservateurs dans l'industrie alimentaire.

○ Les enzymes végétales

Les enzymes d'origine végétale sont utilisées depuis plusieurs siècles pour hydrolyser le poisson, surtout en Asie, ne serait-ce que par l'addition du jus d'ananas ou de figue.

L'utilisation des enzymes végétales en technologie alimentaire est devenue une pratique courante depuis plusieurs années.

Deux de ces enzymes ont été utilisées lors de nos travaux : il s'agit de la **papaïne** qui est extraite du latex du papayer, et de la **bromélaïne** contenue dans le jus d'ananas.

Dans les régions méridionales du Vietnam, la bromélaïne est ajoutée au poisson éviscéré pour accélérer la protéolyse.

Des chercheurs ont utilisé les sous produits de la fabrication du jus d'ananas comme source de bromélaïne. Ces essais ont donné de bons résultats, puisque l'hydrolysats réalisée à partir de ses sous produits a abouti à l'hydrolyse de 75% des protéines en dix (10) jours, avec 0,2% de bromélaïne et 20% de sel, à 38°C.

La papaïne donne également de bons résultats à des pH compris entre 6 et 7, et à des températures allant de 60 à 70°C. Utilisée dans ces conditions, elle a l'avantage d'hydrolyser les protéines jusqu'au stade d'acides aminés (Hounhouizen & Backel, 1994).

Dans les régions tropicales, outre la consommation de ses fruits, les feuilles du papayer sont traditionnellement utilisées pour envelopper la viande et l'attendrir en quelques heures.

Ces enzymes sont donc des protéases qui, de par les réactions qu'ils catalysent, accélèrent le processus de fermentation et contribuent à la tendresse du muscle.

Leur utilisation pour l'attendrissement de la viande de bœuf et du porc a été réalisée avec succès (CNERNA, 1982).

Comme le montre le tableau n°9 ci-après, la papaïne et la bromélaïne ont un pouvoir enzymatique supérieur à celui des enzymes présentes naturellement dans le tube digestif, en l'occurrence la pepsine, la trypsine et la chymotrypsine.

Tableau 9 : Comparaison entre les pouvoirs enzymatiques (en mg)² des enzymes du tube digestif et des enzymes végétales

ENZYMES	POUVOIR ENZYMATIQUE
Pancréatine	100mg
Trypsine	24mg
Chymotrypsine	1mg
Bromélaïne	45mg
Papaïne	60mg

Source : internet, pharmacie-perraudau.com

La fermentation à elle seule ne peut garantir la conservation du *Cymbium* traité artisanalement à cause notamment de la teneur en eau très élevée de ce dernier. C'est pourquoi, il est systématiquement combiné au séchage.

▪ LE SECHAGE

Le séchage est un procédé de traitement thermique au cours duquel, le produit à sécher est mis en contact avec un médium de séchage qui peut être : de l'air chaud et sec en mouvement, ou un autre fluide préalablement chauffé.

Sécher un produit consiste donc à éliminer, à l'aide d'un médium de séchage, une grande partie de l'eau de ce produit, de façon à permettre sa bonne conservation.

C'est l'air chaud, sec et en mouvement qui est chargé d'évacuer l'eau à la surface du produit. Il est chauffé, dans le cas de nos sites de transformation, par le rayonnement solaire. L'air à l'état naturel contient de l'eau sous forme de vapeur invisible.

On définit par **pouvoir évaporatoire de l'air**, sa capacité à absorber de l'eau placée à son contact. Le pouvoir évaporatoire est mesurée en grammes d'eau supplémentaires par mètre cube d'air.

Deux paramètres sont introduits pour quantifier les proportions entre l'air sec et la vapeur d'eau qu'il contient : il s'agit de **l'humidité absolue** et de **l'humidité relative**.

- L'humidité absolue (ou teneur en eau) s'exprime en grammes d'eau par kilogramme d'air sec.
- L'humidité relative (ou degré hygrométrique) s'exprime en pourcentage. Cette valeur précise le niveau d'humidité absolue de l'air par rapport au niveau d'humidité absolue maximal qu'il pourrait avoir, compte tenu de la température de l'air et de la pression. Elle permet donc de connaître le niveau de saturation de l'air en eau.

Par exemple pour une humidité relative de 100%, l'air ne peut plus absorber d'eau. Son pouvoir évaporatoire est nul. Plus son humidité relative est basse, plus l'air dispose d'une capacité d'absorption d'eau supplémentaire, donc plus son pouvoir évaporatoire est grand.

² Faculté de digestion des protéines

Le chauffage diminue l'humidité relative de l'air, et par conséquent, augmente son pouvoir évaporatoire. On comprend dès lors, l'intérêt de chauffer préalablement l'air devant être utilisé pour le séchage (Rozis J F, 1995).

▪ Principe du séchage

Le séchage se manifeste par un départ d'eau du produit, avec changement d'état qui peut se faire :

- soit par évaporation (de l'état liquide à l'état vapeur) ;
- soit par sublimation (de l'état solide à l'état vapeur).

Dans le cas qui nous concerne, nous utilisons le **séchage par évaporation**, avec l'air comme médium de séchage.

C'est une méthode de conservation pratique, en ce sens qu'il permet de diminuer la quantité d'eau libre du produit. Et, c'est justement dans cette eau libre que la flore microbienne se développe.

La quantité d'eau libre d'un produit alimentaire est souvent évaluée par la détermination de son activité d'eau (a_w), représentée par la formule suivante :

$$A_w = \frac{\text{Nombre de moles d'eau}}{\text{Nombre de moles d'eau} + \text{nombre de moles de substances dissoutes}}$$

On voit donc, d'après cette équation, qu'en réduisant la quantité d'eau disponible, on diminue l'activité d'eau.

A des valeurs d' A_w comprises entre 0,85 et 0,60 aucune toxine bactérienne n'est produite ; tandis qu'en dessous de 0,60 d' A_w tous les microorganismes sont inhibés (Kofi M, 1994).

▪ Les étapes du séchage

Les étapes du séchage sont les suivantes :

- Transfert de chaleur (calories) de l'air ambiant au produit, grâce à l'écart de température entre ces deux parties : c'est l'air chaud qui apporte au produit les calories nécessaires à la vaporisation de l'eau qu'il contient.
- Vaporisation de l'eau contenue dans le produit, à la suite du réchauffement de ce dernier.
- Transfert de cette vapeur d'eau du produit à l'air ambiant sec, et en mouvement, du fait de la différence de concentration en eau entre ces deux parties : l'air ambiant (sec auparavant) se charge ainsi de vapeur d'eau.
- Départ de cet air chargé de vapeur d'eau, suivi de son renouvellement par un nouvel air ambiant chaud, sec et en mouvement. Et le cycle recommence jusqu'à la fin (supposée) du séchage.

▪ Les trois phases du séchage

L'opération de séchage d'un produit halieutique décontaminé et prétraité comprend les étapes suivantes :

- **Étape I : phase de mise en température.** Au cours de cette phase, la température à la surface du produit va monter, puis s'équilibrer par la suite avec la température du médium de séchage (l'air). Cette première phase permet l'évacuation de l'eau se trouvant à la surface du produit avant le démarrage du séchage. Sa durée dépend :
 - De l'écart de température entre l'air et le produit : plus cet écart grand, plus l'évacuation de cette eau est lente ;
 - De la vitesse de l'air : plus celle-ci est importante, plus vite sera évacuée l'eau à la surface du produit ;
 - De la quantité d'eau disponible à la surface du produit : plus il y a de l'eau à la surface du produit au départ, plus longue sera cette première phase. C'est pourquoi, il est recommandé d'égoutter les produits avant séchage.
- **Étape II : phase de séchage à vitesse constante :** Cette phase correspond à l'évacuation de l'eau libre venant de l'intérieur du produit, dont la température interne est quasiment constante tout au long de la dite phase. Au cours de cette étape, la vitesse de séchage est constante, tant que les caractéristiques de l'air sont constantes. La durée de cette phase dépend de la vitesse à laquelle les molécules d'eau migrent de l'intérieur vers la surface du produit.
- **Étape III : phase de séchage à vitesse décroissante :** Cette phase correspond à l'évaporation de l'eau liée. L'eau libre qui migrerait de l'intérieur vers l'extérieur du produit a disparu en phase II. Il ne reste plus que l'eau liée plus « accrochée » au produit. L'eau devant parcourir un chemin de plus en plus long, de l'intérieur vers la surface d'échange, la vitesse de séchage décroît progressivement, à mesure que diminue la quantité d'eau extractible du produit. Cette vitesse de séchage est influencée par les paramètres suivants :
 - **La teneur en lipides du produit :** au cours de leur transfert en surface par le mouvement de l'eau, les lipides peuvent obstruer les pores du produit et gêner ainsi l'évaporation.
 - **L'épaisseur du produit :** moins le produit est épais, plus cette troisième phase est courte.
 - **La température de l'air :** plus l'air est chaud, plus l'évacuation de l'eau est rapide.

▪ Le Bilan Matière

Le Bilan Matière sert à déterminer:

- Le Débit produit (**Dp**) qui est égal à :

$$Dp = \frac{\text{Poids de produit séché}}{\text{Durée du séchage}}$$

- Le Rapport de séchage (**Rs**) et la variation de poids (ΔP), définis respectivement par les formules suivantes :

$$Rs = \frac{P_1}{P_2}$$

$$\Delta P = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100$$

Pour ces deux dernières formules, **P₁** désigne le poids antérieur, et **P₂** le poids au moment de la mesure

Remarques sur le calcul de la variation de poids (ΔP):

Si $P_2 > P_1$, $\Delta P > 0\%$, il ya gain de poids, donc **ré humidification** du produit : pas de séchage.

Si $P_2 < P_1$, $\Delta P < 0\%$, il y a perte de poids, donc **déshydratation** du produit : séchage.

Si $P_2 = P_1$, $\Delta P = 0\%$, il y a **stagnation** : pas de séchage.

Les calculs préconisés dans le cadre du Bilan Matière permettent de connaître :

- le degré du séchage, qui peut être considéré comme satisfaisant, lorsque le rapport poids initial / poids mesuré, établi par l'opérateur, correspond au rapport poids initial / poids mesuré, conseillé sur les « fiches de produit³ » ;
- le rythme de production, et la capacité à satisfaire la demande du client en temps requis ;
- la quantité de matière première dont le producteur a besoin pour réaliser une certaine quantité de produit sec.

³ Ces fiches sont proposées par le GERES

Dans le cadre de nos travaux, nous avons utilisé le Rapport de séchage (**Rs**), et la variation de poids (**ΔP**), pour étudier le déroulement du séchage au site de transformation artisanale de Joal.

Le Rapport de séchage est important pour le scientifique qui peut ainsi mieux identifier la phase de séchage qui ne se produit pas de façon conforme aux exigences de séchage du produit considéré, et proposer des solutions. Il est aussi intéressant pour l'utilisateur qui peut contrôler l'avancée du séchage, et le maintien ou non des caractéristiques du séchoir.

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES D'ETUDE

Ce chapitre répertorie l'ensemble du matériel et des méthodes utilisés pour le suivi des paramètres de transformation à Joal, ainsi que pour les essais sur les perspectives de valorisation à Dionewar et au laboratoire.

II-1 Matériel d'étude

Le matériel utilisé est réparti comme suit :

II-1-1 En milieu industriel, pour l'étude de proportionnalité entre les parties constitutives du Cymbium, nous avons :

a) Comme matériel biologique : les espèces *Cymbium cymbium* et *Cymbium pepo*.

b) Comme matériel technologique :

- des barres à mine ;
- des couteaux ;
- des bacs et des paniers en plastique ;
- des films et sachets en plastique ;
- des balancelles.

c) Comme appareils de mesure : des balances électroniques.

II-1-2 Au site de transformation artisanale de Joal, pour le suivi des paramètres caractéristiques de la fermentation et du séchage du Cymbium, nous avons :

a) Comme matériel biologique : les espèces *Cymbium pepo* et *Cymbium glans*.

b) Comme matériel technologique :

- une glacière ;
- des bacs en plastique ;
- un bac en ciment ;
- des barres à mine ;
- des couteaux ;
- des claies de séchage.

c) Comme appareils de mesure :

- un pH mètre de marque, HANNA.
- Un thermomètre à sonde, de marque testo.

II-1-3 Au site de transformation artisanale améliorée de Dionewar, pour les essais sur les perspectives de valorisation du *Cymbium* transformé, on note :

a) Comme matériel biologique : l'espèce *Cymbium pepo*.

b) Comme matériel technologique :

- des barres à mine ;
- des couteaux ;
- des bacs ;
- des seaux ;
- des claies de séchage.

c) Comme additifs et ingrédients :

- du jus de papaye verte ;
- du jus d'ananas ;
- du riz ;
- de l'huile végétale ;
- de l'eau ;
- du sel ;
- de la chair de poisson frais.

d) Comme matériel d'emballage et d'étiquetage :

- des sachets en plastique ;
- des étiquettes ;
- un appareil de scellage.

e) Comme matériel de tests de dégustation :

- une marmite ;
- une louche ;
- des plats en inox ;
- des cuillères ;
- des fourchettes ;
- des couteaux
- des verres.

f) Comme matériel d'évaluation sensorielle :

- une table de réunion et des chaises ;
- des fiches d'évaluation sensorielle ;
- un tableau noir ;
- des écritoirs (crayons, stylos à bille)

II-1-4 Au laboratoire du C.N.F.T.P.A, pour la suite des essais sur les perspectives de valorisation du Cymbium transformé (fermentation à température contrôlée), on recense :

a) Comme matériel biologique : les espèces Cymbium pepo et Cymbium glans.

b) Comme matériel technologique :

- des Couteaux ;
- des plateaux ;
- des seaux,
- des bacs ;
- des sachets en plastique ;
- une étuve à 37°C ;
- une table de séchage.

c) Comme instruments et appareils de mesure :

- une éprouvette de 500ml ;
- une éprouvette de 100ml ;
- un bécher ;
- une balance électronique, de marque Pag Oerlikon ;
- un compact thermomètre-Ph mètre-potentiomètre, de marque EUTECH.

d) Comme additifs :

- du jus de citron ;
- du jus d'ananas ;
- du vinaigre d'alcool de concentration 6°.

II-1-5 Au bureau, pour la saisie et le traitement des données recueillies :

a) Comme matériel informatique :

- un ordinateur de marque HP L1906, muni d'un logiciel Word et d'un logiciel Excel ;
- une imprimante de marque HP Laser Jet 1022

b) Comme matériel de reprographie :

- une photocopieuse de marque HP Office Jet G55 ;
- du papier ;
- etc.

II-2 Méthodes d'étude

Les méthodes d'études utilisées consistent en :

II-2-1 Une recherche documentaire :

Cette recherche documentaire a porté sur le recensement et l'exploitation des documents traitant d'aspects relatifs au thème d'étude⁴.

Elle a documentaire a eu pour cadre :

- les Centres de Documentation (de l'ITA, de la DPM, de l'ASN, de l'ISRA) ;
- les Bibliothèques (de l'UCAD, du CNFTP, de l'EISMV) ;
- Internet ;
- les Services Administratifs (DPM, DITP, Poste de Contrôle des Pêches de Joal).

Les documents ciblés se résument en des ouvrages pédagogiques, des articles scientifiques, des rapports statistiques, des thèses, des mémoires de fin d'études et des publications diverses.

II-2-2 Un stage pratique de terrain

Ce stage d'une durée de (2) mois en ⁵usine, était destiné à :

- connaître la matière première halieutique *Cymbium* cru, en vue :
 - o de l'établissement de la proportionnalité entre ses parties constitutives ;
 - o de la détermination de sa valeur nutritive ;
- étudier les pertes et rendements de fabrication durant les opérations unitaires de décontamination, de prétraitement (parage notamment) et de traitement thermique (cuisson et congélation notamment) du *Cymbium* ;
- prélever des échantillons pour déterminer la valeur nutritionnelle du *Cymbium* cru et du *Cymbium* cuit au LAE de l'ESP / UCAD.

II-2-3 Un travail de terrain de quatre (4) mois, pour effectuer

a) Au centre de transformation artisanale de Joal :

- l'étude des rendements au terme des opérations unitaires d'extraction de la coquille et de décontamination, de fermentation et de séchage⁶.
- le suivi du processus artisanal de fabrication du *Cymbium* fermenté-séché, notamment les opérations unitaires :
 - o de fermentation-séchage, avec l'étude de l'évolution du pH et de la température⁷ ;
 - o de séchage en tant que tel, avec l'étude du bilan matière⁸ ;

⁴ Comme les caractéristiques biologiques du *Cymbium*, les aspects technico-économique de la filière, les aspects qualitatifs du produit transformé.

⁵ PECHE 153 et NPM à Dakar, puis Elim Pêche à Joal

⁶ À partir des relevés de poids effectués également toutes les quatre heures (aux mêmes heures que celles de relevé du pH et de la température).

⁷ Toutes les quatre (4) heures, c'est-à-dire à : 8 heures, 12 heures, 16 heures et 20 heures.

⁸ Notamment le Rapport de séchage (Rs)

b) Au site de transformation artisanale améliorée de Dionewar :

- l'étude des rendements au terme des opérations unitaires d'extraction de la coquille et de décontamination, de fermentation améliorée⁹ et assistée¹⁰ (figures 7 et 8), et de séchage ;
- le suivi et l'étude de l'évolution du pH, et de la température au cours de la fermentation améliorée et assistée, ainsi qu'au cours du séchage¹¹ ;
- l'examen organoleptique avant et après cuisson du *Cymbium* fermenté-séché, effectué sur la base des fiches d'examen et de cotation¹² (annexe VII et VIII) par un panel de dégustatrices expérimentées¹³ (figure 6, puis tableau IV-4 situé à l'annexe IV :) ;
- le prélèvement d'échantillons pour déterminer la valeur nutritionnelle et microbiologique du produit fini au LAE de l'ESP / UCAD.



Figure 6 : Photo du panel de dégustation de DIONEWAR

⁹ Avec respect strict des conditions d'anaérobiose et d'hygiène durant la fermentation.

¹⁰ Avec l'addition d'enzymes telles que la bromélaïne provenant du jus d'ananas, et la papaïne provenant du latex de la papaye verte.

¹¹ A travers les relevés de pH et de température effectués toutes les huit (8) heures

¹² Confectionnées en collaboration avec les femmes transformatrices.

¹³ Choiesies selon les critères d'ancienneté, d'expertise, d'assiduité au site et d'assimilation des Bonnes Pratiques d'Hygiène et de Fabrication.



Figure 7 : Ensemble jus de papaye +chair de Cymbium, enveloppé hermétiquement avec un film plastique, puis recouvert par un sachet noir, avant introduction dans le seau (à Dionewar)



Figure 8 : L'ensemble jus de papaye + chair de Cymbium précédemment recouvert est introduit dans un seau, puis enveloppé à nouveau avec un tissu épais, avant que le seau ne soit fermé avec un couvercle (à Dionewar)

c) Au laboratoire du CNFTPA :

- l'étude des rendements au terme des opérations unitaires d'extraction de la coquille et de décontamination, de fermentation à température contrôlée et de séchage ;
- le suivi du processus de fermentation à température contrôlée¹⁴ (fixée à 37°C), avec l'addition : du jus d'ananas fournissant au milieu la bromélaïne, du vinaigre qui apporte au milieu l'acide acétique, puis du jus de citron fournissant, l'acide citrique, l'acide ascorbique et l'acide malique ;
- le suivi du séchage du Cymbium ainsi fermenté, avec les relevés de température et de pH, effectués toutes les 24 heures de séchage ;
- l'examen organoleptique du Cymbium fermenté-séché, avec les mêmes fiches que celles utilisées pour les produits fabriqués à Dionewar ;
- le conditionnement sous vide et l'étiquetage¹⁵ du Cymbium ainsi fermenté et séché (figure 9 ci- après).

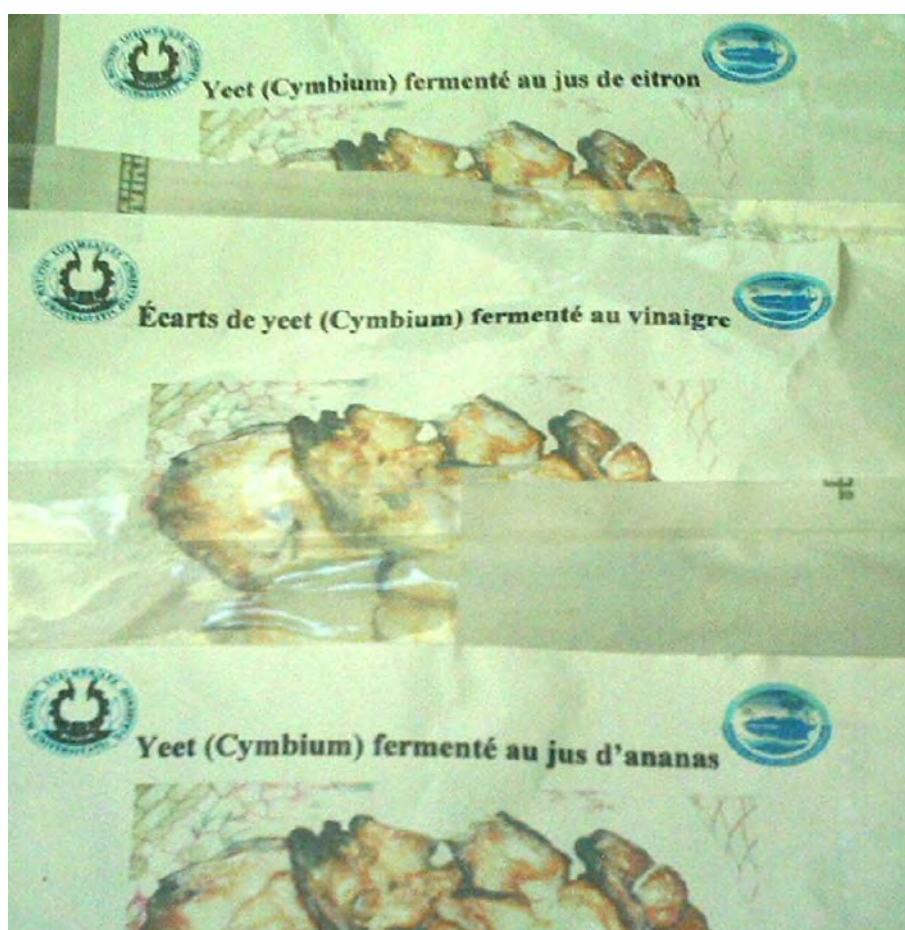


Figure 9 : Cymbium mis en sachets de 100g et scellés sous vide

¹⁴ A partir des relevés du pH et de la température, effectués toutes les vingt quatre (24) heures de fermentation.

¹⁵ En sachets plastique de 100g, avec des étiquettes portant les mentions d'identification du produit (origine, date de fabrication et date de péremption notamment)

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Chapitre I : Présentation des résultats

Les résultats sont scindés en deux rubriques :

- La première rubrique concerne les résultats obtenus lors du suivi des paramètres de transformation artisanale du *Cymbium* à Joal ;
- La deuxième rubrique est relative aux essais sur les perspectives de valorisation. Comme on le sait, ces essais sont d'abord réalisés sur site à Dionewar, puis au laboratoire du CNFTPA.

I-1 Résultats obtenus lors du suivi des paramètres de transformation artisanale du *Cymbium* à Joal

Les résultats obtenus dans le cadre du suivi des paramètres de transformation artisanale du *Cymbium* à Joal concernent :

- L'évolution du pH et de la température lors de la transformation ;
- L'évolution du séchage en tant que tel, matérialisée ici par l'étude de la variation de poids (Δp) et du Rapport de séchage (**Rs**) ;
- L'étude des rendements.

I-1-1 Évolution du pH et de la température au cours de la transformation artisanale du *Cymbium*

Les figures n° : 10, 11 et 12 ci-après illustrent la synthèse des résultats expérimentaux sur l'évolution du pH et de la température au cours de la transformation du *Cymbium* au site de transformation artisanale de Joal.

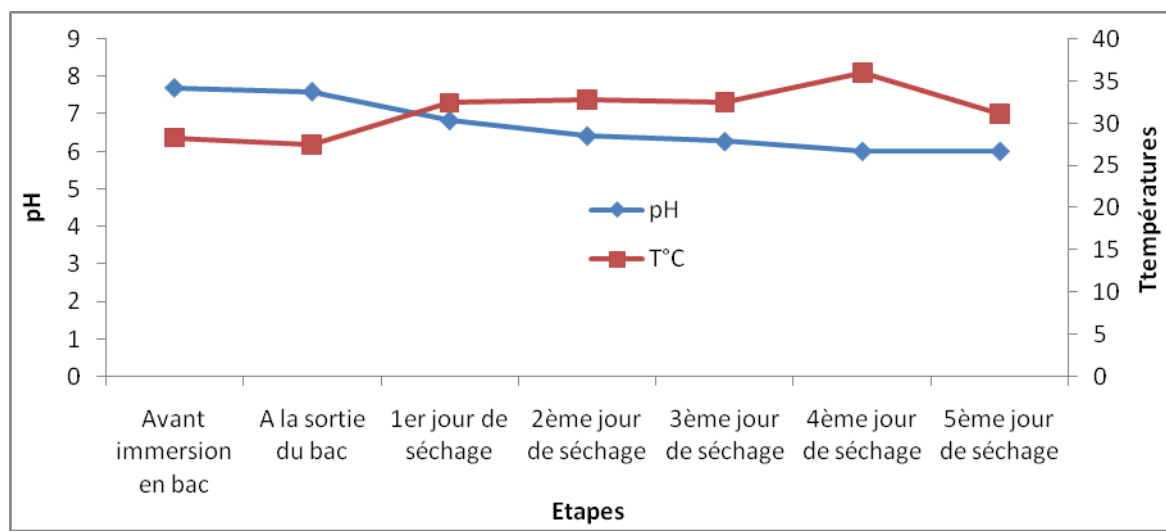


Figure 10 : Évolution du pH et de la température au cours de la transformation artisanale du *Cymbium* à Joal : synthèse des résultats (1ère série)

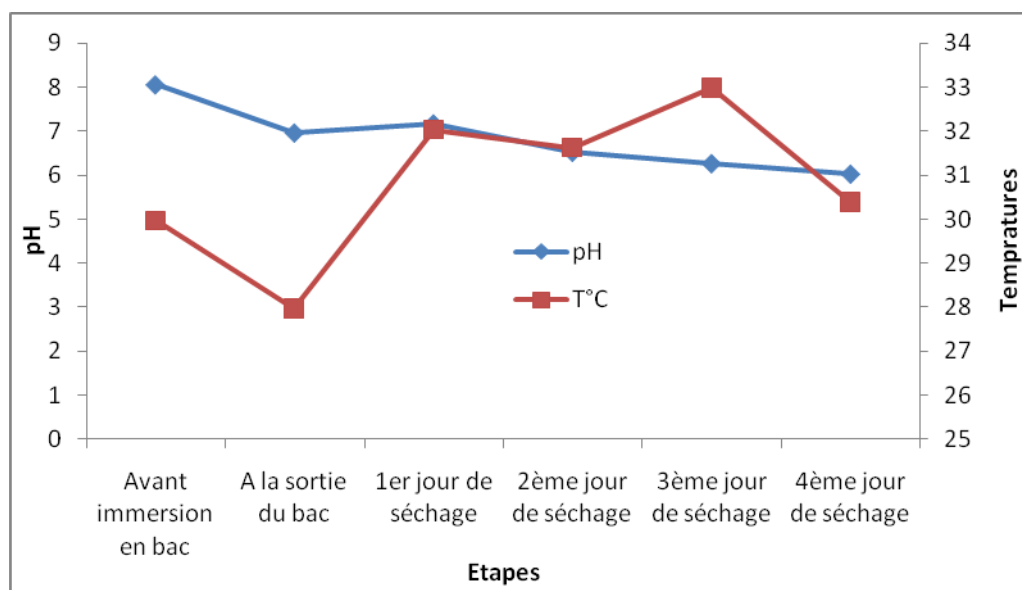


Figure 11 : Évolution du pH et de la température au cours de la transformation artisanale du *Cymbium* à Joal : synthèse des résultats (2ème série)

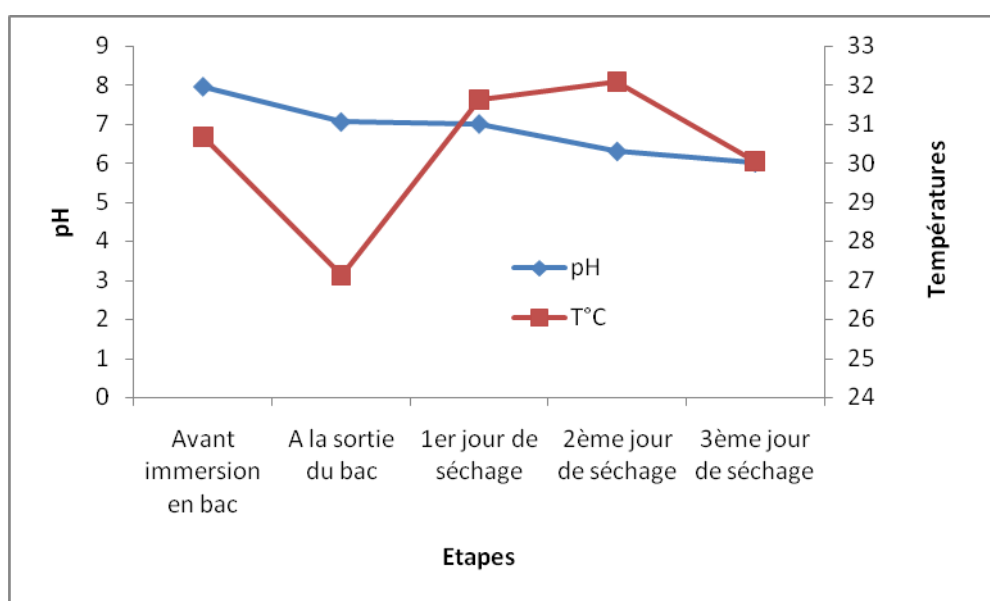


Figure 12 : Évolution du pH et de la température au cours de la transformation artisanale du *Cymbium* à Joal : synthèse des résultats (3ème série)

I-1-2 Évolution du séchage du *Cymbium* au site de transformation artisanale de Joal :

On rappelle que l'évolution du séchage du *Cymbium* au site de transformation artisanale de Joal est matérialisée par l'étude de la variation de poids (ΔP), puis par celle du Rapport de séchage (**Rs**).

Les relevés de poids sont effectués à intervalles réguliers de quatre heures, du premier au dernier jour du séchage.

Les tableaux II-3, II-6 et II-9 situés en annexe II rendent compte de l'évolution de ΔP au cours du processus de séchage, pour l'ensemble des échantillons soumis à l'étude au niveau des trois séries d'expérience.

Les figures 13, 14 et 15 ci-après font état de la variation de l'inverse du **Rs** durant le même processus, pour le premier échantillon dans chaque série.

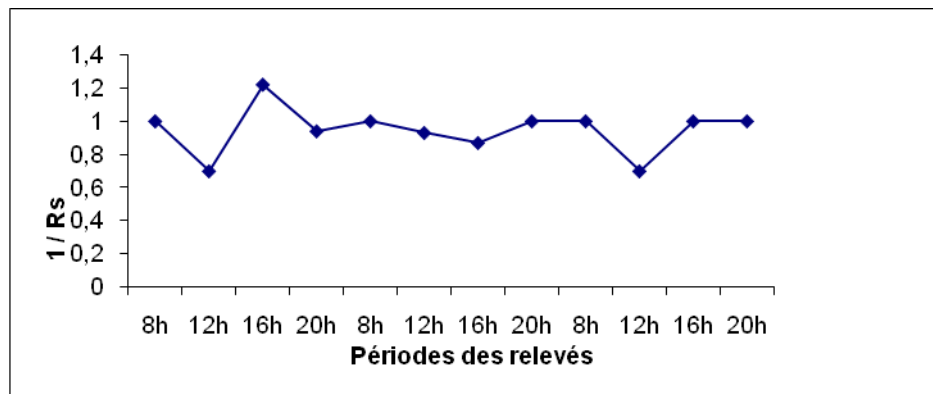


Figure 13 : Évolution de l'inverse du Rs du Cymbium à Joal: première série, échantillon1

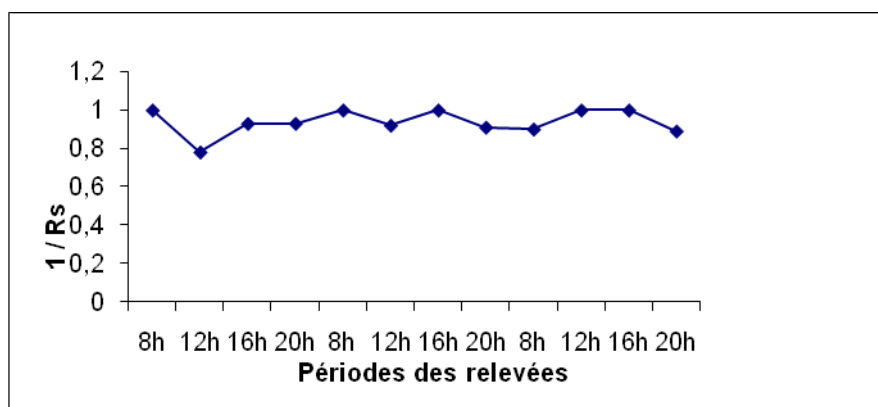


Figure 14 : Évolution de l'inverse du Rs du Cymbium à Joal: deuxième série, échantillon1

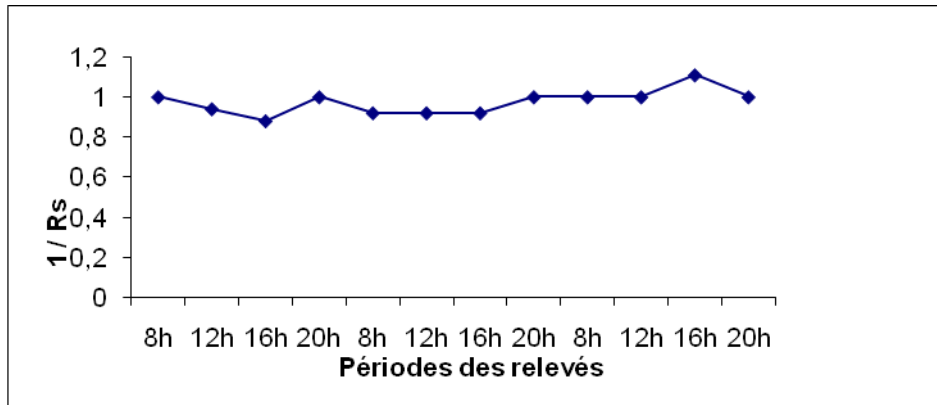


Figure 15 : Évolution de l'inverse du Rs du Cymbium à Joal: troisième série, échantillon1

I-1-3 Étude des rendements du *Cymbium* fermenté-séché au site de transformation artisanale de Joal

Au niveau de Joal, les rendements ont été évalués pour trois(3) groupes d'échantillons, entre lesquels la différence réside dans la durée d'exposition du produit sur les clés de séchage.

Rappelons qu'à Joal, le produit ne passe qu'environ 12 heures de temps dans les bacs, non pas pour la fermentation, mais juste pour permettre un relâchement du muscle de l'animal après sa mort.

Les résultats de ces expériences figurent sur les tableaux n° : 10, 11, et 12 ci-après.

Tableau 10 : Rendement du *Cymbium* fermenté-séché au site de Joal : produit ayant séjourné 12 heures en bac, puis exposé sur les clés de séchage pendant 5 jours.

	Poids initial	Poids final	Rendement
Échantillon 1	3,5kg	1,1kg	31,4%
Échantillon 2	2,2kg	0,8kg	36,4%
Échantillon 3	2,5kg	0,9kg	36,0%

Tableau 11 : Rendements du *Cymbium* fermenté-séché au site de Joal : produit ayant séjourné 12 heures en bac, puis exposé sur les clés de séchage pendant 4 jours

	Poids initial	Poids final	Rendement
Échantillon 1	1,8kg	0,8kg	44,4%
Échantillon 2	1,6kg	0,9kg	56,2%
Échantillon 3	1,5kg	0,8kg	53,3%

Tableau 12 : Rendements du *Cymbium* fermenté-séché au site de Joal : produit ayant séjourné 12 heures en bac, puis exposé sur les clés de séchage pendant 3 jours

	Poids initial	Poids final	Rendement
Échantillon 1	1,7kg	1,0kg	58,8%
Échantillon 2	2,1kg	1,2kg	57,1%
Échantillon 3	1,1kg	0,6kg	54,5%
Échantillon 4	1,7kg	1,0kg	58,8%
Échantillon 5	1,2kg	0,7kg	58,3%

I-2 Essais sur les perspectives de valorisation du produit transformé

Cette partie est scindée en deux rubriques :

- La première rubrique est relative à la connaissance technologique de la matière première *Cymbium* cru : elle regroupe les résultats de l'étude de proportionnalité entre les principales parties constitutives de ce gastéropode dépourvu de sa coquille, ainsi que ceux obtenus à l'issue des analyses biochimiques pour la détermination de sa valeur nutritionnelle.
- La deuxième rubrique est, quant à elle, consacrée aux résultats des expérimentations effectuées sur le site de Dionewar et au laboratoire.

1-2-1 Connaissance technologique de la matière première *Cymbium* cru

Dans cette partie, nous allons examiner :

- la proportionnalité entre les différentes parties du *Cymbium* dépourvu de sa coquille ;
- la valeur nutritionnelle du *Cymbium*

1-2-1-1 Étude de proportionnalité entre les principales parties constitutives du *Cymbium* dépourvu de sa coquille

Les résultats de l'étude de proportionnalité entre les principales parties constitutives du *Cymbium* dépourvu de sa coquille figurent sur les tableaux n°13 et 14 ci-après.

Tableau 13 : Proportionnalité entre les principales parties constitutives du *Cymbium* sans coquille

Échantillons	<i>Cymbium</i> entier (sans coquille)		Autres rebuts		Peau		Chair	
	Poids	%	Poids	%	Poids	%	Poids	%
Individu 1	927G	100%	278G	30%	171G	18,4%	478G	51,6%
Individu 2	970G	100%	270G	27,8%	331G	34,1%	369G	38%
Individu 3	672G	100%	116G	17,3%	266G	39,7%	290G	43%
Individu 4	811G	100%	164G	20,2%	288G	35,8%	359G	44%
Individu 5	1106G	100%	267G	24,1%	279G	25,3%	560G	50,6%
Individu 6	1439G	100%	246G	17,1%	306G	24,7%	887G	58,2%
Individu 7	1465G	100%	272G	18,6%	318G	21,7%	875G	59,7%
Individu 8	1216G	100%	244G	20,1%	387G	31,8%	585G	48,1%
Individu 9	125G	100%	291G	23,1%	264G	21%	704G	55,9%
Individu 10	1492G	100%	238G	15,9%	525G	35,2%	729G	48,9%
Individu 11	1332G	100%	319G	15,9%	285G	29,5%	728G	54,6%
Individu 12	1650G	100%	325G	19,7%	481G	29,2%	844G	51,1%
Individu 13	969,6G	100%	199G	20,5%	319G	32,9%	451,6G	46,6%
Individu 14	2820G	100%	426G	21,2%	399G	8,1%	1995G	70,7%
Individu 15	2710G	100%	574G	21,2%	917G	33,8%	121G	45%
Individu 16	2610G	100%	445G	17%	632G	24,3%	1533G	58,7%
Individu 17	1280G	100%	257G	20%	237G	18,5%	786G	61,5%
Individu 18	2340G	100%	292G	12,5%	786G	33,6%	1269G	53,9%
Individu 19	1840G	100%	337G	18,3%	417G	22,7%	1423G	59%
Individu 20	1717G	100%	316G	18,4%	576G	33,5%	825G	48,1%

Tableau 14 : Représentativité de chaque partie par rapport au poids du *Cymbium* dépourvu de sa coquille

	Pourcentage, en moyenne	Écart type	Coefficient de variation
Rebut	19,95%	3,95%	0,20
Peau	27,69%	7,75%	0,28
Chair à transformer	52,36%	7,47%	0,14

1-2-1-2 Détermination de la valeur nutritionnelle de la chair du *Cymbium cru*

Les analyses biochimiques pour la détermination de la valeur nutritionnelle de la chair du *Cymbium cru* ont porté sur trente (30) échantillons répartis comme suit :

- Vingt (20) échantillons, dont dix (10) de *Cymbium cymbium cru* et dix (10) de *Cymbium pepo cru*, tous prélevés à NPM ;
- Dix (10) échantillons de *Cymbium pepo cru* en provenance d'Elim Pêche.

Le tableau ci-après fait état des pourcentages (en moyennes arithmétiques) de chaque élément nutritionnel dans la chair du *Cymbium cru*, pour les trois groupes d'échantillons précités.

Tableau 15 : Composition nutritionnelle de la chair du *Cymbium cru*, pour trois groupes d'échantillons

Eléments nutritionnels	<i>Cymbium cymbium cru</i> . Origine NPM	<i>Cymbium pepo cru</i> . Origine NPM	<i>Cymbium pepo cru</i> . Origine Elim Pêche
Protéines	17,9%	16,2%	18,64%
Glucides	4,96%	8,47%	6,58%
Lipides	0,02%	0,29%	0,1%
Humidité	74,25%	71,98%	72,57%
Cendres	2,87%	3,06%	2,11%

Au regard du tableau ci-dessus, on peut affirmer qu'en dehors de l'eau, les éléments nutritionnels les plus représentés dans la chair du *Cymbium* en tant que matière première sont:

- Les protéines (16,2 à 18,64%) ;
- les glucides (4,96 à 8,4%)

Dès lors, les transformations biochimiques majeures au cours de nos expérimentations sur l'amélioration de la qualité organoleptique du *Cymbium* transformé vont intéresser particulièrement ces deux groupes de molécules.

Les modifications relatives aux lipides devraient être mineures.

I-2-2 Amélioration de la qualité organoleptique du produit transformé

Cette rubrique comprend les résultats des tests d'amélioration de la qualité organoleptique des produits fermentés-séchés, enregistrés à partir des expérimentations sur le site de Dionewar et au laboratoire.

I-2-2-1 Expérimentation sur site à DIONEWAR

Les résultats de l'expérimentation sur site à Dionewar expriment :

- La composition des produits à fermenter ;
- L'évolution du pH et de la température lors de la fermentation, et au cours du séchage ;
- Les rendements après production ;
- Les examens organoleptiques, biochimiques et microbiologiques des produits déjà transformés.

▪ Préparation des produits à fermenter

○ Composition du mélange chair de *Cymbium* + jus d'ananas :

Le mélange est composé de la chair de *Cymbium* (= Chair à transformer) et de jus d'ananas. Les quantités figurent sur le tableau n°16 ci-dessous.

Tableau 16 : Composition du mélange chair de *Cymbium* + jus d'ananas

	<i>Cymbium</i> entier	<i>Cymbium</i> sans coquille	Chair à transformer (sans coquille et sans organes)
Échantillon 1	1250g	1200g	1100g
Échantillon 2	1000g	900g	800g
Échantillon 3	1250g	1100g	1000g
Échantillon 4	900g	800g	700g
Échantillon 5	500g	400g	200g
<u>JUS D'ANANAS</u> : Environ 40ml dans chaque échantillon			

○ **Composition du mélange chair de *Cymbium* + jus de papaye verte:**

Ce mélange est composé de chair de *Cymbium* (= Chair à transformer) et de jus pressée de la papaye verte (pour concentrer plus de latex). Les quantités figurent sur le tableau n°17 ci-après.

Tableau 17 : Composition du mélange chair de *Cymbium* + jus de papaye verte

	<i>Cymbium</i> entier	<i>Cymbium</i> sans coquille	Chair à transformer (sans coquille et sans organes)
Échantillon 1	1200g	1100g	1000g
Échantillon 2	250g	200g	180g
Échantillon 3	200g	150g	130g
Échantillon 4	200g	150g	100g
Échantillon 5	120g	80g	70g
<u>JUS DE PAPAYE VERTE: Environ 40ml dans chaque échantillon</u>			

○ **Cymbium au naturel :**

Le *Cymbium* au naturel ne comporte aucun additif. Il joue le rôle de témoin.
Néanmoins, les quantités à transformer sont indiquées dans le tableau n°18 ci-dessous.

Tableau 18 : *Cymbium* sans additif

	<i>Cymbium</i> entier	<i>Cymbium</i> sans coquille	Chair à transformer (sans coquille et sans organes)
Échantillon 1	200g	150g	110g
Échantillon 2	280g	200g	160g
Échantillon 3	200g	150g	100g
Échantillon 4	200g	150g	100g
Échantillon 5	80g	70g	50g
Additif : 0 g			

- **Étude de l'évolution du pH et de la température au cours de la fermentation pure sur site à Dionewar**

Les relevés de températures et de pH, effectués toutes les 8 heures, donnent les résultats suivants, pour les trois cas (figure 16, 17 et 18 ci-après).

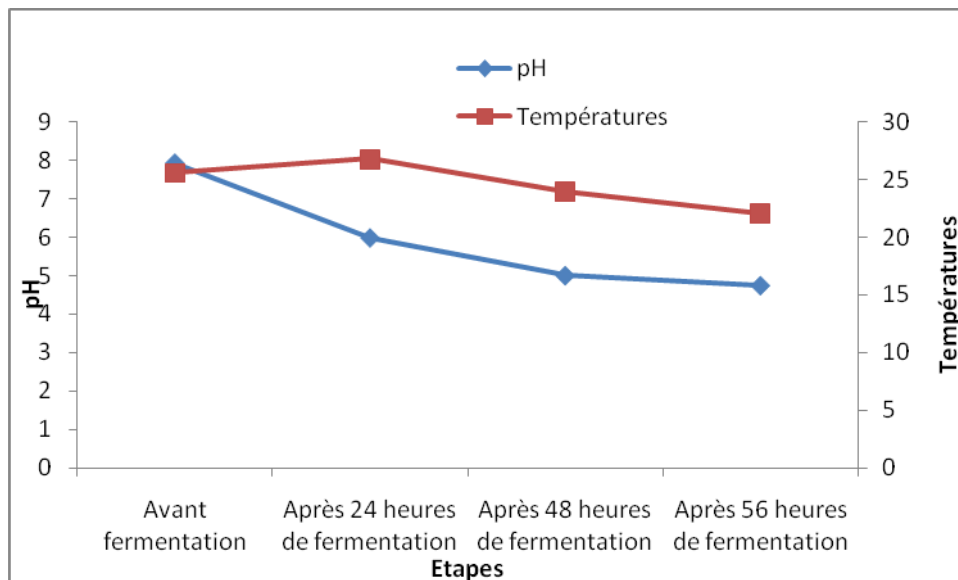


Figure 16 : Évolution de la température et du pH au cours de la fermentation du *Cymbium* au jus d'ananas (expérimentation sur site à Dionewar)

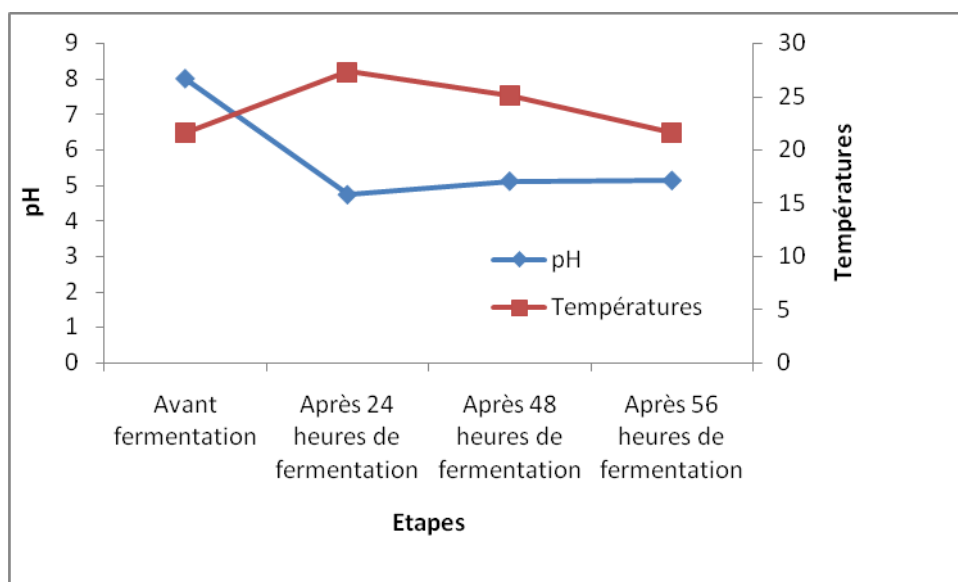


Figure 17 : Évolution de la température et du pH au cours de la fermentation du *Cymbium* au jus de papaye (expérimentation sur site à Dionewar)

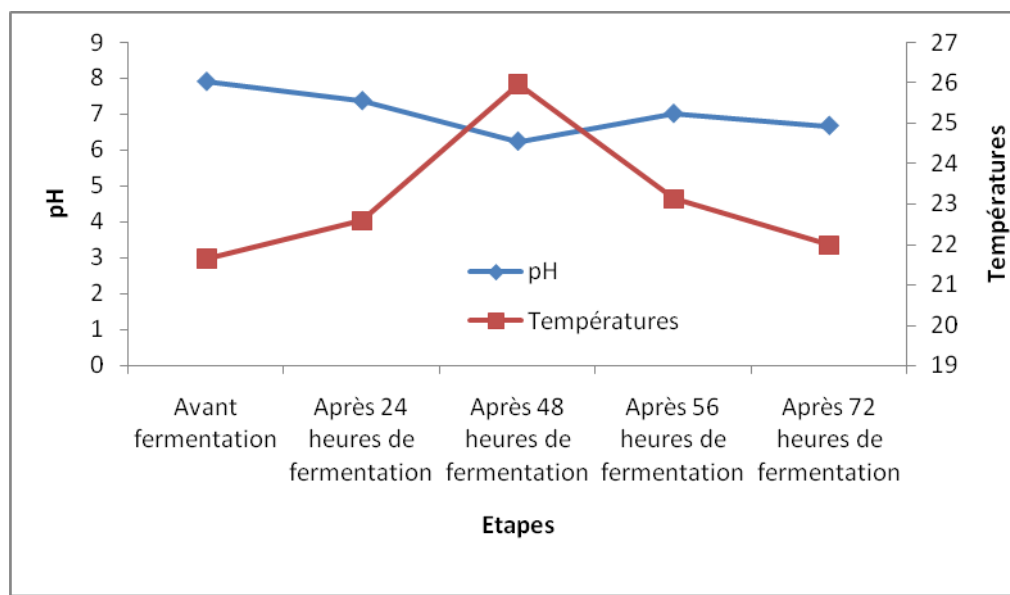


Figure 18 : Évolution de la température et du pH au cours de la fermentation du *Cymbium* au naturel (expérimentation sur site à Dionewar)

▪ Étude de l'évolution du pH et de la température au cours du séchage

Les relevés de températures et de pH, effectués toutes les 24 heures au cours du séchage du *Cymbium* à Dionewar, figurent à l'annexe IV (tableaux : IV-1, IV-2 et IV-3)

Sur les figures n° 19, 20 et 21 ci-après, nous avons représenté l'évolution du pH et de la température au cours du séchage, pour le premier échantillon de chaque type de produit.

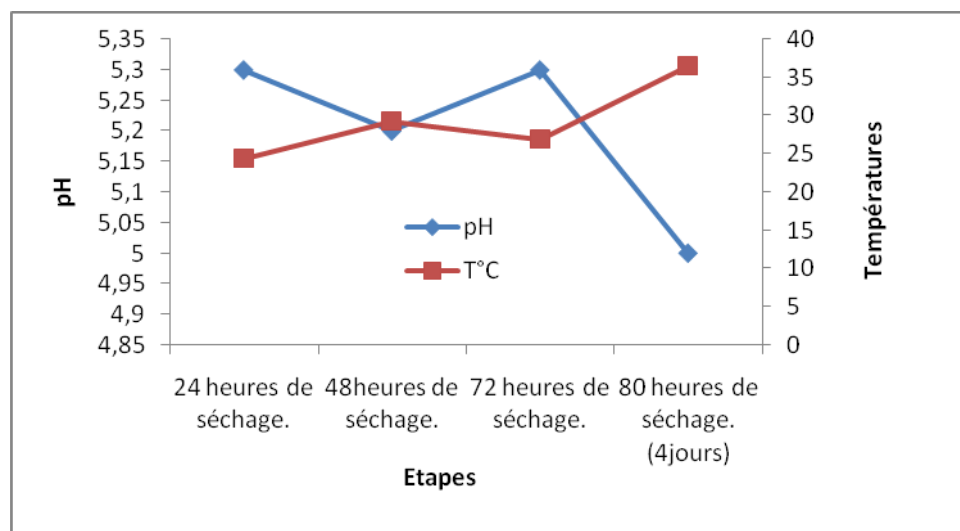


Figure 19 : Évolution de la température et du pH au cours du séchage du *Cymbium* traité avec le jus d'ananas (échantillon1)

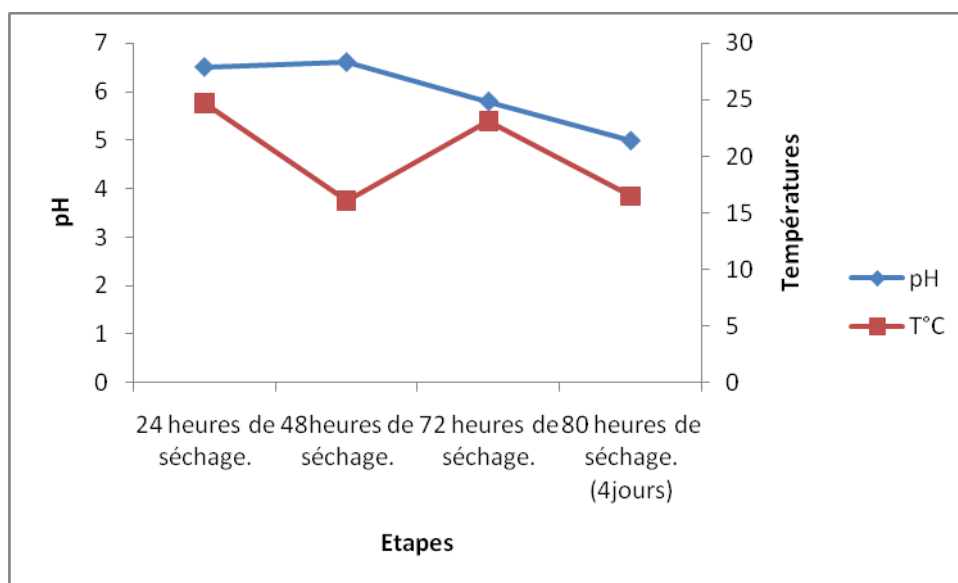


Figure 20 : Évolution de la température et du pH au cours du séchage du *Cymbium* traité avec le jus de papaye (échantillon1)

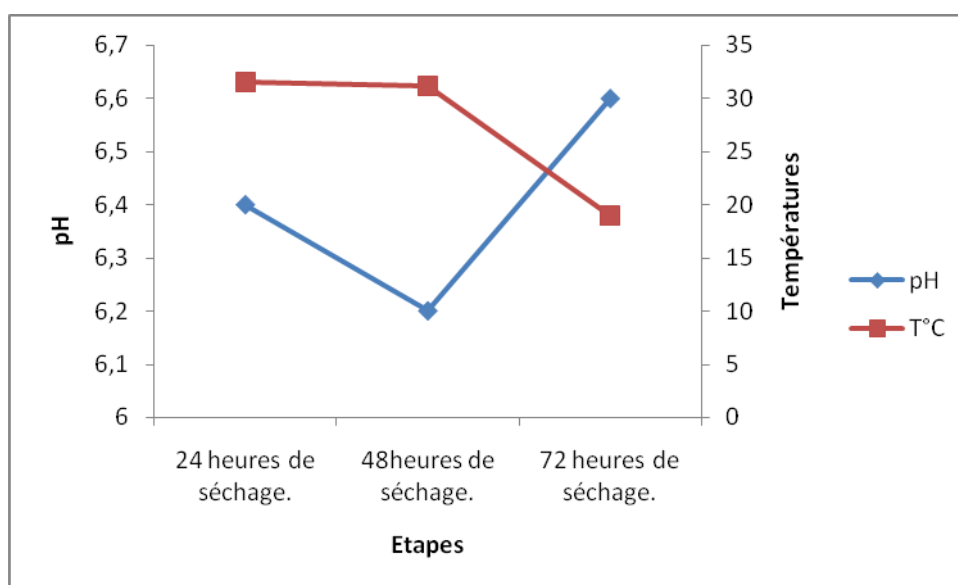


Figure 21 : Évolution de la température et du pH au cours du séchage du *Cymbium* naturel (échantillon1)

▪ **Étude des rendements**

Les rendements évalués à partir des poids initiaux et finaux pour les trois types de produits figurent sur les tableaux n°19, 20, et 21 ci-après.

Tableau 19 : Rendement de la chair de *Cymbium* sans additif (ou au naturel) à Dionewar

Échantillons	Poids initial	Poids final	Rendement en %
Échantillon 1	120G	5G	4,2
Échantillon 2	110G	4G	3,6
Échantillon 3	100G	2G	2,0
Échantillon 4	120G	4,5G	3,7
Échantillon 5	100G	2G	2,0
Échantillon 6	100G	1,8G	1,8
RENDEMENT FINAL 2,88 %			

Tableau 20 : Rendement de la chair de *Cymbium* traitée avec du jus de papaye à Dionewar

Échantillons	Poids initial	Poids final	Rendement en %
Échantillon 1	1000g	100g	10
Échantillon 2	180g	20g	11,11
Échantillon 3	130g	10g	7,69
Échantillon 4	100g	15g	15
Échantillon 5	70g	5g	7,14
RENDEMENT FINAL 10,19 %			

Tableau 21 : Rendement de la chair de *Cymbium* traitée avec du jus d'ananas à Dionewar

Échantillon s	Poids initial	Poids final	Rendement en %
Échantillon 1	1100G	100G	9,1
Échantillon 2	800G	40G	5
Échantillon 3	1000G	202G	10,2
Échantillon 4	700G	90G	12,86
Échantillon 5	200G	30G	15
RENDEMENT FINAL 10,43 %			

▪ **Examens organoleptiques**

Les examens avant et après cuisson ont permis au jury de calculer, pour chaque type de produit, la moyenne arithmétique des différents caractères, et la moyenne générale. Ces notes mentionnées sur les tableaux n° 22 et 23 suivants.

Tableau 22 : Moyennes arithmétiques avant cuisson (expérimentation sur site)

Échantillons	Examen externe				Examen interne			Moyenne des caractères
	peau	texture	odeur	couleur	consistance	couleur	odeur	
<i>Cymbium</i> au jus d'ananas	3,7	4,8	5,0	5,0	5,0	4,7	5,0	4,74
<i>Cymbium</i> additionné au jus de papaye.	4,1	3,9	4,3	4,7	4,2	4,7	4,9	4,4
<i>Cymbium</i> au naturel	3,9	3,5	3,5	3,2	3,8	3,5	3,7	3,6

Tableau 23 : Moyennes arithmétiques après cuisson (expérimentation sur site)

Échantillons	Examen externe			Examen interne			Moyenne des caractères
	couleur	odeur	consistance	couleur	odeur	goût	
<i>Cymbium</i> additionné au jus d'ananas	4,4	5,0	4,8	4,6	5	5,0	4,8
<i>Cymbium</i> au jus de papaye	4,3	4,2	4,4	4,3	4,5	4,8	4,41
<i>Cymbium</i> au naturel	3,5	3,5	3,2	3,8	4,2	3,2	3,06

▪ **Résultats définitifs :**

Les résultats définitifs proclamés par le jury à l'issue de la délibération figurent sur le tableau n° 24 ci-dessous.

Tableau 24 : Résultats définitifs des tests de dégustation (expérimentation sur site)

	Moyenne Générale	Classement
<i>Cymbium</i> au jus d'ananas	4,77	1^{er}
<i>Cymbium</i> au jus de papaye	4,4	2^{ème}
<i>Cymbium</i> naturel	3,33	3^{ème}

▪ **Analyses biochimiques et microbiologiques**

Les résultats d'analyses biochimiques et microbiologiques, effectuées sur un mélange de Cymbium traité au jus d'ananas et de Cymbium traité au jus de papaye figurent sur les tableaux n° 25 et 26 ci-après.

Tableau 25 : Valeur nutritionnelle d'un mélange de Cymbium traité au jus d'ananas et de Cymbium traité au jus de papaye

Éléments	Résultats
Protéines	43,31%
Glucides	23,23%
Lipides	0,25%
Cendres	6,53%
Humidité	26,68%

Tableau 26 : Résultats d'analyses microbiologiques d'un mélange de Cymbium traité au jus d'ananas et de Cymbium traité au jus de papaye

Éléments	Résultats
Germes totaux	164000 / g
Coliformes fécaux	<0,5 / g
A.S.R	20 / g
Staphylocoques	< 0,5 / g
Salmonelles	Absence / 25g

I-2-2-2 Expérimentation au laboratoire

Rappelons que cette expérimentation a eu pour cadre le laboratoire du C.N.F.T.P.A. Nos travaux dans ce laboratoire sont axés sur les trois expériences suivantes :

- **Expérience 1** : fermentation contrôlée, avec comme additif le jus de citron ;
- **Expérience 2** : fermentation contrôlée, avec comme additif le vinaigre d'alcool 6° ;
- **Expérience 3** : fermentation contrôlée, avec comme additif le jus d'ananas.

Les expériences 1 et 2 comportent chacune six (6) échantillons, alors que l'expérience 3 a été réalisée avec 8 échantillons.

▪ **Préparation des produits à fermenter**

La composition des mélanges des produits à fermenter est indiquée sur les tableaux n° 27, 28 et 29 ci-après.

Tableau 27 : Ingrédients pour la fermentation du *Cymbium* au jus de citron

	Chair proprement dite	Rebut
Échantillon 1	301g	59g
Échantillon 2	302g	100g
Échantillon 3	317g	124g
Échantillon 4	352g	114g
Échantillon 5	280g	50g
Échantillon 6	275g	141g
<u>Jus de citron : 25ml, ajoutés à chaque échantillon</u>		

Tableau 28 : Ingrédients pour la fermentation du *Cymbium* au vinaigre

	Chair proprement dite	Rebut
Échantillon 1	309g	134g
Échantillon 2	276g	139g
Échantillon 3	253g	107g
Échantillon 4	279g	95g
Échantillon 5	314g	149g
Échantillon 6	253g	102g
<u>Vinaigre d'alcool 6°: 31ml, ajoutés à chaque échantillon.</u>		

Tableau 29 : Ingrédients pour la fermentation du *Cymbium* au jus d'ananas

	Chair proprement dite	Rebut
Échantillon 1	323g	155g
Échantillon 2	309g	100g
Échantillon 3	290g	129g
Échantillon 4	295g	101g
Échantillon 5	278g	122g
Échantillon 6	241g	103g
Échantillon 7	340g	126g
Échantillon 8	356g	154g
<u>Jus d'ananas: 31ml, ajoutés à chaque échantillon.</u>		

Remarque :

Pour l'étude de l'évolution du pH et de la température au cours de la fermentation et du séchage, nous utiliserons les notations suivantes :

CC = Chair traitée au citron.

RC = Rebutés traités au citron.

CV = Chair traitée au vinaigre.

RV = Rebutés traités au vinaigre.

CA = Chair traitée à l'ananas.

RA = Rebutés traités à l'ananas.

Les chiffres affectés à chaque couple de lettres indiquent les numéros des échantillons.

Exemple :

- CC1 = Chair traitée au citron, échantillon n°1.
- RC1 = Rebutés traités au citron, échantillon n°1 :

▪ **Évolution du pH et de la température au cours de la fermentation des trois types de produits fabriqués au laboratoire**

Les figures n° 22, 23 et 24 ci-après donnent les résultats des relevés des pH et des températures, effectués après 24 heures de fermentation, puis à l'issue de 48 heures de fermentation au laboratoire.

Cymbium traité au jus de citron :

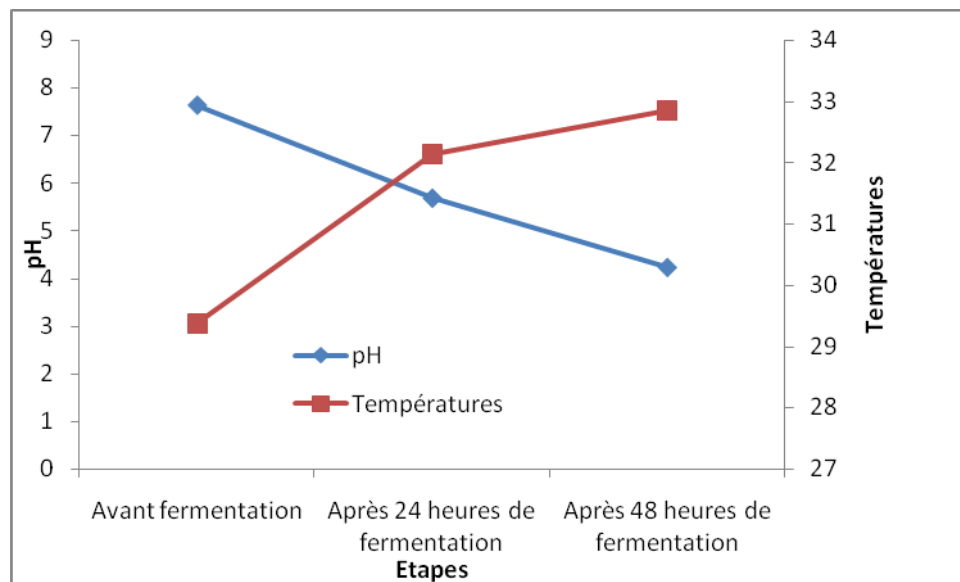


Figure 22 : Évolution du pH et de la température au cours de la fermentation du Cymbium au jus de citron

Cymbium traité au vinaigre :

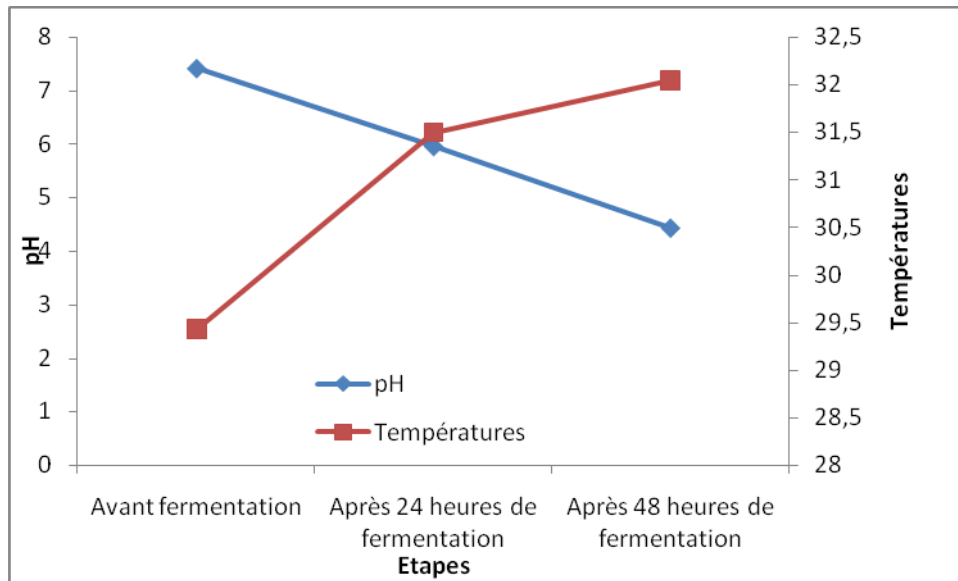


Figure 23 : Évolution du pH et de la température au cours de la fermentation du *Cymbium* au vinaigre

Cymbium traité au jus d'ananas :

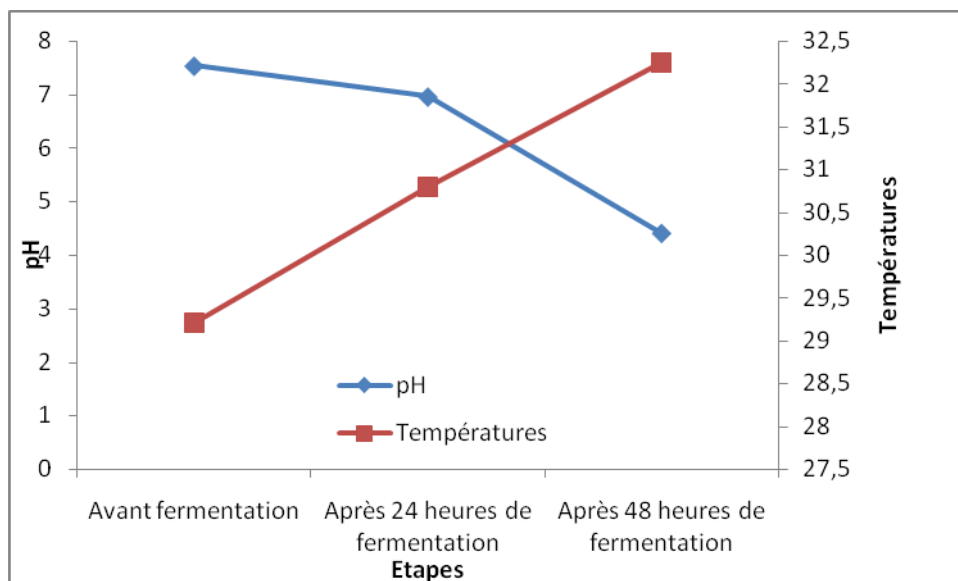


Figure 24 : Évolution du pH et de la température au cours de la fermentation du *Cymbium* au jus d'ananas

▪ **Évolution du pH et de la température au cours du séchage des trois types de produits fabriqués au laboratoire**

Les valeurs de pH et de températures, relevées à intervalles réguliers de 24 heures au cours du séchage, sont mentionnées à l'annexe VI (**tableaux : VI-1, VI-2 et VI-3**)

Les figures n° 25, 26 et 27 donnent les courbes d'évolution du pH et de la température au cours du séchage, pour le premier échantillon de chaque type de produit.

Cymbium traité au jus de citron :

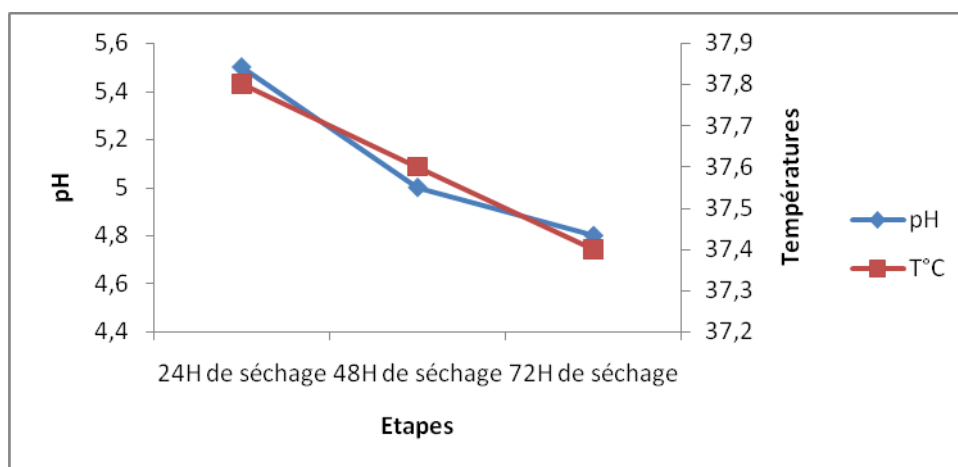


Figure 25 : Évolution du pH et de la température au cours du séchage de la chair de *Cymbium* traitée au jus de citron (CC1).

Cymbium traité au vinaigre :

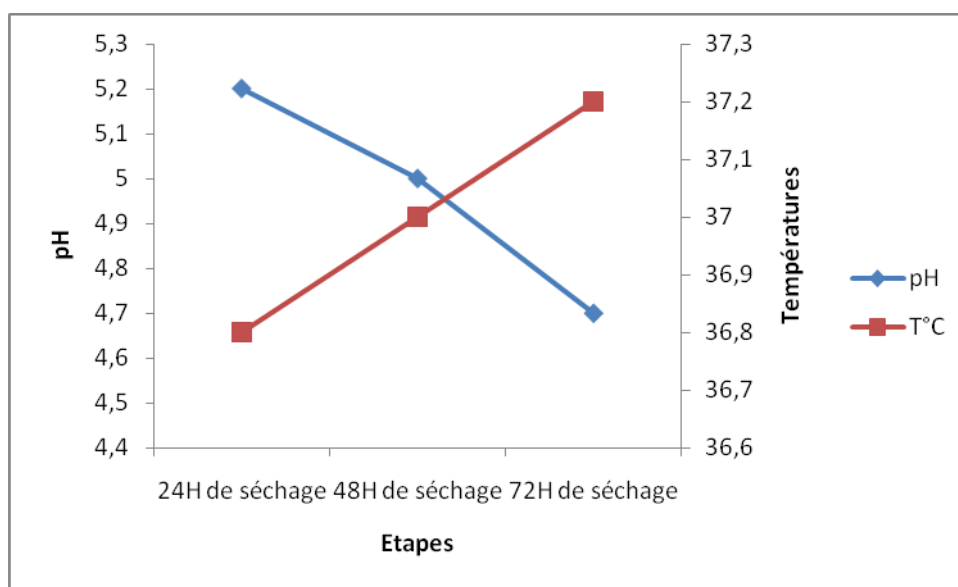


Figure 26 : Évolution du pH et de la température au cours du séchage de la chair de *Cymbium* traitée au vinaigre (CV1)

Cymbium traité au jus d'ananas :

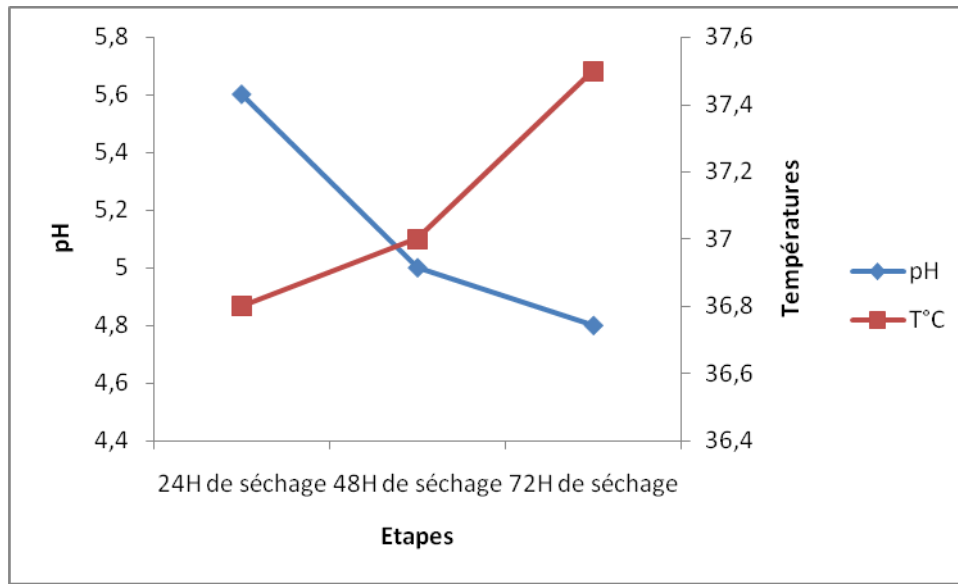


Figure 27 : Évolution du pH et de la température au cours du séchage de la chair de Cymbium traitée au jus d'ananas (CA1)

▪ **Étude des rendements**

Les rendements évalués à partir des poids initiaux et finaux pour les trois types de produits figurent sur les tableaux n° 30 à 35 ci-dessous.

○ **Cymbium traité au jus de citron :**

Tableau 30 : Rendement de la chair de Cymbium traitée au jus de citron

Échantillons	Poids initial	Poids final
CC1	301G	85G
CC2	302G	88G
CC3	317G	91G
CC4	352G	105G
CC5	280G	77G
CC6	275G	76G
TOTAL	1827 G	522G
RENDEMENT FINAL	28,57%	

Tableau 31 : Rendement des rebuts de *Cymbium* traités au jus de citron

Échantillon s	Poids initial	Poids final
RC1	59G	16G
RC2	100G	18G
RC3	124G	29G
RC4	114G	23G
RC5	50G	16G
RC6	141G	30G
TOTAL	588G	285G
RENDEMENT FINAL	48,47%	

- **Cymbium traité au vinaigre :**

Tableau 32 : Rendement de la chair de *Cymbium* traitée au vinaigre

Échantillons	Poids initial	Poids final
CV1	276G	75G
CV2	134G	61G
CV3	253G	66G
CV4	279G	79G
CV5	314G	82G
CV6	253G	64G
TOTAL	1509G	427G
RENDEMENT FINAL	28,30%	

Tableau 33 : Rendement des rebuts de *Cymbium* traités au vinaigre

Échantillons	Poids initial	Poids final
RV1	134G	21G
RV2	139G	28G
RV3	107G	21G
RV4	95G	17G
RV5	149G	29G
RV6	102G	21G
TOTAL	591	137
RENDEMENT FINAL	23,18%	

○ Cymbium traité au jus d'ananas :

Tableau 34 : Rendement de la chair de *Cymbium* traitée au jus d'ananas

Échantillons	Poids initial	Poids final
CA1	323G	88G
CA2	309G	73G
CA3	290G	66G
CA4	295G	73G
CA5	278G	61G
CA6	241G	57G
CA7	340G	94G
CA8	356G	104G
TOTAL	2432G	616G
RENDEMENT FINAL	25,33%	

Tableau 35 : Rendement des rebuts de *Cymbium* traités au jus d'ananas

Échantillons	Poids initial	Poids final
RA1	155G	26G
RA2	100G	15G
RA3	129G	24G
RA4	101G	15G
RA5	122G	18G
RA6	103G	18G
RA7	126G	20G
RA8	154G	26G
TOTAL	990G	173G
RENDEMENT FINAL	17,47%	

▪ Examens organoleptiques

Les examens avant et après cuisson ont permis au jury de calculer, pour chaque type de produit, la moyenne arithmétique des différents caractères, et la moyenne générale. Ces notes sont mentionnées sur les tableaux n°36 et 37, pour la chair de *Cymbium*, puis, sur les tableaux n°38 et 39 pour les rebuts de *Cymbium*.

○ **Chair de *Cymbium* :**

Tableau 36 : Moyennes arithmétiques de la chair de *Cymbium* avant cuisson (expérimentation au laboratoire)

Échantillons	Examen externe				Examen interne			Moyenne Générale
	peau	texture	odeur	couleur	consistance	couleur	odeur	
<i>Cymbium</i> traité au jus de citron	3,4	3,8	3,8	4	3,6	3,6	4	3,74
<i>Cymbium</i> traité au vinaigre	2,8	3,5	4	4,4	3,2	3,2	4	3,59
<i>Cymbium</i> traité au jus d'ananas	3,2	4	4,2	4,6	4	3,8	5	4,11
<i>Cymbium</i> au naturel	4	4	3,2	2,4	3,2	2,6	3	3,2

Tableau 37 : Moyennes arithmétiques de la chair de *Cymbium* après cuisson (expérimentation au laboratoire)

Échantillons	Examen externe			Examen interne			Moyenne Générale
	couleur	odeur	consistance	couleur	odeur	goût	
<i>Cymbium</i> traité au jus de citron	4,2	4,6	4,6	4,5	3,6	2,6	3,27
<i>Cymbium</i> traité au vinaigre	3,4	4	4,4	4,2	4	4	4
<i>Cymbium</i> traité au jus d'ananas	4,6	4,4	4,8	4,4	4,4	4	4,43
<i>Cymbium</i> au naturel	3	4	3,6	2,8	3,6	3,6	3,43

○ **Rebut de *Cymbium* :**

Tableau 38 : Moyennes arithmétiques des rebuts de *Cymbium* avant cuisson

	Examen externe				Examen interne			Moyenne des caractères
	peau	texture	odeur	couleur	consistance	couleur	odeur	
Rebut de <i>Cymbium</i> traité au jus de citron	4	3,8	3,6	3,8	3,6	3	3,6	3,63
Rebut de <i>Cymbium</i> traité au vinaigre	3	3,5	4	4,2	3,5	3,2	4	3,63
Rebut de <i>Cymbium</i> traité au jus d'ananas	3	4	4,2	4,6	3,8	3,8	4	3,91

Tableau 39 : Moyennes arithmétiques des rebuts de *Cymbium* après cuisson

	Examen externe			Examen interne			Moyenne des caractères
	couleur	odeur	consistance	couleur	odeur	goût	
Rebut de <i>Cymbium</i> traité au jus de citron	4	4,6	4	3,5	3	2,8	3,13
Rebut de <i>Cymbium</i> traité au vinaigre	3,4	4	3,6	4	4	3,4	3,2
Rebut de <i>Cymbium</i> traité au jus d'ananas	4,6	4	4	4	4,4	3,4	3,49

▪ **Résultats définitifs :**

Les résultats définitifs proclamés par le jury à l'issue de la délibération figurent sur les tableaux n°40 (pour la chair de *Cymbium*) et 41 (pour les rebuts de *Cymbium*) ci-dessous.

Tableau 40 : Résultats définitifs des tests de dégustation pour la chair de *Cymbium*

	Moyenne Générale	Classement
<i>Cymbium</i> au jus de citron	3,65	2^{ème}
<i>Cymbium</i> au vinaigre	3,46	3^{ème}
<i>Cymbium</i> au jus d'ananas	3,91	1^{er}
<i>Cymbium</i> au naturel	3,15	4^{ème}

Tableau 41 : Résultats définitifs des tests de dégustation pour les rebuts de *Cymbium*

	Moyenne Générale	Classement
Rebuts de <i>Cymbium</i> au jus de citron	3,38	2^{ème}
Rebuts de <i>Cymbium</i> au vinaigre	3,41	3^{ème}
Rebuts de <i>Cymbium</i> au jus d'ananas	3,7	1^{er}

Chapitre II Discussions des résultats

II-1 Suivi de la transformation artisanale du *Cymbium* à Joal

Les discussions sur le suivi de la transformation artisanale du *Cymbium* à Joal sont relatives à :

- L'évolution du pH et de la température au cours de la transformation ;
- L'évolution du séchage elle-même ;
- L'étude des rendements.

II-1-1 Évolution du pH et de la température au cours de la transformation artisanale du *Cymbium* à Joal

- Avant l'introduction en bac, les pH moyens affichés sont compris entre un minimum de 7,7 (**Annexe II : tableau II-2**) et un maximum de 8,06 (**Annexe II : tableau II-5**). Ces pH sont bien sûr, ceux d'individus vivants, ou récemment morts.
- A la sortie des individus du bac (après une nuit de présence dans cette enceinte), c'est-à-dire le lendemain à 8 heures, les pH moyens relevés, compris entre un minimum de 6,96 (**Annexe II : tableau II-5**) et un maximum de 7,6 (**Annexe II : tableau II-2**), ne s'écartent pas beaucoup de ceux des individus vivants.
- Les relevés de températures effectués toutes les quatre heures montrent des variations importantes d'un échantillon à l'autre, pour toutes les séries, l'écart pouvant atteindre 15°C (**annexe II, tableaux : II-1, II-4 et II-7**)
- Les figures n° 10, 11 et 12 révèlent :
 - Une baisse très lente du pH qui, même en fin de séchage reste très proche de 6.
 - Une indépendance totale entre l'évolution de la température et celle du pH.

En résumé, on peut dire, en ce qui concerne la transformation artisanale du *Cymbium* à Joal que :

- Le passage du *Cymbium* dans les bacs n'a pas pour objectif de réaliser la fermentation.
Malheureusement l'objectif de départ visé par les producteurs, qui est de permettre un relâchement des muscles du *Cymbium* durant ce passage, n'est pas atteint, car, à la sortie du bac, le muscle de ce gastéropode est encore raide (phase de rigor mortis).
- Le pH et la température évoluent indifféremment l'un de l'autre dans le cas de cette méthode de transformation artisanale.
- Même si c'est à un degré moindre, on peut quand même affirmer que la fermentation se poursuit durant le séchage. Pour preuve, les pH maximums

obtenus en fin de séchage sont compris entre 6,3 (Annexe II, tableaux : II-2 et II-8) et 6,4 (Annexe II, tableau II-5), donc faiblement acides.

II-1-2 Évolution du séchage

Le séchage, comme nous l'avons déjà souligné dans le chapitre I de la deuxième partie de ce document, se manifeste par un départ d'eau du produit ; ce qui induit une perte de poids de ce dernier.

Rappelons que, pour le suivi du déroulement du séchage, nous avons étudié : la variation de poids (ΔP) et l'évolution du Rapport de séchage (R_s).

L'analyse des résultats mentionnés à l'annexe II (**tableaux : II-3, II-6 et II-9**) fait ressortir les contraintes fondamentales auxquelles nous avons été confrontés au cours de nos travaux à Joal. Ces contraintes sont énumérées comme suit :

➤ La disparition du rayonnement solaire :

Ce phénomène noté à la tombée de la nuit, se poursuit souvent jusqu'aux premières heures de la matinée. Elle a pour conséquences : la baisse de la température ambiante de l'air, l'augmentation de son humidité relative et par conséquent, la diminution de son pouvoir évaporatoire ; ce qui s'est traduit, dans notre cas, par un arrêt du séchage : $\Delta P = 0\%$

Cette situation est illustrée à l'**annexe II**, plus précisément :

- au deuxième jour de la première série, à 8 heures, pour les échantillons n° 1, 2 et 3 (**tableau II-3**) ;
- au premier jour de la deuxième série, à 8 heures également, pour les échantillons 1, 2, 3, 4 et 5 (**tableau II-6**)

Il convient cependant de préciser que ce problème conduit, dans bien des cas, à une réhydratation du produit, si toutefois la température de ce dernier est supérieure à la température ambiante, ou si son humidité est inférieure à l'humidité relative.

➤ L'arrêt prématuré, de la déshydratation, et donc du séchage, malgré l'augmentation de la température interne du produit :

Les vérifications effectuées pendant un mois, et sur toutes les séries, nous ont permis de noter que ce phénomène était, à chaque fois, consécutif à la **formation d'une croûte** à la surface du produit : il s'agit vraisemblablement du **croûtage** (Rozis J F, 1995).

Le croûtage est dû à la capacité limitée de diffusion de l'eau dans le produit.

Si le pouvoir évaporatoire de l'air est très fort, l'eau va s'évaporer plus vite à la surface qu'à l'intérieur du produit : la surface deviendra dure et sèche. Elle empêchera, par conséquent, la diffusion ultérieure de l'eau contenue dans le produit. Le comportement du produit en séchage sera alors similaire à celui qu'il a normalement en phase finale.

Dans notre cas, il s'en est suivi évidemment un ralentissement, voire un arrêt du séchage ($\Delta P = 0\%$).

Ce phénomène est observable au troisième jour de la troisième série (**annexe II, tableau II-9**), à 12 heures et à 16 heures, pour les échantillons 1, 2 et 3.

Remarque :

L'inexistence de la phase de fermentation pure contribue également à augmenter les risques de croûtage pour les produits transformés au site de Joal. En effet, comme nous l'avons déjà souligné, la première nuit passée dans les bacs ne permet pas un relâchement du muscle du *Cymbium*.

Ainsi, durant nos travaux, nous avons pu constater à l'issue de cette première nuit, plus précisément à 8 heures, un durcissement de ce muscle au niveau de tous les échantillons. Ce qui, vraisemblablement, montre que le *Cymbium* est encore en phase de rigor mortis.

On comprend dès lors que, soumis immédiatement en séchage à ce stade, le rythme de diffusion l'eau, de l'intérieure vers la surface du produit se fait très lentement par rapport à la vitesse de circulation de l'air à la surface de ce dernier ; ce qui conduit bien sûr, à un assèchement rapide de la chair du *Cymbium* à la surface, qui se recouvre ainsi d'une **croûte**. Cette croûte se durcit d'avantage, au fur et à mesure que se prolonge le séchage, et finit par gêner sérieusement la sortie d'eau libre du produit. Si bien que, même après quatre jours de séchage, le produit contient encore une importante quantité d'eau libre qui reste emprisonnée dans sa chair. Pour s'en convaincre, il suffit de percer ou de faire une incision à n'importe quel point de cette chair, pour voir l'eau gicler.

Il est également prouvé que le risque de croûtage augmente lorsque :

- L'humidité relative de l'air est faible et sa vitesse de circulation sur le produit est élevée ;
- Le produit est épais

Dans le cas des séchoirs artisanaux, le suivi de l'humidité relative à la sortie du séchoir permet de limiter les risques de croûtage.

D'une manière générale, dès que l'humidité relative de l'air en sortie de séchoir descend en dessous de 60% en phase II, il y a risque de croûtage (Rozis J F, 1995).

Le contrôle de l'humidité relative n'étant malheureusement pas effectué dans nos sites de transformation artisanale, les produits fabriqués ne sont jamais à l'abri d'un tel risque.

➤ **Les pluies diluviennes :**

Les pluies nous ont le plus gênés au cours de nos travaux sur le séchage, plus que toute autre contrainte.

En effet, par deux fois, de fortes pluies se sont abattues sur nos produits en cours de séchage, provoquant ainsi leur ré humidification : $\Delta P > 0\%$

Ce phénomène est noté :

- au troisième jour de la deuxième série, à 8 heures, au niveau des échantillons : 2, 3, 4 et 5 (**annexe II, tableau II-6**) ;
- au quatrième jour de la troisième série, à 8 heures également, au niveau des échantillons : 1, 2, et 3 (**annexe II, tableau II-9**).

Ces problèmes, parmi tant d'autres que nous avons rencontrés, remettent en scelle l'éternelle équation de la protection des produits en cours de séchage contre les

intempéries (pluies, vents et autres), ainsi que celle de la maîtrise des paramètres fondamentaux de séchage au niveau de nos aires de transformation artisanale.

Pour mémoire, rappelons que ces paramètres fondamentaux sont : la température, l'humidité relative et la vitesse de l'air.

Les trois types de contraintes que nous venons de citer font que ΔP varie énormément au niveau de tous les tableaux ; ce qui implique une fluctuation du séchage lors de nos expériences.

Cette fluctuation apparaît, de façon plus nette, sur les figures n°13, 14 et 15, matérialisant l'évolution de l'inverse du Rapport de séchage (Rs) au niveau de chaque série. La comparaison entre ces figures et la courbe du rythme normal de séchage (annexe II), confirme davantage cette anomalie au niveau du séchage du *Cymbium* au site de transformation artisanale de Joal

II-1-3 Étude des rendements du *Cymbium* transformé au site de Joal.

L'examen des résultats sur les rendements en production au site de transformation artisanale de Joal permet rapidement de conclure que :

- **Moins la durée de séchage est longue, plus les rendements sont élevés :**

Les tableaux n°10, 11 et 12 confirment bien cette situation.

- **L'arrêt prématuré de la déshydratation, pour les raisons mentionné plus haut (croûtage), contribue bien évidemment, à l'élévation de ces rendements.**

II-2 Essais sur les perspectives de valorisation du produit fini

En ce qui concerne les essais sur les perspectives de valorisation du produit fini, les discussions portent sur :

- L'étude de proportionnalité entre les principales parties du *Cymbium* ;
- L'amélioration de la qualité organoleptique du produit transformé artisanalement ;
- L'étude des rendements ;
- Les analyses organoleptiques du produit transformé artisanalement ;
- Les analyses biochimiques et microbiologiques.

II-2-1 Étude de proportionnalité entre les principales parties du *Cymbium*

L'étude de proportionnalité (tableaux n°14) révèle que la peau et autres rebuts réunis représentent **47,64%** du poids de l'animal dépourvu de sa coquille, alors que la chair à transformer constitue **52,36%** de ce poids.

Il y a donc en milieu industriel, surtout dans le cas du *Cymbium* cru et pelé, **47,64%** du poids de l'animal sans coquille, qui fait l'objet de rejet. Ceci ne milite pas en faveur d'une rationalisation de la masse à traiter. C'est la raison pour laquelle, lors de nos

expériences en laboratoire, nous avons tenté de valoriser ces rebuts de *Cymbium* par la fermentation et le séchage.

II-2-2 Amélioration de la qualité organoleptique du produit transformé artisanalement

Contrairement à la méthode de traitement en vigueur à Joal, nous avons, lors de nos expérimentations, aussi bien sur site qu'au laboratoire, tenté de faire subir au *Cymbium* une procédure de traitement complet.

Ainsi, dans ce qui suit, le *Cymbium* est passé par deux phases successives :

- Une première phase de fermentation pure pouvant aller jusqu'à 72 heures ;
- Une deuxième phase de séchage combinée à la poursuite de la fermentation enclenchée dans la phase précédente.

II-2-2-1 Évolution du pH et de la température au cours de la fermentation

Expérimentation sur site à Dionewar

- Comme le montrent les figures n°16, 17 et 18, les températures internes des produits sont très instables, pour tous les échantillons, avec ou sans additif. Ceci semble être la conséquence logique de la non maîtrise de la température ambiante de l'enceinte dans laquelle se déroule la fermentation. En effet, bien que les conditions anaérobies soient strictement respectées, il ne nous a pas été possible, à Dionewar, de contrôler la température intérieure du seau dans lequel étaient fermentés les échantillons.
- L'examen de ces figures montre également que les deux paramètres que sont le pH et la température évoluent indépendamment l'un de l'autre durant cette première phase.
- En examinant le comportement des trois types de produits, on remarque que la baisse du pH est plus rapide pour le *Cymbium* fermenté avec le jus d'ananas.

Effet, pour ce dernier, on note une chute assez significative du pH qui passe d'une moyenne de 7,92 avant fermentation, à une seconde moyenne de 6,66, après seulement 8 heures de fermentation; là où on enregistre, avec le même temps de fermentation, respectivement pour le *Cymbium* fermenté avec le jus de papaye et pour celui au naturel, des pH moyens de 7,88 et 7,98.

- Au bout de 24 heures de fermentation (annexe III, tableaux : III-2, III-4 et III-6), les pH moyens sont, respectivement pour :
 - Le *Cymbium* fermenté au jus d'ananas : **5,98** (valeur maximale = 6,6 et valeur minimale = 5,7).
 - Le *Cymbium* fermenté au jus de papaye : **4,74** (valeur maximale = 4,9 et valeur minimale = 4,4).

- Le *Cymbium* au naturel : **7,38** (valeur maximale = 8,0 et valeur minimale = 6,6).
- Pour le *Cymbium* au naturel, il aura fallu attendre 48 heures de fermentation pour voir le pH moyen descendre à **6,24** (6,7 et minimum 5,9).
- De façon globale, on note que les fluctuations de pH sont beaucoup plus marquées pour le *Cymbium* au naturel. Elles le sont moins pour celui traité au jus de papaye. Le *Cymbium* au jus d'ananas quant à lui voit son pH baisser de façon plus régulière par rapport aux deux types de produits précités.

Cette expérimentation prouve que les enzymes végétaux que sont la bromélaïne, contenue dans le jus d'ananas, et la papaïne, contenue dans le latex de papaye, de par les réactions de protéolyse qu'elles catalysent, favorisent l'acidification du milieu, et par conséquent, accélèrent le processus de fermentation. Pour le *Cymbium* au jus d'ananas, l'acidification est également renforcée par la fermentation des glucides présents dans le jus de ce fruit. C'est sans doute ce qui explique que la baisse du pH soit plus rapide dans ce cas.

Expérimentation au laboratoire

- En ce qui concerne l'expérimentation au laboratoire on remarque une **baisse régulière du pH tout au long de la fermentation.**
- D'une valeur proche de la neutralité, **le pH moyen chute aux environs de 4** (figures 22, 23 et 24, puis annexe V, notamment tableaux : V-2, V-4 et V-6) **en 48 heures** de fermentation, pour les trois types de produits.
- **Les températures internes sont presque constantes.** De 29 et quelques degrés avant la fermentation, la température moyenne subit une montée, puis se stabilise entre 31 et 32°C, pour tous les types de produits, jusqu'à la fin de la fermentation (**mêmes figures, même annexe et mêmes tableaux que ceux énumérés ci-dessus**) Ceci est rendu possible grâce à la fixation de la température ambiante.

II-2-2-2 Évolution du pH et de la température au cours du séchage

Expérimentation sur site à Dionewar : Annexe IV (tableaux : IV-1, IV-2 et IV-3)

▪ **Évolution du pH**

Cymbium au jus d'ananas

- Après 24 heures de séchage, le pH subit une légère montée par rapport à sa valeur au dernier stade de la fermentation pure.
- En début de séchage, il baisse de façon régulière pour se stabiliser à des valeurs comprises entre **4,7** (valeur minimale) et **5,0** (valeur maximale) au bout du 4^{ème} jour de séchage.

Cymbium au jus de papaye

Le pH subit une légère montée en début de séchage puis amorce une baisse régulière et se stabilise également entre **5,0** et **4,7** au 4^{ème} jour de séchage

Cymbium au naturel

Après la hausse en début de séchage, le pH chute entre **5,5** (valeur minimale) et **6,5** (valeur maximale) au bout de 72 heures.

▪ **Évolution de la température**

- Pour les 3 types de produit, les températures fluctuent tout au long du séchage.
- Naturellement, les pH sont plus élevés en fin de séchage pour le *Cymbium* au naturel que pour le *Cymbium* au jus d'ananas et celui traité au jus de papaye.

Expérimentation au laboratoire : Annexe VI (tableaux : VI-1, VI-2 et VI-3)

▪ **Évolution du pH**

Pour les produits traités au laboratoire, on constate également :

- Une légère montée des pH en début de séchage par rapport à leurs dernières valeurs en fermentation pure ;
- Puis une baisse régulière de ces pH qui atteignent des valeurs comprises entre :
 - 4,3 (minimum) et 4,8 (maximum) pour la chair de *Cymbium* au jus de citron et pour celle traitée au jus d'ananas.
 - 4,3 (minimum) et 4,7 (maximum) pour les rebuts de *Cymbium* au jus de citron, les rebuts au jus d'ananas, et la chair de *Cymbium* au vinaigre.
 - 4,4 (minimum) et 4,6 (maximum) pour les rebuts de *Cymbium* au vinaigre

▪ Évolution de la température

Après une légère montée, les températures internes se stabilisent aux environs de 37°C, bien que le séchage soit fait à l'air ambiant.

De façon générale, les pH sont plus bas pour l'expérimentation au laboratoire que pour l'expérimentation sur site.

Les températures internes qui fluctuent énormément dans le cas de la fermentation sur site sont plus ou moins constantes pour les produits fabriqués au laboratoire.

II-2-2-3 Étude des rendements

L'examen des deux expérimentations nous montre que :

- **Les rendements sont plus élevés pour les produits traités au laboratoire que pour les produits fabriqués sur site :** en effet rien que pour la chair de *Cymbium*, ces rendements vont de **25,33 à 28,57 %** pour les produits traités au laboratoire, contre **2,88 à 10,43 %** pour les produits fabriqués sur site (tableaux n°19 à 21, puis tableaux : 30 à 35). Cela pourrait être le résultat du contrôle de la température ambiante dans le cas des produits fabriqués au laboratoire. En effet, la maîtrise de la température ambiante permet de maintenir la température interne des produits à des valeurs plus ou moins constantes, occasionnant ainsi moins de pertes d'eau libre, d'où une amélioration des rendements.
- **Concernant les produits traités uniquement au laboratoire, les rendements sont plus élevés pour ceux qui sont associés au jus de citron et au vinaigre, que pour ceux fermentés avec le jus d'ananas :** rappelons que ces rendements sont, respectivement :
 - *Cymbium* au jus de citron : **28,57 %** pour la chair, et **48,47 %** pour les rebuts
 - *Cymbium* au vinaigre : **28,30 %** pour la chair, et **23,18 %** pour les rebuts ;
 - *Cymbium* au jus d'ananas : **25,33 %** pour la chair, et **17,47 %** pour les rebuts.
- **Pour ce qui est des produits fabriqués spécifiquement sur site, les rendements sont plus élevés pour ceux traités avec le jus de papaye et le jus d'ananas, qu'avec ceux fermentés sans additif (au naturel).** Ces rendements reproduits ci-dessous donnent :
 - *Cymbium* au jus d'ananas : **10,43 %.**
 - *Cymbium* au jus de papaye : **10,19 %.**
 - *Cymbium* au naturel : **2,88 %.**

Dans l'ensemble, les rendements des produits traités dans le cadre des perspectives de valorisation, aussi bien sur site qu'au laboratoire, sont de loin inférieurs à ceux obtenus à Joal. Comme nous l'avions déjà annoncé antérieurement, cet écart important au niveau des rendements s'explique par le fait que dans le 1^{er} cas, les produits ont subi un processus complet de traitement avec :

- Une première phase de fermentation pure, en milieu anaérobie pendant 48 à 72 heures, occasionnant un début déshydratation importante ;
- Une deuxième phase de séchage combinée à la fermentation enclenchée dans la première phase.

Le respect de ce procédé permet évidemment d'obtenir des produits de meilleure qualité, avec une teneur en eau aussi basse que possible, mais malheureusement, pour de faibles rendements.

II-2-2-4 Analyses organoleptiques

- **Expérimentation sur site à Dionewar**
 - Examen avant cuisson (tableau 22)

Aspect externe :

Les résultats d'examen avant cuisson de l'aspect externe des échantillons traités sur site révèlent :

- **Une texture** plus molle pour le *Cymbium* traité au jus d'ananas (noté 4,8), et dans une moindre mesure pour le *Cymbium* au jus de papaye (noté 3,9) ;
- **Une odeur** très agréable de produit fermenté et aromatisé pour le *Cymbium* traité au jus d'ananas (noté 5), et assez agréable pour le *Cymbium* au jus de papaye (noté 4,3).
- **Une couleur** extra, donc marron foncé pour le *Cymbium* traité au jus d'ananas (noté 5), et acceptable pour le *Cymbium* traité au jus de papaye (noté 4,2).

Aspect interne :

L'examen avant cuisson de l'aspect interne des échantillons fait apparaître :

- **Une consistance** extra pour le *Cymbium* traité au jus d'ananas (noté 5), et satisfaisante pour le *Cymbium* traité au jus de papaye (noté 4,2).
- **Une odeur** extra pour le *Cymbium* traité au jus d'ananas (noté 5), et satisfaisante pour le *Cymbium* traité au jus de papaye (noté 4,9).
- **Une couleur** extra pour le *Cymbium* traité au jus d'ananas (noté 5), satisfaisante pour le *Cymbium* au jus de papaye (noté 4,9)
 - Examen après cuisson (tableau 23)

Aspect externe :

L'analyse organoleptique, réalisée après cuisson sur l'aspect externe des produits révèle :

- **Une couleur** satisfaisante pour le *Cymbium* au jus d'ananas (noté 4,4) et pour le *Cymbium* au jus de papaye (noté 4,3) ;
- **Une odeur** agréable, donc extra de produit fermenté et aromatisé pour le *Cymbium* au jus d'ananas (noté 5) et moyennement agréable pour le *Cymbium* au jus de papaye (noté 4,2) ;

- **Une consistance** assez tendre pour le *Cymbium* traité au jus d'ananas (noté 4,8), et pour le *Cymbium* au jus de papaye (noté 4,4).

Aspect interne :

Concernant l'aspect interne des échantillons traités, l'examen après cuisson fournit les informations ci-après :

- **La couleur** est satisfaisante pour le *Cymbium* traité au jus d'ananas (noté 4,6) et pour celui traité au jus de papaye (noté 4,3) ;
- **L'odeur** est extra, donc se traduit par un mélange de produit fermenté et de substances aromatisées pour le *Cymbium* au jus d'ananas (noté 5) et moyennement agréable pour le *Cymbium* au jus de papaye (noté 4,5) ;
- **Le goût** est savoureux pour le *Cymbium* au jus d'ananas (noté 5), et moyennement agréable pour le *Cymbium* au jus de papaye (noté 4,8).

▪ **Expérimentation au laboratoire**

L'examen des résultats d'analyses organoleptiques (avant et après cuisson) des produits traités au laboratoire nous a permis de faire les remarques suivantes :

- Chair de *Cymbium*
 - Examen avant cuisson (tableau 36)

Aspect externe :

L'observation avant cuisson de l'aspect externe de la chair de *Cymbium* montre que :

- **La texture** est jugée plus molle pour le *Cymbium* au jus d'ananas (noté 4) et pour le *Cymbium* au naturel (noté également 4) ;
- **L'odeur** de produit fermenté pur est plus perceptible pour le *Cymbium* au jus d'ananas (noté 4, 2) et pour le *Cymbium* au vinaigre (noté 4) ;
- **La couleur** est mieux appréciée pour : le *Cymbium* au jus d'ananas (noté 4,6), le *Cymbium* au vinaigre (noté 4,4) et le *Cymbium* au jus de citron (noté 4) ;

Aspect interne :

L'examen avant cuisson de l'aspect externe de la chair de *Cymbium* révèle que :

- **La consistance** est meilleure, donc la chair plus compacte, pour le *Cymbium* au jus d'ananas (noté 4) et pour celui au jus de citron (noté 3,6).
- **L'odeur** agréable de produit fermenté et aromatisé est beaucoup plus perceptible avec le *Cymbium* traité au jus d'ananas. Suivent ensuite : les *Cymbium* au vinaigre, puis celui traité au jus de citron, qui dégagent tous les deux une odeur de pure produit fermenté.
- **La couleur** est meilleure pour le *Cymbium* au jus d'ananas (noté 3, 8) et pour celui au jus de citron (noté 3,6).

- Examen après cuisson (tableau 37)

Aspect externe :

L'étude de l'aspect externe après cuisson a permis de constater que:

- **La couleur** est plus attrayante pour le Cymbium au jus d'ananas (noté 4,6) et pour le Cymbium au jus de citron (noté 4,2).
- **L'odeur** est mieux appréciée pour le Cymbium au jus de citron (noté 4,6) et pour celui fermenté avec le jus d'ananas (4,4).
- **La consistance** est plus tendre pour le Cymbium au jus d'ananas (noté 4,8), le Cymbium au citron (noté 4, 6), et pour le Cymbium au vinaigre (noté 4,4).

Aspect interne :

L'analyse après cuisson de l'aspect interne de la chair de Cymbium fait ressortir :

- **Une meilleure couleur** pour : le Cymbium au jus d'ananas (noté 4, 8), le Cymbium au jus de citron (noté 4,5) et pour le Cymbium au vinaigre (noté 4,4).
- **Une odeur plus agréable** pour le Cymbium au jus d'ananas (noté 4,4) et le Cymbium au vinaigre (noté 4).
- **Un meilleur goût** pour le Cymbium au jus d'ananas (noté 4) et le Cymbium au vinaigre (noté également 4).

Rebuts de Cymbium

- *Examen avant cuisson (tableau 38)*

Aspect externe :

L'analyse de l'aspect externe effectuée sur les rebuts de Cymbium avant cuisson aboutit aux constats suivants :

- **La texture** de la chair mieux appréciée pour les rebuts de Cymbium traités aux jus d'ananas (notés 4).
- **L'odeur** de produit fermenté plus perceptible pour les rebuts de Cymbium traités au jus d'ananas (notés 4,2) et pour les rebuts de Cymbium traités au vinaigre (notés 4).
- **La couleur** plus attrayante pour les rebuts de Cymbium traités au jus d'ananas (notés 4,6) et pour ceux traités au vinaigre (notés 4,2).

Aspect interne :

L'analyse avant cuisson de l'aspect interne des rebuts de Cymbium révèle :

- **Une consistance** plus molle pour les rebuts de Cymbium traités au jus d'ananas (notés 3,8) ;
- **Une odeur** de produit fermenté, plus perceptible pour les rebuts de Cymbium traités au jus d'ananas (notés 4,2) et pour ceux traités au vinaigre (notés 4) ;

- **Une couleur** mieux acceptée pour les rebuts de Cymbium au jus d'ananas (notés 3,8).

- *Examen après cuisson (tableau 39)*

Aspect externe :

Les résultats d'analyses organoleptiques, après cuisson, sur l'aspect externe des rebuts indiquent :

- **Une couleur** meilleure pour les rebuts de Cymbium au jus d'ananas (notés 4,6) et pour les rebuts de Cymbium au jus de citron (notés 4,2) ;
- **Une odeur** plus agréable pour : les rebuts de Cymbium au jus de citron (notés 4,6), les rebuts au jus d'ananas (notés 4) et les rebuts au vinaigre (notés également 4) ;
- **Une consistance** plus tendre pour les rebuts de Cymbium au jus d'ananas (notés 4) et pour ceux traités au jus de citron (notés également 4).

Aspect interne :

L'examen après cuisson de l'aspect interne des rebuts de Cymbium montre :

- **Une couleur** mieux acceptée pour les rebuts de Cymbium traités au jus d'ananas (notés 4) et pour ceux traités au vinaigre (notés 4 également) ;
- **Une odeur** plus attirante pour les rebuts de Cymbium au jus d'ananas (notés 4,4) et pour ceux traités au vinaigre (notés 4) ;
- **Un goût** plus acceptable pour les rebuts de Cymbium au jus d'ananas (notés 3,4) et pour ceux traités au vinaigre (notés également 3,4).

Récapitulation

- **Pour l'expérimentation sur site :** c'est le Cymbium traité avec le jus d'ananas qui est leader, suivi du Cymbium traité au jus de papaye, pour tous les critères, avant et après cuisson.
- **Pour l'expérimentation de laboratoire :** c'est aussi le Cymbium traité avec le jus d'ananas qui est en tête, au niveau de tous les critères, avant et après cuisson. Le positionnement des autres produits est le suivant :

○ **Avant cuisson :**

- Aspect externe :

Le **Cymbium au naturel** devance celui au jus de citron et au vinaigre pour **la texture** ;

Le **Cymbium au vinaigre** domine celui au naturel et celui au jus de citron, pour **l'odeur et la couleur** ;

- Aspect interne :

Le **Cymbium au jus de citron** devance celui au vinaigre et celui au naturel, pour la **consistance** ;

Le **Cymbium au vinaigre** devance celui au jus de citron et celui au naturel, pour l'**odeur** ;

Le **Cymbium au jus de citron** devance celui au vinaigre et celui au naturel, pour la **couleur**.

- Après cuisson :

- Aspect externe :

Le **Cymbium au citron** devance celui au vinaigre et celui au naturel, pour la **couleur** et l'**odeur** et la **consistance** ;

- Aspect interne :

Le **Cymbium au citron** devance celui au vinaigre et celui au naturel, pour la **couleur** ;

Le **Cymbium au citron** devance celui au vinaigre et celui au naturel, pour l'**odeur** et le **goût** ;

En définitive, les produits fermentés avec les enzymes végétales et les acides organiques ont été mieux appréciés par les deux jurys au niveau des deux sites.

Au classement général, c'est le **Cymbium traité au jus d'ananas** qui se classe en première en position dans les deux expérimentations (tableau : 24, puis tableaux 40 et 41).

En conséquence, on peut dire que l'introduction des enzymes végétales que sont la bromélaïne (issue du jus d'ananas) et la papaïne (contenue dans le jus de papaye), ainsi que celle des acides organiques contenus dans le vinaigre et le jus de citron, améliorent la consistance, la couleur, l'odeur et le goût du *Cymbium* fermenté-séché.

II-2-2-5 Analyses biochimiques et microbiologiques

On rappelle que les analyses biochimiques et microbiologiques n'ont été réalisées que pour les échantillons traités sur site à Dionewar, les moyens disponibles n'ayant pas permis de procéder à ces types d'analyses pour les produits traités au laboratoire.

- **Analyses biochimiques des échantillons traités sur site (tableau 25)**

La lecture des résultats d'analyses biochimiques des produits traités sur site a permis de faire les constats suivants :

- **Une augmentation du taux de protéines** : ce taux atteint **43,31%**, là où, pour les produits crus (tableau 15) prélevés à NPM et à Elim Pêche, on a des taux moyens allant de 16,2 à 18,64%.
- **Une augmentation du taux de glucides** : ce taux s'élève à **23,23 %**, là où on a, pour les produits crus prélevés à NPM et à Elim Pêche (tableau 15), des taux moyens compris entre 4,96% et 8,47%.
- **Une diminution du taux d'humidité** qui s'élève à **26,68 %**, alors que pour les produits crus prélevés à NPM et à Elim Pêche, les taux moyens vont de 71,98% et 74,25%.
- **Le taux de lipides reste faible :** Comme on pouvait s'y attendre (la quantité de lipides est négligeable dans la chair du *Cymbium*), ce taux est de **0,25%**, tandis que pour les produits crus prélevés à NPM et à Elim Pêche les taux moyens de lipides sont compris entre 0,02% et 0,29%.

Au regard de ces résultats, il apparaît donc (du moins pour les échantillons soumis à l'analyse), que la fermentation réalisée sous l'influence des enzymes végétales induit une augmentation du taux de protéines et de celui des glucides.

La diminution du taux d'humidité de ces produits traités sur site est évidemment due au séchage.

▪ **Analyses microbiologiques des échantillons traités sur site (tableau 26) :**

La réglementation européenne ne dispose pas de normes microbiologiques pour le *Cymbium*. Cependant les résultats obtenus sont conformes au regard du règlement 2073 / 2005 de l'Union Européenne sur les mollusques bivalves vivants, tuniciers et gastéropodes vivants.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

CONCLUSION

Dans l'ensemble, les résultats obtenus à l'issue des travaux nous ont permis :

En milieu industriel :

De déterminer, à partir d'une étude de proportionnalité, les parts des différentes parties comestibles du corps du *Cymbium* dépourvu de sa coquille. Comme nous l'avons vu auparavant, cette étude a révélé que **47,64%** du *Cymbium* font l'objet de rejets sous forme de rebuts. Ceci est particulièrement remarquable dans le cas du *Cymbium* cru pelé;

Au site de transformation artisanale de Khelcom à Joal :

- De mettre en exergue la grande variabilité de la température interne moyenne des lots, d'une étape à l'autre. Dans ce contexte où la phase fermentation avant séchage est occultée, la disparité au niveau de la température est aussi particulièrement notée entre les différents échantillons ;
- De constater la faible baisse du **pH**, à la fin du processus de transformation. La valeur moyenne des pH située aux environs de 6, pour l'essentiel des échantillons, prouve que le *yeet* de Joal n'est que très peu fermenté ;
- De se rappeler que la problématique du séchage est encore récurrente dans les aires de transformation artisanale du Sénégal en général, et dans celle de Joal en particulier. Cette situation est surtout liée à l'absence de maîtrise des paramètres tels que : la température ambiante, l'humidité relative et la vitesse de l'air, mais aussi des intempéries comme la pluie. C'est la raison pour laquelle nous avons été confrontés, par moment lors de nos travaux, soit à un ralentissement du séchage, soit à un arrêt pur et simple de ce dernier, alors que le produit regorgeait encore d'eau. Mais l'autre difficulté rencontrée au cours du séchage à Joal et qui n'apparaît pas sur les tableaux, c'est sans conteste la formation d'une croûte à la surface des produits, dès le deuxième jour de leur exposition au soleil, gênant particulièrement la sortie d'eau, et donc la déshydratation. Ce phénomène, comme nous l'avons déjà souligné, est dû à une un accroissement démesuré de la température et de la vitesse de circulation de l'air à la surface du produit (donc à une trop forte augmentation de son pouvoir évaporatoire), occasionnant un assèchement rapide du produit en surface.

Dans les essais sur les perspectives de valorisation du produit traité :

- D'apprécier l'amélioration notable de l'odeur, de la texture et du le goût du *Cymbium* fermenté-séché, grâce à l'utilisation des enzymes végétales que sont, la papaïne et la bromélaïne, ou alors l'introduction des acides organiques contenus dans le vinaigre et le jus de citron. L'ajout de ces enzymes et acides organiques accélère la fermentation par un abaissement rapide et continu du pH. Dans le cas du *Cymbium* traité au jus d'ananas, cette acidité est renforcée par la fermentation des glucides présents dans ledit jus. Tout ceci a comme effet direct, l'inhibition de la croissance de nombreuses bactéries pathogènes pouvant être

présentes dans le milieu. Ce procédé est requis pour une relative innocuité en technologie alimentaire (INRAA / ESP / ITA, 2003).

- De montrer qu'il est possible de valoriser les rebuts de *Cymbium* par la fermentation et le séchage.
- D'apporter un certain soin à la présentation du produit traité, ne serait ce que par un conditionnement adéquat portant les mentions essentielles pour son identification.
- De souligner la faiblesse des rendements dans le cas du *Cymbium* ayant subi un processus complet de fermentation et de séchage. On rappelle que ces rendements se situent entre 25,33 et 28,57%, pour les produits fermentés au laboratoire, contre 2,88 à 10,43% pour ceux fabriqués sur site à Dionewar.

En définitive, pour répondre aux questions soulevées dans la problématique, nous disons :

- ❖ Qu'il est bien possible rendre compte de l'instabilité des paramètres au cours du traitement artisanal du *Cymbium*, pour mieux conscientiser les acteurs sur le terrain.
- ❖ Qu'il est également possible, de concert avec les producteurs, d'impulser une meilleure valorisation du *Cymbium* :
 - D'abord en milieu industriel, par la réduction des pertes au niveau de la cuisson (produits cuits) et du pa rage (produits crus), mais aussi par le traitement et la transformation des rebuts.
 - Ensuite en milieu artisanal, en améliorant de façon notable :
 - La qualité organoleptique (odeur, texture et goût), par l'utilisation des enzymes végétales que sont la bromélaïne et la papaïne, ou alors par l'introduction des acides organiques contenus dans le vinaigre et le jus de citron ;
 - La présentation du produit traité par un emballage, ou à défaut un simple conditionnement portant les mentions permettant de l'identifier.

RECOMMANDATIONS

Les expérimentations réalisées dans ce mémoire devraient se poursuivre, tant au niveau industriel qu'au plan artisanal.

Au niveau industriel, il s'agira de mener une étude poussée pour optimiser les rendements en produits cuits et en produits crus. Dans cette optique, d'autres produits pourraient être fabriqués à partir des rebuts issus du parage, pour augmenter la gamme de valorisation.

Au plan artisanal, il faudrait :

- Dès maintenant, pousser les expérimentations, afin de déterminer les doses exactes de vinaigre et de jus de fruit (citron, papaye, ananas) à utiliser pour améliorer le processus de fermentation, en rapport avec la quantité de matière première à fermenter ;
- Vulgariser le produit ayant subi cette fermentation améliorée et s'atteler à sa labellisation ; ce qui permettra, à coup sûr, de faciliter sa percée dans le marché.

La poursuite des expérimentations devrait, par ailleurs, permettre de confirmer définitivement, ou d'infirmer l'augmentation du taux de glucides et de protéines, constatée lors de la fermentation réalisée sous l'influence des enzymes végétales.

BIBLIOGRAPHIE

Ayessou N C M, 1991. La transformation traditionnelle des produits d'origine halieutiques au Sénégal. Méthodes, qualités des produits, expérimentation. Mémoire DEA de Biologie Animale. UCAD. 78p.

Ayessou N C M, 1996. Étude de l'Écologie et de la Reproduction de cinq espèces de Cymbium (Gastéropodes, Prosobranches) des côtes sénégalaises. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle de Biologie Animale 131p.

Centre National de Coordination des Études et Recherches sur la Nutrition et l'Alimentation (CERNA). Use of enzymes in food technology. Symposium International, Versailles les 5, 6 et 7 mai 1982.

Carl S. & Pederson PH. D, 1971. Microbiology of food fermentation. The AVI Publishing Company, INC, 204p.

Diouf N, Faye A A, Vanbelle M, MOREAU I & Foulon M, 1992. Composition en acides aminés des principaux genres de poissons des côtes du Sénégal, ayant subi ou non un traitement artisanal en vue de leur conservation. Revues des fermentations et des industries alimentaires. Bruxelles. T 37. N°1.

Diouf N, 1980. Dosage d'histamine et d'indole dans les poissons séchés artisanalement. Mémoire de DEA de Biologie Animale. UCAD.

Direction des Pêches Maritimes, 2001 à 2006. Résultats Généraux des Pêches Maritimes sénégalaises.

Direction des Industries de Transformation de la Pêche, 2003 à 2005. Rapport Statistiques des Exportations des Produits Halieutiques.

FNRAA / ESP / ITA, 2003-2004. Bactéries lactiques des fermentations traditionnelles du Sénégal. Production de bactériocines et application sur la conservation des produits finis. p38.

Huss H H, 1988. Le poisson frais : qualité et altération de la qualité. Collection FAO : Pêches N° 29. 132p.

Huss H. H, La qualité et son évolution dans le poisson frais. FAO. Document Technique sur les Pêches n°334. 186p.

Koffi M E, 1994. Le poisson fermenté en Afrique. Traitement et commercialisation. FAO. Document Technique sur les Pêches. N° 329. 86p.

Morinière P, 1980. Biologie et Pêche de Cymbium pepo (Lightfoot, 1786) au Sénégal. Document Scientifique CRODT. N° 77. 43p.

Marche-Marchad, 1975. Recherche sur la biologie des Volutidae du genre ouest africain Cymbium (Gastropoda, Prosobranchia). Thèse de Doctorat Sciences Naturelles. Université Pierre et Marie Curie. Paris VI^{ème}. 279p.

Ndour P B, 2003. Contribution à l'Étude de la contamination par l'histamine des volutes (Cymbium) fermentés séchés sénégalais (yeet) vendus sur les marchés de Dakar. Mémoire de DEA de Productions Animales. UCAD. 29p.

Nout R., Hounhouizen D J & Backel VT, 1992. Les Aliments. Transformation, Conservation et Qualité. Backhuys Publishers. CTA.

Rozis J F, 1995. SECHER DES PRODUITS ALIMENTAIRES: techniques, procédés, équipements. Collection LE POINT SUR. Guide technique. CF/CTA/GRET/GERES/FAO 344p

Sembène B, 2002. Étude de la fermentation traditionnelle de Cymbium pepo (mollusque gastéropodes) : caractéristiques de la microflore et qualités organoleptiques du yeet. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle de Biologie Animale. UCAD. FST. 69p.

Sow A, 1994. Contribution à l'Étude de la qualité microbiologique et chimique du ye et. Volute fermenté séché (genre Cymbium) vendu sur le marché sénégalais. Thèse de Doctorat Vétérinaire. UCAD. EISMV.

CEP. L'étude de filière : le yeet. Thiof newsews, septembre 1997

Wawrzyniak V, 2006. Valoriser et pérenniser une ressource spécifique locale : le yeet de la petite côte sénégalaise. Mémoire d'Ingénieur en Agronomie Tropicale. ENSA-RENNES / CNEARC. 168p.

Internet :

<http://www.pharmacie-perraudeau.com/site/pHytotherapie.html>.

<http://www.ac-reunion.fr/pedagogie/svt/biologie/proteasesvegetales.html>.

<http://www.pedagogie.ac.montpellier.fr:8080/disciplines/scpHysiques/academie/ABCDOR/organique.html>.

W http://fr.wikipedia.org/wiki/%c3%89chelle_Raankine

<http://www.kasoumay.com/senegal/saly-senegal.html>

ANNEXES

Annexe I : PLANNING DE REALISATION DE L'ETUDE

L'étude a été réalisée selon le planning suivant

DESIGNATION	Juillet 2007	Août 2007	Septembre 2007	Octobre 2007	Novembre 2007	Décembre 2007	Janvier 2008	Février 2008	Mars 2008	Avril 2008	Mai 2008	Juin 2008	Juillet 2008	Août 2008	Septembre 2008	Octobre 2008	Novembre 2008	Décembre 2008
Recherche documentaire et collecte des données	XXXX	XXXX	XXXX															
Travaux en usines				XXX	XXXX	XXXX												
Travaux au site de Transformation Artisanale de Joal							XXXX	XXXX										
Travaux au site de Transformation Artisanale Amélioré de Dionewar									XXXX	XXXX	XXXX							
Travaux au laboratoire du CNFTP														XXXX	XXXX			
Analyse, traitement des données et résultats																XXXX		
Agencement et correction du mémoire																	XXXX	
Finalisation de dépôt du mémoire																		XXX

X = Une semaine

Annexe II : DONNEES D'EXPERIMENTATION AU CENTRE DE TRANSFORMATION ARTISANALE DE JOAL

Tableau II-1 : Évolution du pH et de la température du Cymbium eu cours de transformation du (première série)

Étapes	Heures	Échantillon 1		Échantillon 2		Échantillon 3	
		pH	T°	pH	T°	pH	T°
Avant immersion en bac	20 H	7,6	28,2°C	7,6	29°C	7,9	27,8°C
1 ^{er} jour de séchage	8H	8	27,6°C	7,4	27,9°C	7,4	27°C
	12H	7,1	32,4°C	6,7	34°C	6,7	33,6°C
	16H	6,9	34,6°C	6,9	32,9°C	6,3	34,8°C
	20H	7	29°C	6,6	29,3°C	6,3	31,2°C
2 ^{ème} jour de séchage	8H	6,2	27,6°C	6,1	28,2°C	6,8	28,1°C
	12H	6,4	36,2°C	6,6	39,2°C	6,7	39,6°C
	16H	6,4	35,4°C	6,4	34,3°C	6,3	34,8°C
	20H	6,4	29,6°C	6,4	30,7°C	6,3	30,2°C
3 ^{ème} jour de séchage	8H	7	30°C	6,6	28,3°C	6,8	29,2°C
	12H	5,7	35,8°C	6,1	33,7°C	6,3	34,9°C
	16H	5,8	37,1°C	6	38,4°C	6,1	36°C
	20H	6,1	28,7°C	6,3	29,2°C	6,4	29°C
4 ^{ème} jour de séchage	8H	5,6	33,1°C	5,8	33,3°C	6,2	34°C
	12H	6	40,6°C	5,8	37,9°C	6,2	40,7°C
	16H	6	42,6°C	6	41,6°C	6,1	41°C
	20H	6,1	28,9°C	6,2	29°C	6,1	28,9°C
5 ^{ème} jour de séchage	8H	5,9	25,2°C	6,1	25,6°C	6,3	25,7°C
	12H	6	32,9°C	5,9	34,5	6	32,9°C
	16H	5,9	39,1°C	6,2	34,4°C	6,3	36°C
	20H	5,8	28,9°C	5,9	29,6°C	5,8	29,1°C

Tableau II-2 : Évolution du pH et de la température au cours de la transformation du Cymbium à Joal, 1^{ère} série : synthèse des résultats

Avant immersion en bac			
Paramètres	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	7,7	7,9	7,6
Températures	28,33°C	29°C	27,8°C
A la sortie du bac			
Paramètres	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	7,6	8	7,4
Températures	27,5°C	27,9	27°C
Premier jour de séchage			
Paramètres	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	6,83	7,1	6,83
Températures	32,42°C	34,8°C	32,4°C
Deuxième jour de séchage			
Paramètres	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	6,42	6,7	6,1
Températures	32,82°C	39,6°C	27,6°C
Troisième jour de séchage			
Paramètres	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	6,27	7	5,7
Températures	32,52°C	38,4°C	28,3°C
quatrième jour de séchage			
Paramètres	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	6,01	6,02	5,6
Températures	35,97°C	42,6°C	28,9°C
cinquième jour de séchage			
Paramètres	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	6,01	6,3	5,8
Températures	31,16°C	39,1°C	25,2°C

Tableau II -3 : Variation de poids au cours du séchage du *Cymbium* à Joal : première série

Étapes	Heures	Échantillon 1		Échantillon 2		Échantillon 3	
		ΔP	T°	ΔP	T°	ΔP	T°
1^{er} jour de séchage	8 H	0%	27,6°C	0%	27,9°C	0%	27,3°C
	12H	-30%	32,4°C	0%	34°C	-7,69%	33,6°C
	16H	-21,43%	34,6°C	-33,33%	32,9°C	-15,38%	33,9°C
	20H	-5,88%	29,1°C	-7,69%	29,3°C	-6,67%	28,8°C
2^{ème} jour de séchage	8 H	0%	27,6°C	0%	28,2°C	0%	28,1°C
	12H	-6,25%	36,2°C	-8,33%	34,3°C	-14,29%	34,8°C
	16H	-13,33%	35,4°C	-9,09%	34,3°C	-15,38%	34,8°C
	20H	0%	29,6°C	0%	30,7°C	0%	30,2°C
3^{ème} jour de séchage	8 H	0%	30°C	0%	28,3°C	0%	29,2°C
	12H	-15,38%	35,8°C	0%	33,7°C	-9,09%	34,9°C
	16H	0%	37,1°C	-88,33%	38,4°C	0%	36°C
	20H	0%	28,7°C	-11,11%	29,2°C	-10%	29°C
4^{ème} jour de séchage	8 H	0%	33,1°C	0%	33,3°C	0%	34°C
	12H	0%	40,6°C	0%	37,9°C	0%	40,7°C
	16H	0%	42,62°C	0%	41,6°C	0%	41°C
	20H	0%	28,9°C	0%	29°C	0%	28,9°C

Tableau II-4 : Évolution du pH et de la température au cours de la transformation du *Cymbium* à Joal : deuxième série

Étapes	Heures	Échantillon 1		Échantillon 2		Échantillon 3	
		pH	T°	pH	T°	pH	T°
Avant immersion en bac	20H	8	30°C	8,3	29,5°C	7,9	30,4°C
1^{er} jour de séchage	8H	6,9	28°C	7,1	28,4°C	6,9	27,5°C
	12H	7,6	34,8°C	7,3	31,9°C	7,2	33,5°C
	16H	6,9	33,9°C	6,9	32,9°C	7	33,1°C
	20H	7,2	29,9°C	7	29,3°C	7,4	29°C
2^{ème} jour de séchage	8H	6,8	27,9	6,6	27,9°C	6,9	27,8°C
	12H	6,7	35,4	6,5	34°C	6,4	37,4°C
	16H	6,5	34,8	6,3	34,3°C	6,3	34,7°C
	20H	6,5	27,9	6,5	28,7°C	6,2	28,6°C
3^{ème} jour de séchage	8H	6,6	29,3°C	6,3	28,8°C	6,1	28,7°C
	12H	6,5	35,3°C	6,1	36,6°C	6,3	36,7°C
	16H	6	40	6,3	38,5°C	6,3	37,2°C
	20H	6,6	28,8°C	5,9	28,2°C	6,1	27,7°C
4^{ème} jour de séchage	8H	6,2	24,2°C	5,8	24°C	6,2	24,4°C
	12H	6,4	33,1°C	6,2	32,3°C	6,1	31,7°C
	16H	6,3	38,7°C	6,1	35,2°C	6	35,2°C
	20H	5,7	28,5°C	5,6	28,8°C	5,7	28,6°C

Tableau II-5: Évolution du pH et de la température au cours de la transformation du *Cymbium* à Joal, 2ème série: synthèse des résultats

Avant immersion en bac			
Paramètres	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	8,06	8,3	7,9
Températures	29,97°C	28,4°C	27,5°C
A la sortie du bac			
Paramètres	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	6,96	7,1	6,9
Températures	27,97°C	28,4°C	27,5°C
Premier jour de séchage			
Paramètres	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	7,17	7,6	6,9
Températures	32,03°C	34,8°C	29°C
Deuxième jour de séchage			
Paramètres	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	6,52	6,7	6,2
Températures	31,62°C	37,4°C	27,8°C
Troisième jour de séchage			
Paramètres	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	6,26	6,6	5,9
Températures	32,98°C	40°C	28,2°C
Quatrième jour de séchage			
Paramètres	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	6,02	6,4	5,7
Températures	30,39°C	38,7°C	24,2°C

Tableau II-6 : Variation de poids au cours du séchage du *Cymbium* à Joal: deuxième série

Étapes Jour de séchage.	Heures	Échantillon 1		Échantillon 2		Échantillon 3		Échantillon 4		Échantillon 5	
		ΔP	T°	ΔP	T°	ΔP	T°	ΔP	T°	ΔP	T°
1^{er} jour de séchage	8 H	0%	27°C	0%	27,2°C	0%	27,2°C	0%	27°C	-8,33%	27,2°C
	12H	-5,8%	33,3°C	-	35°C	-9,09%	33,5°C	-	35,5°C	-9,09%	32,5°C
	16H	-	34,2°C	-	34,6°C	-10%	32,3°C	-	33,3°C	-10%	32,3°C
	20H	12,5%	27,7°C	11,11%	27,5°C	0%	27,5°C	12,5%	27,7°C	0%	27,6°C
2^{ème} jour de séchage	8 H	0%	26,8°C	0%	26,9°C	0%	28,4°C	0%	27,3°C	0%	27,4°C
	12H	7,14%	31,9°C	-6,67%	35°C	-12,5%	41,7°C	7,14%	41,4°C	-	31,4°C
	16H	7,69%	35,8°C	-7,14%	37,1°C	0%	38,1°C	7,69%	35,3°C	-12,5%	37,9°C
	20H	8,33%	27,8°C	-8,33%	27,9°C	-	27,7°C	8,33%	28,5°C	0%	28,1°C
3^{ème} jour de séchage	8 H	0%	24,2°C	+8,3%	24°C	+16,7%	24,6°C	+9,1%	24,3°C	+14,3%	24,7°C
	12H	0%	31,7°C	-7,7%	32,7°C	-	32,6°C	-	31,5°C	-12,5%	31,7°C
	16H	14,29%	33,5°C	0%	37,6°C	0%	34,7°C	8,33%	34,4°C	0%	35,8°C
	20H	-9,1%	28,7°C	0%	28,5°C	0%	28,6°C	-9,1%	28,5°C	0%	28,8°C

Tableau II-7: Évolution du pH et de la température au cours de la transformation du Cymbium à Joal : troisième série

Étapes	Heures	Échantillon 1		Échantillon 2		Échantillon 3		Échantillon 4		Échantillon 5	
		pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°
Avant immersion	20H	7,8	30,8°C	8	30,3°C	8	30,4°C	7,9	32°C	8,1	29,9°C
1 ^{er} jour de séchage	8H	7,2	27°C	7,1	27,2°C	6,8	27,2°C	7,1	27°C	7,1	27,2°C
	12H	7,5	33,3°C	7,6	35°C	7,5	33,5°C	7,6	35,5°C	7,3	32,5°C
	16H	7	34,2°C	6,8	34,6°C	6,6	32,3°C	7	33,3°C	6,6	32,3°C
	20H	7	27,7°C	6,7	27,5°C	6,9	27,5°C	6,4	27,7°C	6,7	27,6°C
2 ^{ème} jour de séchage	8H	6,8	26,8°C	6,4	26,9°C	6,4	28,4°C	6,2	27,3°C	6,2	27,4°C
	12H	6,5	31,9°C	5,8	35°C	6,3	41,7°C	6,3	41,1°C	6,4	31,4°C
	16H	6,5	35,8°C	6,4	37,1°C	6,3	38,1°C	6,1	35,3°C	6	37,9°C
	20H	6,4	27,8°C	6,3	27,9°C	6,4	27,7°C	6,3	28,5°C	6,2	28,1°C
3 ^{ème} jour de séchage	8H	5,9	24,2°C	6,2	24°C	6,1	24,6°C	6,3	24,3°C	6,3	24,7°C
	12H	6	31,7°C	5,8	32,7°C	6,1	32,6°C	5,5	31,5°C	6,2	31,7°C
	16H	6,2	33,5°C	5,5	37,6°C	6,1	34,7°C	6,1	34,4°C	6,2	35,8°C
	20H	6,1	28,7°C	5,8	28,5°C	5,9	28,6°C	5,9	28,5°C	6,3	28,8°C

Tableau II-8: Évolution du pH et de la température au cours de la transformation du Cymbium à Joal, 3ème série: synthèse des résultats

Avant immersion en bac			
Paramètres	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	7,96	8,1	7,8
Températures	30,68°C	32°C	29,9°C
A la sortie du bac			
Paramètres	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	7,06	7,2	6,8
Températures	27,12°C	27,2°C	27°C
Premier jour de séchage			
Paramètres	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	7,01	7,6	6,4
Températures	31,63°C	35,5°C	27,5°C
Deuxième jour de séchage			
Paramètres	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	6,31	6,8	5,8
Températures	32,10°C	41,7°C	26,8°C
Troisième jour de séchage			
Paramètres	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	6,02	6,3	5,5
Températures	30,05°C	37,6°C	24°C

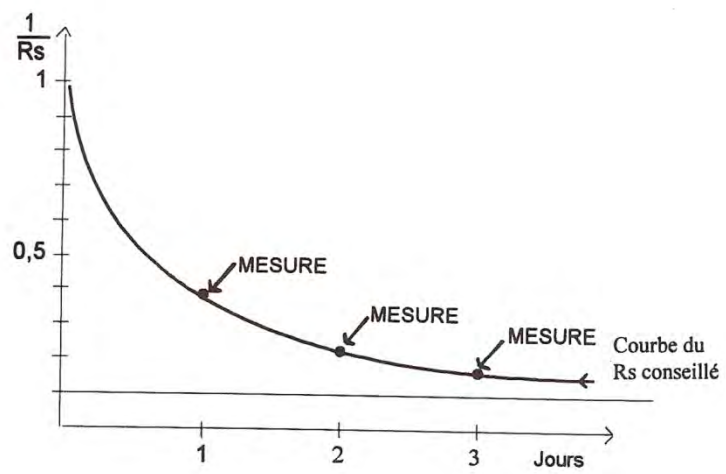
Tableau II-9 : Variation de poids au cours du séchage du Cymbium à Joal: troisième série

Jour de séchage.	Heures	Échantillon 1		Échantillon 2		Échantillon 3	
		ΔP	T°	ΔP	T°	ΔP	T°
1 ^{er} jour de séchage	8 H	-22,22%	28°C	0%	28,4°C	-13,33%	27,5°C
	12H	-7,14%	34,8°C	-6,25%	31,9°C	0%	33,5°C
	16H	-7,69%	33,9°C	-13,33%	32,9°C	-15,38%	33,1°C
	20H	0%	29,9°C	-7,69%	29,3°C	0%	29°C
2 ^{ème} jour de séchage	8 H	-8,33%	27,9°C	0%	27,9°C	0%	27,8°C
	12H	0%	35,4°C	0%	34°C	-9,09%	37,4°C
	16H	-9,09%	34,8°C	-8,33%	34,3°C	-10%	34,7°C
	20H	0%	27,9°C	0%	28,7°C	0%	28,6°C
3 ^{ème} jour de séchage	8 H	-10%	29,3°C	-9,09%	28,8°C	-11,11%	28,7°C
	12H	0%	35,3°C	0%	36,6°C	0%	36,7°C
	16H	0%	40°C	0%	38,5°C	0%	37,2°C
	20H	-11,11%	28,1°C	-10%	28,2°C	-12,5%	27,7°C
4 ^{ème} jour de séchage	8 H	+12,5%	24,2°C	+11,11%	24°C	+14,28%	24,4°C
	12H	-11,11%	33,1°C	-10%	32,3°C	0%	31,7°C
	16H	-12,5%	38,7°C	0%	35,2°C	-12,5%	35,2°C
	20H	+14,3%	28,5°C	0%	28,8°C	+14,3%	28,6°C

ΔP : = Variation entre le poids obtenu (P₂) et le poids immédiatement antérieur mesuré (P₁).

T° : = Température.

Courbe du rythme normal de séchage



Source : GERES, 1995

**Annexe III : DONNES D'EXPERIMENTATION AU CENTRE DE TRANSFORMATION
ARTISANALE AMELIOREE DE DIONEWAR (FERMENTATION)**

Tableau III-1: Évolution de la température et du pH au cours de la fermentation pure du *Cymbium* traité au jus d'ananas

Étapes	Échantillon 1		Échantillon 2		Échantillon 3		Échantillon 4		Échantillon 5	
	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°
Avant fermentation	8,0	25,5°C	8,2	25,7°C	7,6	25,4°C	8,2	25,6°C	7,6	25,8°C
8heures de fermentation	6,9	24,4°C	6,7	24,8°C	6,7	25,1°C	6,6	25,2°C	6,4	24,9°C
16 heures de fermentation	6,9	29,7°C	6,7	29,5°C	6,4	29,2°C	7,4	28,4°C	6,4	29,7°C
24 heures de fermentation	6,0	26,0°C	5,8	25,3°C	5,7	26,5°C	6,6	27,1°C	5,8	25,5°C
32 heures de fermentation	6,1	21,6°C	5,4	21,6°C	5,5	22,5°C	6,0	22,1°C	5,6	21,9°C
40 heures de fermentation	5,3	26,7°C	5,3	25,9°C	5,2	26,8°C	5,2	26,7°C	5,1	27,0°C
48 heures de fermentation	5,3	24,3°C	4,9	23,8°C	4,9	23,6°C	5,0	24,3°C	4,9	23,9°C
56 heures de fermentation	4,9	21,6°C	4,8	21,7°C	4,6	22,3°C	4,8	22,1°C	4,6	22,6°C

Tableau III-2: Synthèse de la fermentation du *Cymbium* au jus d'ananas

Paramètres	Avant fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	7,92	8,2	7,6
Températures	25,6°C	25,8°C	25,4°C
Paramètres	Après 24 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	5,98	6,6	5,7
Températures	26,8°C	27,1°C	25,3°C
Paramètres	Après 48 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	5	5,3	4,9
Températures	23,98°C	24,3°C	23,6°C
Paramètres	Après 56 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	4,74	4,9	4,6
Températures	22,06°C	22,6°C	21,6°C

Tableau III-3: Évolution de la température et du pH au cours de la fermentation du *Cymbium* traité au jus de papaye

Étapes	Échantillon 1		Échantillon 2		Échantillon 3		Échantillon 4		Échantillon 5	
	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°
Avant fermentation	8,1	22°C	8,0	21,4°C	7,9	21,9°C	7,9	21,4°C	8,1	21,6°C
8 heures de fermentation	7,8	24°C	7,9	24,2°C	8,0	24°C	8,2	23,5°C	7,5	23,5°C
16 heures de fermentation	6,4	20,4°C	7,0	20,2°C	7,3	20,5°C	7,2	19,9°C	7,2	20,1°C
24 heures de fermentation	4,4	28,1°C	4,8	27°C	4,8	27,9°C	4,9	27,1°C	4,8	26,5°C
32 heures de fermentation	5,2	21,9°C	5,0	22,9°C	4,9	21,7°C	5,1	22,4°C	5,0	22,3°C
40 heures de fermentation	5,3	22,2°C	5,1	22,2°C	5,3	21,9°C	5,3	21,9°C	5,6	21,4°C
48 heures de fermentation	5,1	24,9°C	5,1	24,1°C	4,9	25,3°C	5,3	25,5°C	5,2	25,8°C
56 heures de fermentation	5,1	22°C	5,1	21,7°C	5,2	21,4°C	5,1	21,5°C	5,2	21,5°C

Tableau III-4: Synthèse de la fermentation du *Cymbium* au jus de papaye

Paramètres	Avant fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	8	8,1	7,9
Températures	21,6°C	22,0°C	21,4°C
Paramètres	Après 24 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	4,74	4,9	4,4
Températures	27,32°C	28,1°C	26,5°C
Paramètres	Après 48 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	5,12	5,3	5,1
Températures	25,1°C	25,8°C	24,1°C
Paramètres	Après 56 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	5,14	5,2	5,1
Températures	21,62°C	22°C	21,4°C

Tableau III-5: Évolution de la température et du pH au cours de la fermentation du *Cymbium* au naturel (sans additif)

Étapes	Échantillon 1		Échantillon 2		Échantillon 3		Échantillon 4		Échantillon 5	
	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°
Avant fermentation	7,6	21,9°C	8,1	21,8°C	7,9	21,4°C	8,0	21,5°C	8,0	21,6°C
8heures de fermentation	8,4	21°C	8,2	20,7°C	7,9	20,9°C	7,6	20,4°C	7,8	20,2°C
16 heures de fermentation	7,2	27,1°C	7,7	26,5°C	8,0	26,9°C	7,5	25,9°C	7,6	26,1°C
24 heures de fermentation	6,6	22,4°C	7,4	22,7°C	7,5	22,1°C	7,4	22,8°C	8,0	22,9°C
32 heures de fermentation	6,9	20,2°C	7,8	20,6°C	7,8	21,3°C	7,6	19,9°C	7,4	21,7°C
40 heures de fermentation	6,0	26,4°C	5,9	26,4°C	6,7	25,9°C	5,9	26,1°C	6,7	25,0°C
48 heures de fermentation	6,0	26,4°C	5,9	26,4°C	6,7	25,9°C	5,9	26,1°C	6,7	25,0°C
56 heures de fermentation	6,3	22,5°C	7,5	23,5°C	7,4	22,2°C	6,9	23,3°C	7,0	24,1°C
72 heures de fermentation	5,9	22,4°C	7,0	22,1°C	7,2	21,9°C	6,3	21,6°C	7,0	21,8°C

Tableau III-6: Synthèse de la fermentation du *Cymbium* au naturel (sans additif)

Paramètres	Avant fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	7,92	8,1	7,6
Températures	21,64°C	21,9°C	21,4°C
Paramètres	Après 24 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	7,38	8,0	6,6
Températures	22,58°C	22,9°C	22,1°C
Paramètres	Après 48 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	6,24	6,7	5,9
Températures	25,96°C	26,4°C	25,0°C
Paramètres	Après 56 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	7,02	7,5	6,3
Températures	23,12°C	23,5°C	22,2°C
Paramètres	Après 72 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	6,68	7,2	5,9
Températures	21,98°C	22,4°C	21,6°C

**Annexe IV : DONNES D'EXPERIMENTATION AU CENTRE DE TRANSFORMATION
ARTISANALE AMELIOREE DE DIONEWAR (SECHAGE)**

Tableau IV-1 : Évolution de la température et du pH au cours du séchage du *Cymbium* traité avec le jus d'ananas

Étapes	Échantillon 1		Échantillon 2		Échantillon 3		Échantillon 4		Échantillon 5	
	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°
24 heures de séchage.	5,3	24,4°C	5,5	25,1°C	5,2	24,9°C	5,1	24,9°C	5,4	24,4°C
48heures de séchage.	5,2	29,3°C	5,4	32,6°C	5,4	31,5°C	5,3	30,9°C	5,5	29,6°C
72 heures de séchage.	5,3	26,9°C	5,1	29,4°C	5,5	28,4°C	5,0	26,4°C	5,0	27,9°C
80 heures de séchage. (4jours)	5,0	36,5°C	4,8	39,1°C	5,0	36,4°C	4,9	33,9°C	4,7	36,0°C

Tableau IV-2: Évolution de la température et du pH au cours du séchage du *Cymbium* traité avec le jus de papaye

Étapes	Échantillon 1		Échantillon 2		Échantillon 3		Échantillon 4		Échantillon 5	
	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°
24 heures de séchage	6,5	24,7°C	6,7	24,3°C	6,3	23,8°C	6,3	23,3°C	6,2	23,1°C
48heures de séchage	6,6	16,1°C	6,6	17,3°C	6,5	16°C	6,3	16,3°C	6,3	16,4°C
72 heures de séchage	5,8	23,1°C	6,0	24°C	5,6	22,5°C	5,2	23,6°C	5,0	24°C
80 heures de séchage (4jours)	5,0	16,5°C	4,8	20,8°C	4,7	17,0°C	5,2	21,4°C	4,8	23,8°C

Tableau IV-3: Évolution de la température et du pH au cours du séchage du *Cymbium* au naturel (sans additif)

Étapes	Échantillon 1		Échantillon 2		Échantillon 3		Échantillon 4		Échantillon 5	
	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°
24 heures de séchage	5,9	32,1°C	7,1	30,7°C	7,0	31,9°C	7,2	31,3°C	7,1	32,2°C
48heures de séchage	5,9	29,5°C	6,8	28,5°C	6,8	34,1°C	7,0	34,2°C	6,5	30,7°C
72 heures de séchage	5,9	35,6°C	5,5	36,4°C	6,5	33,2°C	6,0	33,2°C	6,1	34,4°C

Tableau IV-4 : Liste des femmes composant le panel de dégustation des produits expérimentés à Dionewar

Prénoms et Noms	Nombre d'années d'expérience
1. AMINA NDIAYE	38 ans
2. MARIAMA THIOR	30 ans
3. SEYNABOU DIENE	28 ans
4. FATOU SIGA NDONG	27 ans
5. DIEYNABA SAKHO	25 ans
6. FATOU DIOP	25 ans
7. SALY THIARE	25 ans
8. ROKHY NDONG	25 ans
9. BINETA SARR	25 ans

Annexe V : DONNES D'EXPERIMENTATION AU LABORATOIRE (FERMENTATION)

Tableau V-1: Évolution du pH et de la température au cours de la fermentation de la chair de *Cymbium* traitée au jus de citron

Étapes	CC1		CC2		CC3		CC4		CC5		CC6	
	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°
Avant fermentation	7,78	29,1°C	7,76	29,3°C	7,71	29,2°C	7,65	29,2°C	7,25	29,3°C	7,70	30,1°C
24 H de fermentation	5,93	32,2°C	5,92	32,1°C	5,81	32,1°C	5,85	32,3°C	5,18	32,1°C	5,38	32,0°C
48 H de fermentation	4,6	32,6°C	4,3	33,0°C	4,2	33,1°C	4,0	33,0°C	4,1	32,9°C	4,1	32,5°C

Tableau V-2: Synthèse de la fermentation de la chair de *Cymbium* au jus de citron

Paramètres	Avant fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	7,64	7,78	7,25
Températures	29,37°C	30,1°C	29,1°C
Paramètres	Après 24 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	5,68	5,92	5,18
Températures	32,13°C	32,3°C	32,0°C
Paramètres	Après 48 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	4,22	4,6	4,0
Températures	32,85°C	33,1°C	32,5°C

Tableau V-3: Évolution du pH et de la température au cours de la fermentation des rebuts de *Cymbium* traités au jus de citron

Étapes	RC1		RC2		RC3		RC4		RC5		RC6	
	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°
Avant fermentation	7,38	29,2°C	7,28	28,9°C	7,2	28,4°C	6,15	29,3°C	6,27	29,82°C	6,1	30,03°C
24 H de fermentation	5,49	32°C	5,26	32°C	5,22	31,6°C	5,2	31,9°C	5,07	30,9°C	5,14	31,1°C
48 H de fermentation	4,1	32,4°C	4,2	32°C	4,3	32,1°C	4,1	32,3°C	4,2	31,4°C	4,3	32,4°C

Tableau V-4: Synthèse de la fermentation des rebuts de *Cymbium* au jus de citron

Paramètres	Avant fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	6,73	7,38	6,1
Températures	29,27°C	30,03°C	28,4°C
Paramètres	Après 24 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	5,23	5,49	5,07
Températures	31,58°C	32°C	30,9°C
Paramètres	Après 48 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	4,2	4,3	4,1
Températures	32,1°C	32,4°C	31,4°C

Tableau V-5 : Évolution du pH et de la température au cours de la fermentation de la chair de *Cymbium* traitée au vinaigre

Étapes	CV1		CV2		CV3		CV4		CV5		CV6	
	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°
Avant fermentation	7,65	29,4°C	7,63	29,2°C	7,36	29,4°C	7,48	29,4°C	7,25	29,4°C	7,13	29,7°C
24 H de fermentation	6,4	31,9°C	5,93	31,7°C	5,74	31,1°C	5,58	31,3°C	6,23	31,5°C	5,9	31,5°C
48 H de fermentation	4,5	31,7°C	4,5	32,7°C	4,5	32,1°C	4,3	32°C	4,5	31,9°C	4,3	31,9°C

Tableau V-6 : Synthèse de la fermentation de la chair de *Cymbium* au vinaigre

Paramètres	Avant fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	7,42	7,65	7,13
Températures	29,42°C	29,7°C	29,2°C
Paramètres	Après 24 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	5,96	6,4	5,58
Températures	31,5°C	31,9°C	31,1°C
Paramètres	Après 48 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	4,43	4,5	4,3
Températures	32,05°C	32,7°C	31,7°C

Tableau V-7: Évolution du pH et de la température au cours de la fermentation des rebuts de *Cymbium* traités au vinaigre

Étapes	RV1		RV2		RV3		RV4		RV5		RV6	
	pH	T°C	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°
Avant fermentation	7,38	29,3°C	7,25	29,8°C	7,45	29,3°C	7,28	29,9°C	7,66	29,3°C	7,67	29,6°C
24 H de fermentation	5,43	31,7°C	5,58	31,7°C	5,27	31,2°C	5,16	31,4°C	5,79	31°C	5,4	31,3°C
48 H de fermentation	4,3	32,1°C	4,2	31,9°C	4,1	31,2°C	4,2	31,5°C	4,3	31,5°C	4,3	31,5°C

Tableau V-8: Synthèse de la fermentation des rebuts de *Cymbium* au vinaigre

Paramètres	Avant fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	7,45	7,67	7,25
Températures	29,53°C	29,9°C	29,3°C
Paramètres	Après 24 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	5,4	5,79	5,16
Températures	31,38°C	31,7°C	31,0°C
Paramètres	Après 48 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	4,23	4,3	4,1
Températures	31,62°C	32,1°C	31,2°C

Tableau V-9 : Évolution du pH et de la température au cours de la fermentation de la chair de *Cymbium* traitée au jus d'ananas

Étapes	CA1		CA2		CA3		CA4		CA5		CA6		CA7		CA8	
	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C
Avant fermentation	7,4	29,4°	7,4	29°C	7,6	29,1°	7,9	29,1°	7,6	29,3°	7,4	29,1°	7,3	29,2°	7,4	29,4°
	8	C	9			C		C	7	C	4	C		C	4	C
24h de fermentation	6,9	31,1°	6,9	30,8°	6,9	30,5°	6,9	31,1°	6,9	30,8°	6,9	30,4°	6,9	30,5°	6,9	31,1°
	6	C	7	C	7	C	7	C	7	C	4	C	7	C	3	C
48h de fermentation	4,6	31,6°	4,5	32,2°	4,7	32,8°	4,4	32,3°	4,3	32,7°	4,3	32°C	4,2	32,4°	4,2	32°C
		C		C		C		C		C				C		

Tableau V-10 : Synthèse de la fermentation de la chair de *Cymbium* au jus d'ananas

Paramètres	Avant fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	7,54	7,9	7,3
Températures	29,2°C	29,4°C	29°C
Paramètres	Après 24 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	6,96	6,97	6,93
Températures	30,79°C	31,1°C	30,4°C
Paramètres	Après 48 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	4,4	4,7	4,2
Températures	32,25°C	32,8°C	31,6°C

Tableau V-11 : Évolution du pH et de la température au cours de la fermentation des rebuts de *Cymbium* traités au jus d'ananas

Étapes	RA1		RA2		RA3		RA4		RA5		RA6		RA7		RA8	
	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C
Avant fermentation	7,5	29,5°C	7,4	29,4°C	7,45	29°C	7,25	29°C	7,6	29,1°C	7,7	29,1°C	7,65	29°C	7,3	29,4°C
24h de fermentation	6,94	32°C	6,96	31,5°C	6,95	30,4°C	6,95	31°C	6,98	31,2°C	6,96	30,4°C	6,95	30,9°C	6,95	30,7°C
48h de fermentation	4,4	31,1°C	4,4	31,1°C	4,3	31,1°C	4,3	31,8°C	4,4	31,2°C	4,4	31°C	4,2	31,1°C	4,3	31,3°C

Tableau V-12 : Synthèse de la fermentation des rebuts de *Cymbium* au jus d'ananas

Paramètres	Avant fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	7,48	7,7	7,25
Températures	29,19°C	29,5°C	29°C
Paramètres	Après 24 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	6,95	6,98	6,94
Températures	31,01°C	32°C	30,4°C
Paramètres	Après 48 heures de fermentation		
	Moyenne arithmétique	Valeur maximale	Valeur minimale
pH	4,34	4,4	4,2
Températures	31,21°C	31,8°C	31,0°C

Annexe VI : DONNES D'EXPERIMENTATION AU LABORATOIRE (SECHAGE)

Tableau VI-1 : Évolution du pH et de la température au cours du séchage de la chair de *Cymbium* traitée au jus de citron

Étapes	CC1		CC2		CC3		CC4		CC5		CC6	
	pH	T°C	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°
24H de séchage	5,5	37,8°C	4,8	37,3°C	4,9	36,6°C	4,8	37,1°C	4,9	35,5°C	4,8	35,8°C
48H de séchage	5	37,6°C	4,6	37°C	4,7	37,7°C	4,5	37,5°C	4,5	37°C	4,7	36°C
72H de séchage	4,8	37,4°C	4,4	37,7°C	4,4	37,9°C	4,3	37,8°C	4,4	37,1°C	4,6	36,8°C

Tableau VI-2 : Évolution du pH et de la température au cours du séchage des rebuts de *Cymbium* traités au jus de citron

Étapes	RC1		RC2		RC3		RC4		RC5		RC6	
	pH	T°C	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°
24H de séchage	5,3	37,4°C	4,9	37°C	4,8	37,5°C	5	36,6°C	4,7	36,5°C	5,1	37,7°C
48H de séchage	5	37,2°C	4,6	37,5°C	4,5	37,8°C	4,7	37°C	4,5	36,8°C	4,9	37,9°C
72H de séchage	4,7	37,5°C	4,5	37,7°C	4,3	37,7°C	4,5	37,5°C	4,3	37°C	4,7	37,8°C

Tableau VI-3 : Évolution du pH et de la température au cours du séchage de la chair de *Cymbium* traitée au vinaigre

Étapes	CV1		CV2		CV3		CV4		CV5		CV6	
	pH	T°C	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°
24H de séchage	5,2	36,8°C	5,3	37°C	5	38°C	4,8	37,5°C	4,7	36,9°C	5,2	37,4°C
48H de séchage	5	37°C	4,8	37,1°C	4,7	37,6°C	4,6	37,5°C	4,4	37,2°C	5	37,6°C
72H de séchage	4,7	37,2°C	4,6	37,3°C	4,6	37,8°C	4,3	37,8°C	4,3	37°C	4,7	37,7°C

Tableau VI-4 : Évolution du pH et de la température au cours du séchage des rebuts de *Cymbium* traités au vinaigre

Étapes	RV1		RV2		RV3		RV4		RV5		RV6	
	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C
24H de séchage	5,3	36,8°C	5	36,9°C	4,7	37,2°C	4,8	37,5°C	5,2	36,9°C	5,1	37°C
48H de séchage	4,8	37°C	4,7	37,2°C	4,6	37,5°C	4,7	37,8°C	5	37°C	4,8	37,6°C
72H de séchage	4,6	37,4°C	4,4	37,6°C	4,4	37,8°C	4,4	37,6°C	4,5	37,3°C	4,4	37,5°C

Tableau VI-5 : Évolution du pH et de la température au cours du séchage de la chair de *Cymbium* traitée au jus d'ananas

Étapes	CA1		CA2		CA3		CA4		CA5		CA6		CA7		CA8	
	pH	T (°C)	pH	T (°C)	pH	T (°C)	pH	T (°C)	pH	T (°C)	pH	T (°C)	pH	T (°C)	pH	T (°C)
24H de séchage	5,6	36,8°	4,9	37°C	5,5	37,2°	4,8	36,8°	4,8	37,3°	4,7	36,7°	4,8	36,5°	5,2	37,7°
48H de séchage	5	37°C	4,5	37°C	5,1	37,6°	4,6	37°C	4,6	37,2°	4,6	37°C	4,5	36,7°	4,9	37,6°
72H de séchage	4,8	37,5°	4,3	37,4°	4,8	37,8°	4,4	37,4°	4,4	37°C	4,3	37,8°	4,3	36,7°	4,5	37°C

Tableau VI-8 : Évolution du pH et de la température au cours du séchage des rebuts de *Cymbium* traités au jus d'ananas

Étapes	RA1		RA2		RA3		RA4		RA5		RA6		RA7		RA8	
	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C	pH	T°C
24H de séchage	5,2	36,7°	5,2	37°C	4,8	36,8°	4,7	37,2°	4,9	37,7°	5,1	37,4°	4,6	36,9°	5	37,3°
48H de séchage	4,9	36,8°	4,8	37,4°	4,5	37°C	4,5	37,6°	4,7	37,7°	5,9	37°C	4,6	37,3°	4,8	37,2°
72H de séchage	4,6	37°C	4,5	37,7°	4,3	37,4°	4,3	37,8°	4,5	37,9°	4,7	37,7°	4,3	37,5°	4,5	37,6°

Annexe VII : FICHE D'EXAMEN ORGANOLEPTIQUE DU *CYMBIUM* AVANT CUISSON

		C O T A T I O N S				
		5	4	3	2	1
Peau		Peau lisse	-Peau rétrécie -Stries non distinctes	-Peau rétrécie -Stries collées entre elles mais distinctes	-Peau un peu rétrécie, mais stries toujours distinctes et séparées	-Peau bien tendre -Stries distinctes et séparées
Chair aspect externe	Texture	Chair ramollit, cède à la pression des doigts	Moins molle, la pression des doigts laisse des marques éphémères	Plus ou moins dure, résiste à la pression des doigts	Dure mais un peu humidifiée	Dure et sèche
	Odeur	Odeur de produit fermenté, mêlée à des arômes agréables	Odeur de produit fermenté pur	Odeur neutre	Odeur piquante Odeur fétide	Odeur nauséabonde
	Couleur	Marron foncé	Rougeâtre à marron clair	Grisâtre	Jaunâtre	Blanchâtre
Chair aspect interne	Consistance	Compacte et colle entre les doigts	Plus ou moins compacte et laisse suinter un liquide collant	Bien humide et non collante	Sèche et friable	Dure et pas détachable
	Odeur	Odeur de produit fermenté mêlée à des arômes agréables	Odeur de pur produit fermenté	Odeur neutre	Odeur piquante Odeur fétide	Odeur nauséabonde
	Couleur	Marron foncé	Rougeâtre à marron clair	Grisâtre	Jaunâtre	Blanchâtre

Annexe VIII : FICHE D'EXAMEN ORGANOLEPTIQUE DU *CYMBIUM* APRÈS CUISSON

		C O T A T I O N S				
		5	4	3	2	1
Chair aspect externe	Couleur	Marron foncé	Rougeâtre à marron clair	Dorée	Jaune	Blanchâtre
	Odeur	Odeur de produit fermenté mêlée à des arômes agréables	Odeur moyennement agréable	Neutre	Fétide	Nauséabonde
	Consistance	Bien tendre, se coupe facilement avec les doigts	Moins tendre, se coupe difficilement avec les doigts	Se durcissant, ne peut se couper avec les doigts (faire recours au couteau)	Dure, mais un peu humidifiée	Très dure et sèche
Chair aspect interne	Couleur	Marron foncé	Rougeâtre à marron clair	Dorée	Jaunâtre	Blanchâtre
	Odeur	Odeur agréable se traduisant par un mélange de produit fermenté et de substances aromatisées	Odeur moyennement agréable	Neutre	Fétide	Nauséabonde
	Goût	Savoureux, peut se manger seul	Moyennement agréable	Fade, impression de papier mâché	Piquant	Amer

Table des matières

LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	ix
LISTE DES ANNEXES.....	x
RESUME.....	xii
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE	3
CONTEXTE DE L'ETUDE.....	3
Chapitre I : LOCALISATION ET CARACTERISATION DU MILIEU D'ETUDE	4
Chapitre II : Caractéristiques biologiques, technico-économiques et aspects qualitatifs du Cymbium transformé.....	6
II-1 Caractéristiques biologiques	6
II-2 Production, transformation et commercialisation	9
II-2-1 Production	9
II-2-2 Transformation et Commercialisation.....	12
II-2-2-1 Transformation:.....	12
II-2-2-2 Commercialisation :	18
II-3 Aspects Qualitatifs	21
II-3-1 Valeur nutritionnelle	21
II-3-2 Qualité biochimique	23
II-3-3 Qualité microbiologique.....	23
Chapitre III : PROBLEMATIQUE, JUSTIFICATION ET OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	25
III-1 Problématique de l'étude.....	25
III-1-1 Problématique de la fermentation.....	25
III-1-2 La problématique du séchage dans nos aires de transformation	25
III-1-3 Problématique de la valorisation :	26
III-2 Justification de l'étude	28
III-3 Objectifs de l'étude	30
DEUXIEME PARTIE :	32
METHODOLOGIE DE L'ETUDE.....	32
Chapitre I : Aspects théoriques sur les mots clés, la fermentation et le séchage.	33
I-1 Aspects théoriques sur les mots clés	33
I-2 Aspects théoriques sur la fermentation et le séchage du <i>Cymbium</i>	35
▪ Le jus de citron.....	40
Chapitre II : MATERIEL ET METHODES D'ETUDE	46
II-1 Matériel d'étude	46

II-1-1	En milieu industriel, pour l'étude de proportionnalité entre les parties constitutives du <i>Cymbium</i> , nous avons :	46
II-1-2	Au site de transformation artisanale de Joal, pour le suivi des paramètres caractéristiques de la fermentation et du séchage du <i>Cymbium</i> , nous avons :	46
II-1-3	Au site de transformation artisanale améliorée de Dionewar, pour les essais sur les perspectives de valorisation du <i>Cymbium</i> transformé, on note :	47
II-1-4	Au laboratoire du C.N.F.T.P.A, pour la suite des essais sur les perspectives de valorisation du <i>Cymbium</i> transformé (fermentation à température contrôlée), on recense :	48
II-1-5	Au bureau, pour la saisie et le traitement des données recueillies :	48
II-2	Méthodes d'étude	49
II-2-1	Une recherche documentaire :	49
II-2-2	Un stage pratique de terrain	49
II-2-3	Un travail de terrain de quatre (4) mois, pour effectuer	49
TROISIEME PARTIE :		53
RESULTATS ET DISCUSSIONS		53
Chapitre I : Présentation des résultats		54
I-1	Résultats obtenus lors du suivi des paramètres de transformation artisanale du <i>Cymbium</i> à Joal	54
I-1-1	Évolution du pH et de la température au cours de la transformation artisanale du <i>Cymbium</i>	54
I-1-2	Évolution du séchage du <i>Cymbium</i> au site de transformation artisanale de Joal	56
I-1-3	Étude des rendements du <i>Cymbium</i> fermenté-séché au site de transformation artisanale de Joal	58
I-2	Essais sur les perspectives de valorisation du produit transformé	59
1-2-1	Connaissance technologique de la matière première <i>Cymbium</i> cru	59
1-2-1-1	Étude de proportionnalité entre les principales parties constitutives du <i>Cymbium</i> dépourvu de sa coquille	59
1-2-1-2	Détermination de la valeur nutritionnelle de la chair du <i>Cymbium</i> cru	60
I-2-2	Amélioration de la qualité organoleptique du produit transformé	61
I-2-2-1	Expérimentation sur site à DIONEWAR	61
I-2-2-2	Expérimentation au laboratoire	68
Chapitre II Discussions des résultats		79
II-1	Suivi de la transformation artisanale du <i>Cymbium</i> à Joal	79
II-1-1	Évolution du pH et de la température au cours de la transformation artisanale du <i>Cymbium</i> à Joal	79
II-1-2	Évolution du séchage	80
II-1-3	Étude des rendements du <i>Cymbium</i> transformé au site de Joal	82
II-2	Essais sur les perspectives de valorisation du produit fini	82

II-2-1	Étude de proportionnalité entre les principales parties du Cymbium	82
II-2-2	Amélioration de la qualité organoleptique du produit transformé artisanalement 83	
II-2-2-1	Évolution du pH et de la température au cours de la fermentation.....	83
II-2-2-2	Évolution du pH et de la température au cours du séchage	85
II-2-2-4	Analyses organoleptiques	87
II-2-2-5	Analyses biochimiques et microbiologiques	91
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS		93
CONCLUSION		94
RECOMMANDATIONS.....		96
BIBLIOGRAPHIE		97
ANNEXES		99