

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلم
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة مولود معمري
Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques
Département d'Agronomie

MÉMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Agronomiques
Option : Productions Végétales

THÈME

**Caractérisation morphologique de l'artichaut mis en
vente à Tizi Ouzou possibilité de valorisation de l'un
de ses sous-produits.**

Présenté par :

ANBER *Hadjila*
BELKACEMI *Nadia*

Devant le Jury :

<i>Mme CHERIFI KOURABA F.</i>	<i>Présidente</i>	<i>MAA</i>	<i>UMMTO</i>
<i>Mr SADOUDI R.</i>	<i>Examineur</i>	<i>MCA</i>	<i>UMMTO</i>
<i>Mme LAHMISSI A.</i>	<i>Promotrice</i>	<i>MCB</i>	<i>UMMTO</i>
<i>Mme SLAMANI R.</i>	<i>Co-Promotrice</i>	<i>MRB</i>	<i>INRAA</i>

2022/2023

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience pour réaliser ce modeste travail.

Nous souhaitons d'abord remercier notre promotrice, Mme Lahmissi Amina Maitre de Conférences B à l'U.M.M.T.O, pour son aide à tout moment, sa bien vaillance, son encouragement et ses conseils précieux.

Notre co-promotrice Mme Slamani Rosa, Maitre de Recherche B à l'INRAA, d'avoir accepter de nous Codiriger, pour son attention, aide à toute instant sur nos travaux, pour ses conseils avisés et son écoute qui ont été prépondérants pour la bonne réussite de ce travail. On la remercie aussi d'avoir partagé ces connaissances avec nous, son énergie et sa confiance ont été des éléments moteurs pour nous.


On tient également à exprimer nos sincères remerciements à Mme Cherifi, Kouraba MAA à l'UMMTO, d'avoir accepté de présider ce travail.

Nous remercions M Sadoudi R., MCA à l'UMMTO, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous sommes extrêmement reconnaissantes pour Mr Chafa Mohamed Ouamar , sa fille chafa Karima pour leurs chaleureux accueille au niveaux de leurs fromageries, et d'avoir fait part de leurs savoir-faire.

Nos profondes gratitudes au personnel du ministère national de l'agriculture et le développement rural, aux employés de la DSA, à l'ingénieur de labo commun de l'université UMMTO et a l'agriculteur Mr Fodil Mustapha de Relizane.

Nos remerciements sont adressés aussi à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



Je dédie ce modeste travail particulièrement à mes chers parents, qui ont consacré leurs existences à bâtir la mienne, pour leurs soutien, patience et tendresse et d'affection pour tout ce qu'ils ont fait pour que je puisse arriver à ce stade.

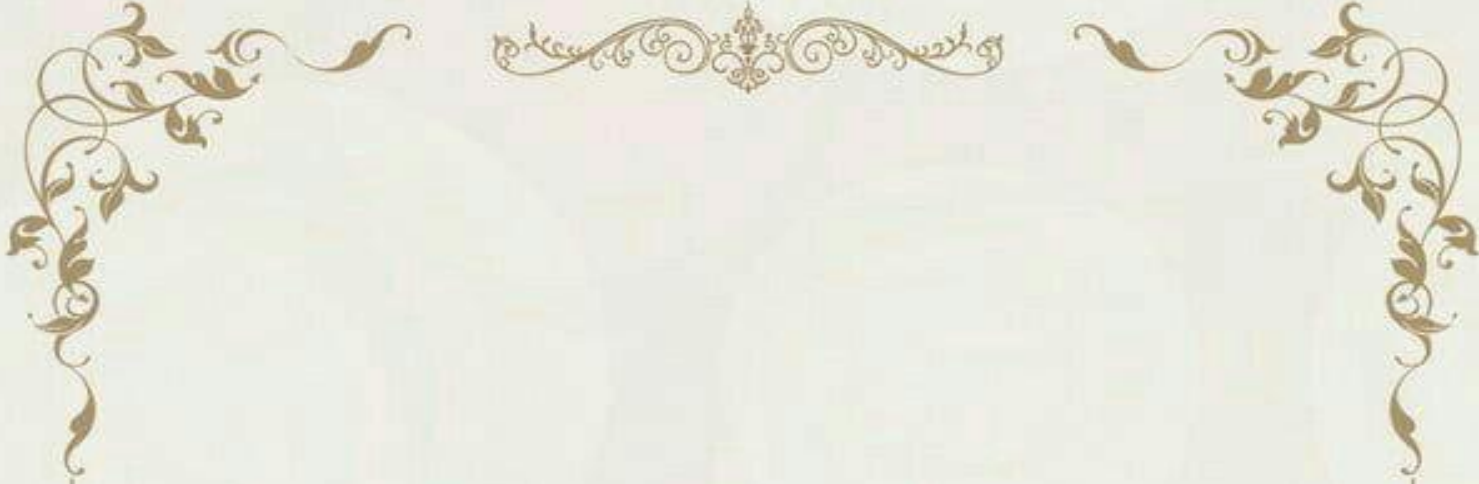
A mes chers grands parents, qui me comblent d'amours et de prières de bonté.

A mes deux frères tarek et Rayane qui mont aider et soutenu.

A mes très chères oncles, et meilleurs amis Hassina et Lycia .

A ma binôme ANBER Hadjila.





Je dédie ce mémoire à mes chers parents

*Qui ont été toujours à mes côtés et m'ont toujours soutenu tout au long de ces
longues années d'études.*

*En signe de reconnaissance, qu'ils trouvent ici, l'expression de ma profonde
gratitude pour tout ce qu'ils ont consenti d'efforts et de moyens pour me voir
réussir dans mes études.*

*A mes chères sœurs Karima, Hassina et Lydia. A mon très cher frère
Belkacem*

A ma grand-mère, source d'espoir

A ma binôme Nadia

A tous ceux qui ont cru en moi



RESUME

L'artichaut, *Cynara scolymus* L., est une plante en rosette pérenne qui émet une fois par an des fleurs allogames. Cultivé et consommé comme légume dans les régions méditerranéennes, la partie comestible est le réceptacle floral avec une partie du pédoncule. Les fleurs d'artichaut sont utilisées en médecine traditionnelle pour leurs vertus curatives et leurs propriétés antioxydantes et antimicrobiennes. L'Algérie est le deuxième producteur de l'artichaut en Afrique après l'Égypte et le quatrième dans le monde après l'Italie, l'Égypte et l'Espagne. De ce fait, la valorisation de cette culture et ses sous-produits s'avère indispensable. C'est pourquoi, une enquête est menée dans la wilaya de Tizi Ouzou, pour connaître la situation de cette culture, sa commercialisation et la consommation de ce légume. Une étude est réalisée dans le but d'identifier les variétés existantes dans la wilaya par le biais d'une caractérisation morphologique et biochimique. Un essai de valorisation de l'un des sous-produits de l'artichaut est aussi réalisé. Il a permis de montrer le pouvoir coagulant d'un extrait protéolytique testé en production du camembert dans une fromagerie à la wilaya de Tizi-Ouzou.

Mots clés : artichaut, inflorescence, étude morphologique et biochimique, protéases, fromagerie

SUMMARY

The artichoke, *Cynara scolymus* L., is a perennial rosette plant that produces cross-pollinating flowers. It is grown and eaten as a vegetable in Mediterranean regions, The edible part is the floral receptacle with part of the stalk. Artichoke are used in traditional medicine for their healing properties and their antioxidant and antimicrobial properties. Algeria is the second largest producer of artichoke in Africa after Egypt, and fourth in the world after Italy, Egypt and Spain. As a result, it is vital to develop this crop and its by-products. for this reason, a survey is being carried out in the wilaya of Tizi-Ouzou, to the situation of this crop, and the marketing and consumption of this vegetable. A study is being carried out to identify the existing varieties in the wilaya through morphological and biochemical characterisation. A trial to exploit one of the artichoke's by-products. It demonstrated the coagulating power of a proteolytic extract tested in Camembert production in a cheese dairy in the in the wilaya of Tizi-Ouzou.

Key words: artichoke, inflorescence, morphological and biochemical study, proteases, cheese dairy

الملخص

الخرشوف *Cynara scolymus* L هو نبتة الورد الدائمة التي تنتج الأزهار المتقاطعة. يُزرع ويُؤكل كالخضروات في مناطق البحر الابيض المتوسط، والجزء القابل للأكل هو الوعاء الزهري الذي يحتوي على جزء من الساق. وتستخدم هذه الخراطيش في الطب التقليدي من أجل خصائصها العلاجية وخواصها المضادة للأكسدة والمضادة للجراثيم. الجزائر هي ثاني أكبر منتج للخرشوف في أفريقيا بعد مصر، ورابع في العالم بعد إيطاليا ومصر وإسبانيا. ونتيجة لذلك، من الحيوي تطوير هذا المحصول ومنتجاته الثانوية. ولهذا السبب، تجري دراسة استقصائية في ولاية تيزي وزو عن حالة هذا المحصول وتسويق هذه الخضراوات واستهلاكها. ويجري الاضطلاع بدراسة لتحديد الأنواع الموجودة في الولاية من خلال الخصائص المورفولوجية والكيمائية الحيوية. تجربة لاستغلال أحد المنتجات الثانوية للخرشوف وقد برهنت على قوة التخثير لمستخلص متحلل بروتيني تم اختباره في إنتاج كامو مبير في مصنع للجبن بولاية تيزي وزو.

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 1

Partie I. Synthèse bibliographique 4

1. Présentation de l'artichaut	4
1.1. Origine et domestication	4
1.2. Aspect botanique de l'artichaut	4
1.3. Classification	6
1.4. Variétés d'artichaut	7
1.4.1. Les blancs	7
1.4.2. Les violets	9
1.5. Contexte économique	11
1.5.1. Dans le monde	11
1.5.2. En Algérie	12
1.5.2.1. Importation et exportation de l'artichaut	14
1.6. Technique de production	16
1.6.1. Cycle de production	16
1.6.2. Exigence de la culture	17
1.7. Contexte pédologique	18
1.7.1. Plantation	18
1.7.2. Rotation	19
1.7.3. Association	19
1.7.4. Arrosage	19
1.7.5. Entretien de la culture	19
1.7.6. Récolte	19
1.8. Multiplication	20
1.8.1. Semis	20
1.8.2. Œilleton	21
1.9. Les Maladies et Ravageurs	21

1.10. Propriétés de l'artichaut	24
1.10.1. Composés actifs.....	24
1.10.2. Propriétés et vertus	25
1.10.3. Utilisation thérapeutique	25
1.10.4. Autres utilisations.....	25
2. Valorisation de la fleur de l'artichaut	26
2.1.Description de la fleur d'artichaut	26
2.2. La protéase végétale de la fleur de l'artichaut.....	27
2.3.Localisation de la protéase de la fleur de l'artichaut.....	27
2.4. Action des protéases sur les caséines	28

Partie II Matériel et méthodes

1. Lieu de la réalisation de l'expérimentation	31
2. Matériel végétale	32
2.1.Etude de marché	33
2.1.1. Choix des marches de vente	33
2.1.2. Echantillonnage	33
2.1.3. Caractérisation morphologique	34
A. Aspect générale de la tête d'artichaut	34
B. Caractérisation biométrique des têtes d'artichaut	34
C. Coupe longitudinale	35
D. Caractérisation de la partie consommée.....	35
2.1.4. Dosage de la teneur en minéraux des capitules et des bractées	35
2.1.4.1. Mode opératoire	35
2.2. Enquête sur la consommation	36
3. Application de l'extrait de la fleur d'artichaut en fabrication de Camembert	37
3.1.Extraction de la protéase de fleur d'artichaut.....	37
3.2.Caractérisation du pouvoir coagulant de l'extrait de la fleur d'artichaut	39
3.2.1. Mesure du temps de coagulation (CT)	39
3.2.2. Calcule de l'activité coagulante (AC)	39
3.2.3. Calcul de la force de coagulation	39
3.2.4. Mesure du rendement d'extraction	40
3.3. Essai de fabrication de fromage Camembert.....	40
3.3.1. Diagramme de fabrication du Camembert	40

3.3.2. Etapes de réalisation de l'essai fromager	42
3.3.3. Evolution de l'impact du coagulant végétal sur la transformation fromagère	44
a. Analyses physico-chimiques du lait, du lactosérum et du fromage	44
b. Bilan de fabrication	44
c. Rendement fromager et coefficients de récupération.....	44
4. Analyse sensorielle.....	45

Partie III Résultat et discussions

I. Etude du marché dans la wilaya de Tizi Ouzou.....	47
1. Culture de l'artichaut.....	47
2. Caractérisation des variétés d'artichaut commercialisées à Tizi Ouzou	48
2.1.Caractérisation morphologique	48
2.2.Teneur en minéraux	57
2.3.Enquête sur la consommation	54
II. Valorisation de l'extrait coagulant de la fleur d'artichaut en fabrication fromagère..	55
1. Caractérisation du pouvoir coagulant de l'extrait aqueux de la fleur d'artichaut	55
2. Evaluation de l'impact du coagulant végétal sur la transformation du lait en fromage Camembert	56
2.1.Caractérisation physico-chimique du lait	56
2.2. Essais de fabrication de fromage	57
2.2.1. Caractérisation physico-chimique des caillés et lactosérums.....	57
2.2.2. Bilan matière et rendement fromager.....	58
3. Analyse sensorielle.....	60
Conclusion.....	62

Reference bibliographiques

Liste des figures

Figure 1. Morphologie de l'artichaut	5
Figure 2. Gros camus de Bretagne.....	7
Figure 3. Le gros vert de Laon	8
Figure 4. Blanc d'hyères.....	8
Figure 5. Blanc d'Oran	8
Figure 6. Le Macau.....	8
Figure 7. Le violet de Provence.....	9
Figure 8. L'épineux.....	9
Figure 9. Le salambo.....	9
Figure 10. Le vert de provence.....	10
Figure 11. Violet d'Alger	10
Figure 12. Carte de la production mondiale de l'artichaut (en tonne) pour l'année 2022.....	12
Figure 13. Zones de production (en quintaux) d'artichaut en Algérie.....	13
Figure 14. Cycle de croissance de la plante d'artichaut multipliée végétativement	17
Figure 15. Photos des différents stades de germination de l'Artichaut	21
Figure 16. Schéma de formation des œilletons sur un pied d'artichaut ayant produit l'année précédente.....	21
Figure 17. La fleur d'artichaut	26
Figure 18. Schéma récapitulatif du mécanisme de coagulation enzymatique.....	29
Figure 19. Zone d'étude. Localisation des trois marchés (les 2000 Logement nouvelle ville, alma béni Zmenzer daïra béni douala et Boughni)	32
Figure 20. Mètre ruban et balance électronique.....	33
Figure 21. Dessin de tête d'artichaut.....	34
Figure 22. Détermination de la teneur en cendres des échantillons d'artichaut	36
Figure 23. Blender utilisé pour broyer les pétales et les pistils des fleurs d'artichaut.....	37
Figure 24. Balance de précision.....	37
Figure 25. Macération du broyat.....	37
Figure 26. Filtration de la macération à l'aide d'une passoire	38
Figure 27. Centrifugation du filtrat (extrait coagulant brut)	38
Figure 28. Filtration après centrifugation.....	41

Figure 29. Diagramme de fabrication du fromage à pâte molle « Camembert ».....	41
Figure 30. Les différentes étapes de l'essai fromager avec l'extrait coagulant de la fleur de l'artichaut	43
Figure 31. Opération de l'emballage	43
Figure 32. Artichaut commercialiser le 20/03/2023.Sur le marché les 2000 logements.....	49
Figure 33. Artichaut commercialiser le 26/ 03/2023 sur le marché d'alma (Beni Zmenzer). 49	

Liste des tableaux

Tableau 1. Classification de l'artichaut	6
Tableau 2. Production, Rendement et superficie récoltées d'artichaut dans les principaux pays producteurs d'artichaut dans le monde pour l'année 2022	11
Tableau 3. Les principales wilayas, productrices d'artichaut, classées par ordre décroissant selon la production	12
Tableau 4. Production, rendement et superficie récoltés d'artichaut en Algérie de 2015 à 2021.....	14
Tableau 5. Importation de l'artichaut par l'Algérie.....	14
Tableau 6. Exportation de l'artichaut par l'Algérie.....	15
Tableau 7. Les principaux maladies et ravageurs de l'artichaut	22
Tableau 8. Critère descriptif du fromage	46
Tableau 9. Culture d'artichaut dans la région de Tizi Ouzou.....	47
Tableau 10. Superficie et production des cultures maraichère dans la wilaya de Tizi Ouzou	48
Tableau 11. Caractérisation morphologique de la variété Opale	50
Tableau 12. Caractérisation morphologique de variété violet d'Alger.....	51
Tableau 13. Caractérisation morphologique de la variété Romanesco	52
Tableau 14. Teneur en minéraux de différentes parties de la tête d'artichaut	54
Tableau 15. La quantité (g) d'artichaut consommée par personne durant la semaine	55
Tableau 16. Caractérisation physico-chimique du lait de vache.....	57
Tableau 17. Caractérisation physico-chimique des caillée et lactosérums.....	58
Tableau 18. Bilan et répartition des constituants laitiers à l'issus des 02 fabrications indépendantes	59
Tableau 19. Rendements de fabrication, coefficients de récupération des constituants laitiers, HFD et G/S les données sont présentées indépendamment pour chaque fabrication	59
Tableau 20. Résultat des Critères descriptifs du fromage	60

Liste des abréviations

AFP. Agence France-Presse

AOC. Appellations d'origine contrôlée.

APG. Angiosperme phylogénie group.

CMP. Casino-Marco-peptide.

DZD. Unité monétaire de l'Algérie.

EST. Extrait sec total.

FAO. Food and Agriculture Organization.

ITCMI. Institut technique des cultures maraichères et industrielles.

MAT. Matière azote totale

MCU. Unité Internationale de coagulation du lait.

MP. Moyenne en protéine.

RS. Force de la présure.

INTRODUCTION

Introduction

On désigne sous le nom d'artichaut à la fois la plante entière et sa partie comestible, l'inflorescence en capitule, appelée aussi *tête d'artichaut*, ce qui en fait un légume-fleur appartenant à la famille des astéracées. C'est l'une des plus vastes familles du monde végétale, classée deuxième plus grande famille de plantes avec plus de 23000 espèces et c'est également l'une des plus évoluées. Les plantes de cette famille, sont caractérisées par des fleurs groupées en capitule qui est composé d'un réceptacle portant les fleurs entourées de bractées dont l'ensemble forme l'involucre. (Achika et Arthur, 2014)

L'artichaut, *Cynara scolymus* L., est une plante en rosette pérenne qui émet une fois par an des fleurs allogames (Pitrat et al, 2003). Cultivé et consommé comme légume dans les régions méditerranéennes, la partie comestible est le réceptacle floral avec une partie du pédoncule (Frantianni et Tucci, 2007). Les fleurs d'artichaut sont utilisées en médecine traditionnelle pour leurs vertus curatives et leurs propriétés antioxydantes et antimicrobiennes (Gil et Ferrers, 2008).

En outre de la valeur nutritive importante de l'artichaut, les fleurs contiennent dans leurs pistils des protéases capables de coaguler le lait, propriété catalytique similaire à celle de la chymosine (Petropulas et al., 2019).

Le terme protéase désigne toute enzyme capable de dégrader la liaison peptidique reliant deux acides aminés d'une protéine (Domsalla et Melzig, 2008). Cette protéase est employée en fabrication fromagère grâce à cette propriété. La présure de veau a longtemps été l'enzyme utilisée à cette fin, mais cette pratique est mise en cause par les régimes alimentaires tels que le lacto-végétarisme et les restrictions religieuses (cashere et halal) (Mark, 2021).

Le fromage selon la norme codex, est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi dure, dure ou extra dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéine de lactosérum, caséine ne dépasse pas celui de lait. On obtient le fromage par coagulation complète du lait grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés, et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation (Vingola, 2002).

La production mondiale d'artichaut est en moyenne de 1,3 million de tonnes par an, concentrée pour 90%, dans les pays circumméditerranéens.

L'Algérie est le deuxième producteur de l'artichaut en Afrique après l'Égypte, et le quatrième dans le monde après l'Italie, l'Égypte et l'Espagne (Tabet, 2023).

De ce fait la valorisation de cette culture et ses sous-produits s'avère indispensables dans notre pays.

Dans ce cadre, et dans l'objectif de connaître la situation de la culture d'artichaut dans la wilaya de Tizi Ouzou, nous avons mené une enquête sur la culture, la consommation et la commercialisation de l'artichaut dans cette wilaya en exploitant les données du ministère de l'agriculture (MADR), de la direction des services agricoles (DSA) et du marché de plusieurs régions de la wilaya.

Puis nous avons procédé à l'identification et la caractérisation morphologique des variétés commercialisées dans la wilaya.

Et à la fin, nous avons essayé de valoriser l'un des sous-produits de l'artichaut pour fabriquer un fromage du type camembert dans une fromagerie située à béni Zmenzer dans la wilaya de Tizi Ouzou.

Après une synthèse bibliographique sur les aspects se rapportant à notre étude, nous présenterons la partie matériel et méthodes, puis les résultats et discussions, et nous terminerons par une conclusion générale entreprenant les résultats essentiels tout en indiquant les perspectives de notre travail.

CHAPITRE I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Présentation de l'artichaut

1.1. Origine et domestication

L'artichaut qui est une plante comestible, est probablement la forme cultivée et améliorée du chardon ou du cardon (*Cynara cardunculus*). A l'origine, la plante se trouve dans la partie septentrionale de l'Afrique. Pour Littré (dictionnaire de la langue française), artichaut vient de l'arabe ardaï : terre et choki : épine (**Jean-Noël, 2014**). La domestication a eu lieu en Tunisie et /ou au sud de l'Espagne. Le 1^{er} témoignage de l'intérêt du capitule d'artichaut date de la columelle (agriculture romain) au 1^{er} siècle après J-C. Après une Eclipse de plusieurs siècles, on doit sa venue aux arabes d'Andalousie. L'artichaut a été introduit en France assez tardivement, au début du XVI^e siècle, peut-être à l'occasion des guerres d'Italie. Les deux modes de multiplication, semis et bouturage ont d'abord été tous les deux utilisés, puis le semis été abandonné progressivement à partir du XVII^e siècle. De combles en 1752, dans son ouvrage « l'école du jardin potager », indique Cinque variétés « le Blanc », « le Violet », « le Rouge », « le Vert » et « le Sucre de Gènes ».

Les peuples méditerranéens l'ont transporté dans de nombreux pays au climat proche du climat méditerranéen (nord de l'Argentine, Californie) en raison des exigences de la plante. (**Doré et Varoquaux, 2006**).

Selon **Ibn el Awam** 1865, l'artichaut débarque en Algérie vers la fin du XVI^e siècle, en provenance des jardins d'Andalousie, mais n'intéresse pas les agriculteurs algériens par contre fait la passion des agriculteurs spéculatifs coloniaux qui le développeront au début du XX^e siècle pour l'exportation en primeur vers la métropole, notamment pour les variétés gros vert (Mitidja) et le violet de Provence (Sig, Mohammedia, Sidi bel-Abbes, Annaba).

1.2. Aspect botanique de l'artichaut

Selon **Goetz et Jeune (2007)** et **Pitrate et Foury, (2003)** l'artichaut (fig.1) est une plante vivace caractérisée par :

- **Une partie souterraine** constituée par un gros rhizome pourvu d'un puissant système racinaire profond (90-120cm ou 3à 4 pieds).
- **Une partie aérienne composée de**
 - Une tige qui apparaît généralement à la deuxième année dressée, canulée, ramifiée qui peut atteindre jusqu'à 2m de haut (6,6 pieds).

- Feuilles qui sont grandes, larges, vert-grisâtre et profondément découpées durant la première année de culture. La nervure est très saillante, non épineuse, blanchâtre et tomenteuses (sous forme de duvet) sur la face inférieure. Celles-ci poussent sur des tiges courtes atteignant 1m de longueur. Au cours de la deuxième année, ces feuilles apparaissent presque entières, plus petites et sessiles sur la partie supérieure des tiges.
- Fleurs qui sont hermaphrodites et apparaissant généralement à la deuxième année au stade de floraison. Elles sont de 8-15 cm de diamètre, violettes, entourées de bractées ovales
- Fruits ou Graines qui sont des akènes ovoïdes comprimés latéralement, Leurs dimensions sont de 6 à 8 mm de long et de 3 à 4 mm de large.

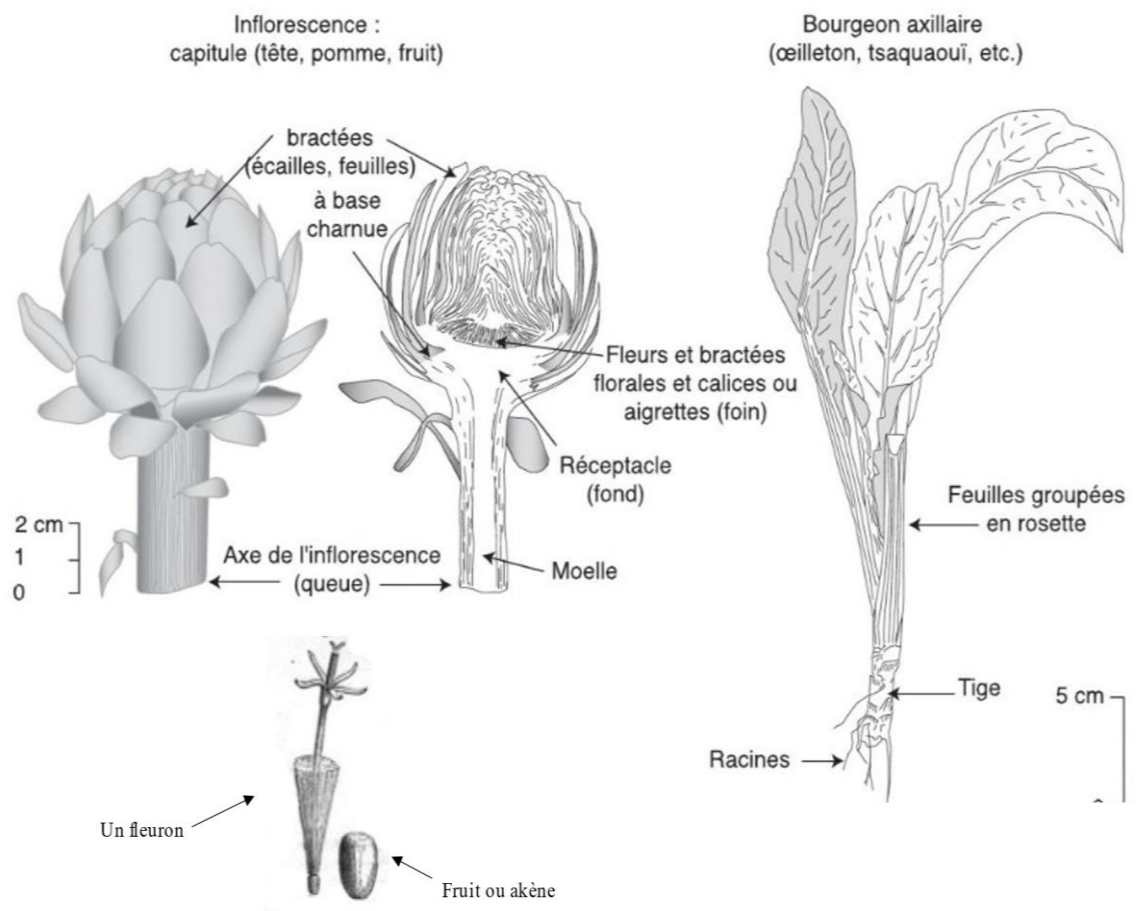


Figure 1. Morphologie de l'artichaut (Pitrato et Foury, 2003)

1.3. Classification

Le nom scientifique de l'artichaut *Cynara scolymus* L. fait référence soit à la plante entière, y compris l'inflorescence capitulaire ou à la tête florale comestible. Son nom botanique dérive du Latin *cinis* ou *cineris*, en raison de la traditionnelle utilisation de ses cendres comme engrais, et du grec *Skolymos*, qui signifie «chardon» et ce, par rapport aux épines situées dans les bractées, entourant l'inflorescence dans la partie comestible de la plante (**Frutos et al, 2019**). La principale différence entre la classification de Cronquist et APG réside dans leur approche de classification. Cronquist se concentre sur les caractéristiques morphologiques visibles, tandis que l'APG incorpore des données moléculaires et génétiques pour établir des relations évolutives plus précises entre les plantes (**Simpson, 2010**).

Tableau 1. Classification de l'artichaut. (**Omnibota, 2023**)

Classification Cronquist		APG classification	
Domaine	Eucaryotes	Uni	Plantae
Uni	Plantae	Clade	Eudicots
Division	Angiosperme	Clade	Asteriods
Classe	Magnoliopsida	Clade	Euasteridi II
Ordre	Asterales	Ordre	Asterales
Famille	Asteraceae	Famille	Asteraceae
Sous-famille	Cichorioideae	Sous-famille	Carduoideae
Tribu	Cynarae	Tribu	Cynareae
Subtribu	Echinopsidinae	Subtribu	Carduinae
Espèce	<i>C. scolymus</i>		
Nom binomial			
<i>Cynara scolymus</i> L., 1753			

Synonymes

- *Cynara hortensis* Mill. 1768.
- *Cynara esculenta* Salisb, 1796.
- *Cynara cardunculus* subsp. *scolymus* L. Hegi, 1928.
- *Cynara cardunculus* var. *sativa*. Moris 1840-1843.
- *Cynara scolymus* var. *mutica*. Vis., 1847.
- *Cynara cardunculus* var. *scolymus* L. Fleurs 1904.

1.4. Variétés d'artichaut

Deux catégories d'artichauts sont distinguées : le blanc et le violet.

1.4.1. Les blancs

- Le '**Gros camus de Bretagne**' (Variété tardive) (fig. 2) est le plus gros des artichauts. Très répandu dans l'ouest de la France. Il a des feuilles mates de couleur gris-vert en forme d'écailles qui forment une boule volumineuse et a un goût raffiné. Son cœur est particulièrement fondant. Début de production : mi-mars (**Christ, 2020**)



Figure 2. Gros camus de Bretagne (**Christ, 2020**)

- '**Le castel**' c'est une variété proche du camus, duquel il dérive par croisement. Il est obtenu dans les années 1980 ; il conserve mieux son aspect et sa couleur en grande distribution. (**Brand,2008**).

- Le '**Gros vert de Laon**' (fig.3) très gros capitule de couleur vert brunâtre, et des feuilles pointues. Cet artichaut tardif résiste bien au froid. Ses petits capitules lui valent le surnom de « tête de chat ». Début de production : début avril (**Brand, 2008 et Christ, 2020**)



Figure3. Le gros vert de Laon (**Christ, 2020**)

- **Blanc d'Hyères** (fig.4) Variété très tardive et productive. Gros capitules arrondis de couleur vert clair. Arrive au stade production à la fin mars-début avril (**Christ, 2020**).



Figure 4. Blanc d'hyères (**Christ, 2020**).

- **Blanc d'Oran** ou quarantin (fig.5) Variété originaire d'Espagne (Blanc d'Espagne ou **Tudela**). De texture très craquante. Il est légèrement amer, très savoureux et juteux. Capitules de couleur vert clair, petits, arrondis, fermes et dont les bractées sont bien serrées. Résiste à la sécheresse, productive et très précoce. Début de production : fin octobre (**Christ, 2020**).



Figure 5. Blanc d'Oran (**Christ, 2020**)

- **Le 'Macau'** (fig.6) Il a la même qualité gustative. Cette variété se différencie par son feuillage plus clair. Il a une grosse tête avec des écailles charnues. (**Christ, 2020**).



Figure 6. Le Macau (**christ, 2020**)

- **Le 'Vert globe'** cet artichaut est une variété rustique de taille moyenne résistante au froid. Il est excellent cru et cuit.

1.4.2. Les violets

- Le **‘Violet de Provence’** (fig.7) Cette variété a des petites têtes violettes et très fournies. Sa culture se fait en région méditerranéenne. Elle est souvent vendue sur les marchés sous le nom d’artichaut bouquet. On peut la consommer crue ou cuite.



Figure 7. Le violet de Provence (Christ, 2020).

- L’**‘Épineux’** (fig.8) pour les palais délicats, est produit en Italie et dans la région niçoise. Il doit son nom, paradoxal pour une variété tendre, à l’extrémité épineuse de ses bractées. (Christ, 2020)



Figure 8. L’épineux (Christ, 2020)

- Le **‘Salambo’** (fig.9) variété goûteuse produite dans le Roussillon, et réservée aux régions les plus généreuses en soleil. (Christ., 2020).



Figure 9. Le Salambo (Christ, 2020).

- Le ‘Vert de Provence’ (fig.10) variété très cultivée dans le Midi, peut se manger crue, à la poivrade **Christ, 2020**).



Figure 10. Le vert de Provence. (**Christ, 2020**).

- **Violet d’Hyères (ou le bouquet)** C’est la variété la plus précoce. De taille moyenne, le capitule est à forme ovale avec des bractées serrées qui ne s’ouvrent que lorsque sa pleine maturité est atteinte : le capitule a un très bel aspect. (**Baru et Chevalier, 2008**.)
- **Violet d’Alger** (fig.11) C’est probablement le violet d’Hyères acclimaté en Algérie. La forme du capitule est ovale, teinte violette avec des bractées ouvertes et assez épineuses, variété plus productive que le Quarantin, mais moins précoce. Début de production : fin novembre. (**Baru et Chevalier, 2008**).



Figure 11. Violet d’Alger (**Baru et Chevalier, 2008**.)

- **Le violet du Gapeau** Capitule plus gros avec une forme très allongée et pointue, production groupée mais très faible, précocité moins grande. (Barut et Chevalier, 2008 ; Christ 2020).

1.5 Contexte économique

1.5.1. Dans le monde

Selon la FAO stat 2023, la production mondiale d'artichaut est d'environ 1,4 million de tonnes pour l'année 2021, concentrée pour 90%, dans les pays méditerranéens, le reste est répartie dans les pays qui ont les conditions climatiques proche de celle de la méditerrané.

L'Italie est le plus grand producteur mondial, elle représente 26% de la production mondiale avec 376280 tonnes de production, suivie par l'Egypte 21% avec 315407,39 tonnes, en 3^{ème} position on retrouve l'Espagne avec 15% avec 214560 tonnes, en 4^{ème} position on retrouve l'Algérie avec 120932 tonnes et en 5^{ème} on retrouve le Pérou avec une production de 99518,44 tonnes. Les principaux pays producteurs d'artichaut dans le monde sont classés par ordre décroissant selon la production (tableau 2) et représenté dans une carte géographique (fig.12)

Tableau 2. Production, rendement et superficie récoltées d'artichaut dans les principaux pays producteurs d'artichaut dans le monde pour l'année 2022 (FAO stat, 2023).

Pays	Superficie récoltée (ha)	Rendement (Kg /ha)	Production quantité (tonne)
Italie	38450	97862.00	376280.00
Égypte	1714	184004.00	315407.93
Espagne	14800	144973.00	214560.00
Algérie	5656	213831.00	120932.00
Pérou	6192	160721.00	99518.44
Argentine	1798	197895.00	35574.73

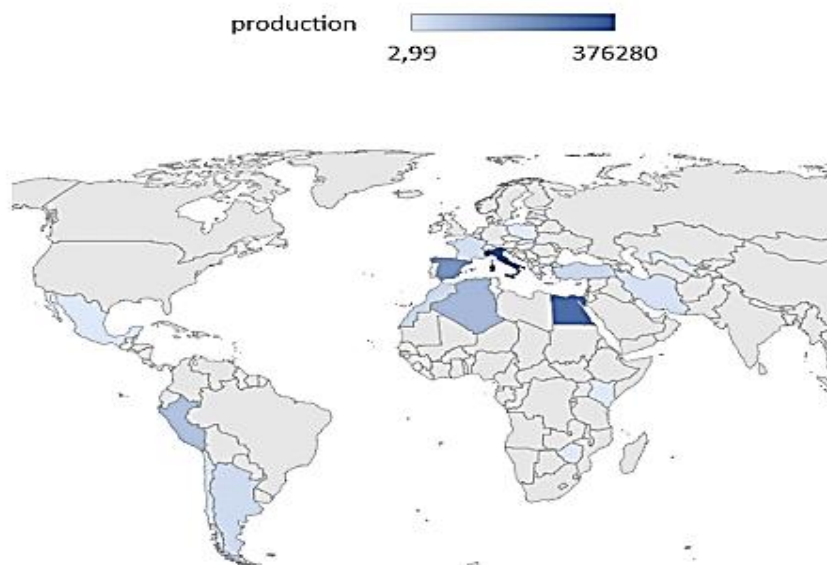


Figure 12. Carte de la production mondiale de l’artichaut (en tonnes) pour l’année 2022 (FAO stat, 2021).

1.5.2. En Algérie

Selon la FAO stat 2023 et le Ministère de l’Agriculture et du développement rurale 2023, L’Algérie occupe la 4^{ème} place dans la production mondiale d’artichaut et la 2^{ème} en Afrique après l’Egypte avec une production de 1209315 tonnes pour une superficie récoltée de 5656 ha et dont le rendement s’élève à 213,8qx/ha.

Les variétés d’artichaut les plus cultivées en Algérie sont : le violet de Provence, le violet d’Hyères et le blanc d’Hyères (ITCMI, 2022).

Les superficies agricoles destinées à la culture d’artichaut sont réparties dans plusieurs wilayas (tableau 3) et représenté dans une carte géographique (fig.13)

Tableaux 3. Les principales wilayas, productrices d’artichaut, classées par ordre décroissant selon la production (MADR, 2021)

Wilaya	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx /ha)
Relizane	3 726	686 290	184,2
Chlef	605	270 000	446,3
Tipaza	249	64 435	258,8

Mostaganem	290	62 500	215,5
Bblida	250	33 880	135,5
Aine defla	169	32 640	193,7
El tarf	79	14 790	188,4
S.B. Abbas	48	11 760	245,0

Relizane est classée première wilaya productrice de l'artichaut en Algérie, elle représente 57% de la production nationale avec 686 29qx de production pour l'année 2021, suivie de Chlef 23% de la production nationale avec 270 000qx, en 3^{ème} position, la wilaya de Tipaza, en suite Mostaganem et en cinquième position, la wilaya de Blida.



Figure 13. Zones de production (en quintaux) d'artichaut en Algérie (MADR, 2021).

Selon le MADR, 2021) la culture d'artichaut en Algérie a connu une évolution traduite par une augmentation, à la fois, des superficies, de la production et du rendement depuis l'année 2015 jusqu'à 2020 et une diminution de 58 307qx pour 2021.

Tableau 4. Production, rendement et superficie récoltés d'artichaut en Algérie de 2015 à 2021 (Ministère national de l'agriculture 2023)

Années	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha).
2015	4674	915922	196
2016	5174	975243	188,5
2017	5532	1085597	196,3
2018	5784	1246591	215,5
2019	5792	1196363	206,6
2020	5830	1267622	217,4
2021	5656	1209315	213,8

1.5.2.1. Importation et exportation de l'artichaut.

L'Algérie est un pays producteur de l'artichaut, classé quatrième dans le monde, mais il continue d'importer ce légume sous différentes formes pour satisfaire les besoins du citoyen (tableau.5).

Tableau 5. Importation de l'artichaut par l'Algérie. (Ministère national de l'agriculture 2023)

	Position tarifaire	0709910000	0710801100	0710801200
Année	LIBELLE	Artichaut a l'état frais ou réfrigéré	Artichaut non cuit, congelé	Artichaut, cuit à l'eau ou à la vapeur
2017	POIDS Kg	55 392	190 000	-
	Valeur DZD	14 285795	48 684 520	-
	Dollars américain (USD)	12 8733	438 708	-
2018	POIDS Kg	21 600	-	-
	Valeur DZD	4 812 555	-	-
	USD	41 265	-	-
2019	POIDS Kg	-	6 000	-
	Valeur DZD	-	2 86 683	-

	USD	-	18 320	-
2020	POIDS Kg	-	76 184	-
	Valeur DZD	-	18 823 673	-
	USD	-	148 470	-
2021	POIDS Kg	-	11 000	-
	Valeur DZD	-	2 648 299	-
	USD	-	19 607	-
2022	POIDS Kg	-	72 300	-
	Valeur DZD	-	19 405 971	-
	USD	-	136 646	-

En parallèle, l'Algérie exporte une partie de sa production à l'étranger (tableau.6).

Tableau 6. Exportation de l'artichaut par l'Algérie (Ministère national de l'agriculture 2023)

	Position tarifaire	0709910000	0710801100	0710801200
Année	LIBELLE	Artichaut a l'état frais ou réfrigéré	Artichaut non cuit, congelé	Artichaut, cuit à l'eau ou à la vapeur
2017	POIDS Kg	22 324	-	100
	Valeur DZD		-	3 812
	USD	11 390	-	34
2018	POIDS Kg	19 139	55	100
	Valeur DZD		3 072	9 977
	USD	12 118	26	86
2019	POIDS Kg	16 265	-	-
	Valeur DZD		-	-
	USD	12 120	-	-
2020	POIDS Kg	7 138	-	-
	Valeur DZD	631 337	-	-
	USD	4 980	-	-
2021	POIDS Kg	20 177	1 570	-
	Valeur DZD		105 860	-
	USD	10 933	784	-
2022	POIDS Kg	22 075	50	-
	Valeur DZD		5 644	-
	USD	13 406	40	-

Selon le ministère de l'agriculture 2023, l'importation algérienne de l'artichaut varie selon les années ; en 2017, elle est de 55 392 Kg d'artichaut à l'état frais ou réfrigéré et 190 000 Kg

d'artichaut non cuit, congelés, par contre, en 2018 l'Algérie a importé que l'artichaut frais ou réfrigéré et depuis 2019 elle importe que l'artichaut non cuit ou congelé.

Pour l'exportation, en 2017, elle a exporté 22 324 Kg à l'état frais ou réfrigéré et 100 Kg d'artichaut cuit à l'eau ou à la vapeur ; en 2018, le taux a diminué pour l'artichaut à l'état frais ou réfrigéré et resté fixe pour celui cuit à l'eau ou à la vapeur ; en 2019 et 2020, elle a exporté que l'artichaut à l'état frais ou réfrigéré. L'exportation a l'état non cuit et congelé a repris en 2021 et 2022.

1.6. Techniques de production

1.6.1. Cycle de production

Les cultures sont le plus souvent pluriannuelles. On ne laisse généralement qu'une ou deux pousses par plante pour éviter la formation de touffes trop denses au détriment du calibre des capitules. Cette opération alourdit le prix de revient de la culture.

Les plantations en août correspondent au cycle naturel de la plante en région méditerranéenne: croissance des rejets à l'automne, passage à l'état floral pendant l'hiver, montaison au printemps, repos végétatif estivale après la récolte (fig.14).

Des décalages de périodes de production ont été mis au point dont deux exemples sont courants. En région méditerranéenne, les boutures prélevées en mars et gardées en pépinière pour retarder la croissance et la montaison sont plantées en juin. Avec les variétés précoces ; cette technique assure une première récolte d'automne et d'hiver, puis une production tardive de printemps sur les rejets formés après la 1^{er} récolte. En région bretonne (France), des œilletons fraîchement prélevés sont plantés en avril. La récolte a lieu en septembre-octobre de l'année même, puis en juillet de l'année suivante, enfin en mai-juin en troisième année. La ramification du groupement d'inflorescence est d'autant plus importante que la durée de végétation est plus longue. La forme et le volume du capitule varient nettement selon la saison de production. (**André et hubert., 1992**).

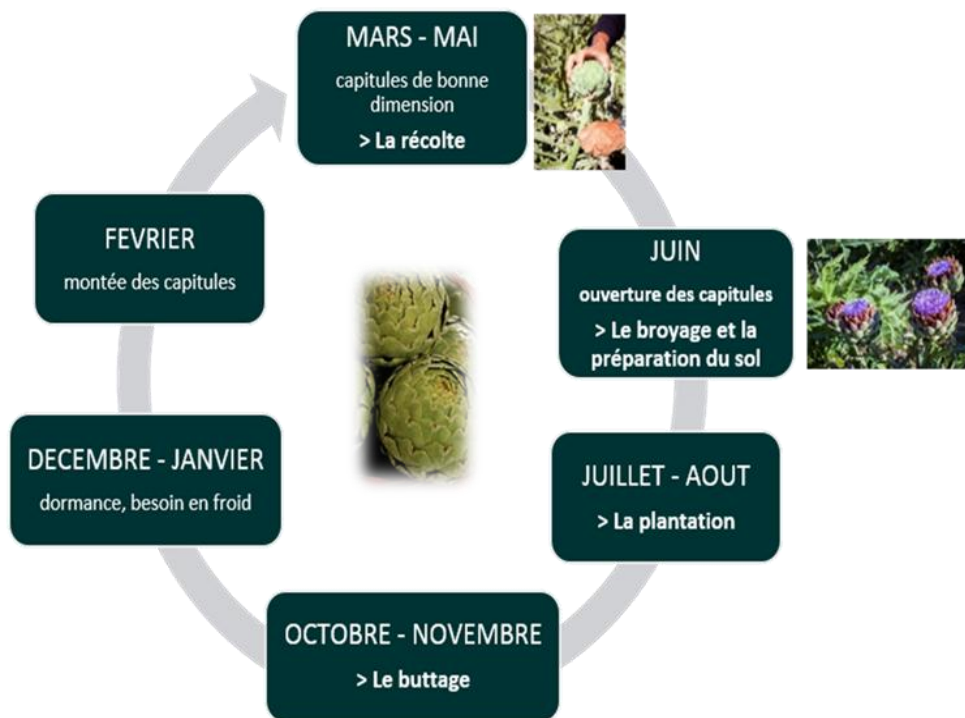


Figure 14. Cycle de croissance de la plante d'artichaut multipliée végétativement (Teraneo, 2018).

1.6.2. Exigences de la culture

- **Climat**

L'artichaut se cultive dans les zones tempérées du monde. C'est une plante vivace, adaptée aux températures fraîches, qui peut passer l'hiver grâce à sa racine pivotante et charnue. La plante résiste au froid et tolère un degré de gel intense. Cependant, le gel abîme les pédicelles, et les températures inférieures à 2°C retardent considérablement la croissance. L'artichaut peut supporter les périodes de sécheresse, mais il vaut mieux l'irriguer lorsque se forment les inflorescences. Les températures optimales de croissance se situent entre 13 et 18°C. Dans les régions chaudes au climat sec, les boutons de fleurs sont durs, et la période de production est plus courte. (Derek et Ernest., 1998).

- **Le sol**

L'artichaut pousse dans toute sorte de substrats, mais ce sont les sols profonds, fertiles, bien drainés et riches en matières organiques avec un pH de 6,5 à 7 qui lui conviennent le mieux. (Derek et Ernest, 1998).

- **Besoin hydrique**

L'artichaut consomme en moyenne 800-900 mm/cycle d'eau, ce qui est relativement important, vu le cycle prolongé sur 9 mois de fin juillet à fin avril. L'importance de la surface d'évaporation du feuillage, la profondeur modérée du système racinaire et la production importante et rapide de la matière fraîche à chaque redémarrage de végétation expliquent les besoins élevés en eau de cette culture (**Chaux et Foury, 1994**)

- **Éléments nutritifs**

L'artichaut est une plante très exigeante en élément minéraux notamment en azote et en potasse. Ce qui implique la pratique de l'assolement et des apports importants en fumure minérale et organique dans le but d'accroître les rendements et d'améliorer la précocité et la qualité des capitules. Les besoins en éléments fertilisants de cette culture par tonne de capitules produits sont de l'ordre de 28Kg pour l'azote, 24Kg pour la potasse et 32Kg pour le phosphore. (**ITCMI, 2015**)

1.7. Contexte pédologique

1.7.1 Préparation du terrain

La préparation du sol commence 1 à 2 mois avant la transplantation des Artichauts. Les agriculteurs enlèvent tous les résidus de culture et les mauvaises herbes. Un léger labour est pratiqué et la fumure de fond est incorporée. (**bixio, 2020**)

1.7.2 Plantation

L'artichaut peut être planté en :

- Printemps ou en automne, si la plante est un œilleton.
- Automne, s'il provient de semence.

La température et la nature du sol doivent servir de règle à cet égard ; néanmoins, les plantations de printemps nous ont toujours paru préférables quant à la beauté du produit.

La reprise du plant est assurée par de bons arrosages renouvelés une ou deux fois par jour, selon la température.

Dans les régions méditerranéennes, la culture d'artichaut peut s'allier avec celle du melon en pleine terre. Si la quantité d'eau est suffisante; les planches sont séparées par des rigoles d'arrosage; elles ont ordinairement 1m, 40 de largeur, mais les artichauts n'en occupent qu'une partie; les pieds sont espacés entre eux de 0,75m (**Bixio, 2020**).

1.7.2 Rotation

L'artichaut est comme l'asperge, une plante vivace qui ne doit pas être intégrée dans une rotation de culture. Il lui faut ainsi un emplacement qu'il occupera pendant trois ans. Comme la plante épuise le sol, il devra attendre trois autres années avant de pouvoir cultiver à nouveau le sol (Valette, 2019).

1.7.3. Association

L'artichaut est un légume très gourmand, à associer avec les haricots, les fèves, et les pois afin d'avoir un apport en azote dans le sol. Pour éloigner les parasites comme les pucerons, il est conseillé de cultiver des oignons, car il a la faculté de les éloigner (Valette, 2019). Par contre, il est déconseillé de planter du fenouil et le persil à côté de l'artichaut, puisqu'ils pourraient gêner sa croissance. (Valette, 2019).

1.7.4. Arrosage

Les artichauts n'ont réellement besoin d'arrosage qu'au moment de leur plantation, et 25 ou 30 jours avant le développement des têtes d'artichauts, pour cette raison leur culture devient excessivement chère lorsqu'on la pratique sur une très grande échelle. Il faut arroser 2 fois par jour (à raison de 12 l par plant à chaque fois), les 12 à 15,000 pieds d'artichaut qui couvrent un hectare de terre (Bixio, 2020).

1.7.5. Entretien de la culture

Selon Valette (2019), L'artichaut est une plante gourmande qui n'aime pas la concurrence, donc il faut un binage régulier, et aussi prélever les œilletons tous les ans. Pour éviter l'évaporation de l'eau il est conseillé de faire un paillage de 05 cm ou moins, le paillage est aussi utilisé en automne lors des gelés.

1.7.6 Récolte

Les artichauts se récoltent avant que les bractées ne s'étendent. Les têtes sont coupées à environ 15 cm de la tige à l'aide d'un couteau bien aiguisé. La récolte se fait au fur et à mesure des besoins, lorsqu'elles sont tendres. Lorsque les fleurs bleues apparaissent, il est généralement déjà trop tard de récolter. La première année, la récolte est de 3 à 4 artichauts par plante, c'est possible d'avoir 6 à 10. Il est recommandé de changer la culture après 3 ou 4 ans. (Derek, 1998).

1.8. Multiplication

L'artichaut se multiplie, soit de graine, soit de drageon (ou œilleton). Le dernier mode de multiplication est le meilleur à tous égards tant à cause de la plus forte végétation du plant provenant d'œilleton, qu'en raison du retard que les semis occasionnent dans la récolte, mais l'artichaut est exposé à tant d'accidents notamment l'hivers très long, froid et humide ce qui nécessite quelquefois le recours aux semis. (Doré et Varoquaux, 2006).

1.8.1 Semis

La pollinisation est assurée par les insectes mais la production de graines est assez faible (10 à 15 graines par capitule). Le croisement avec le cardon est très facile et crée de l'hétérogénéité. La multiplication par semis produit des populations assez hétérogènes, aussi bien au niveau morphologique (feuillage et capitule) qu'au niveau de la précocité et de la qualité de la partie comestible. Après plusieurs cycles de multiplications, on obtient une population d'individus plus homogène en partant de nombreuses précautions (isolement et choix d'individus croisés). Utilisée au début de la culture, cette multiplication a été vite abandonnée, sauf dans quelques cas de variétés ayant acquis une certaine homogénéité. Quelques variétés hybrides F1, utilisant une lignée mâle stérile, sont commercialisées sous forme de semences. C'est le cas d'Opale, Opéra et Madrigal (Jean-Noël, 2020).

La graine d'artichaut se sème à la fin avril ou dans la 1^{er} semaine de mai, selon l'état de la température, soit en place, soit en pépinière. (Bixio, 2020)

- **Les semis en places** sont les meilleurs, il faut semer 3 ou 4 graines avec 0,80 Cm de distance, en triangle ou en carré. La meilleure distance est celle de 1m
- **Le semis en pépinière** soit en lignes, soit à la volée, ne peuvent avoir quelques chances de succès que dans un sol léger, mêlé de fumier très consommé, et recouvert à la profondeur de 5cm. Elle met 20 à 30 jours à lever (fig.15).

Le plant élevé en pépinière se met en place à la fin du mois d'août pour donner une récolte en juin de l'année suivante.



Figure 15. Photos de différents stades de germination de l'Artichaut. (El Boullani et mouhamed, serghini, 2014).

1.8.2 Œilleton

La partie souterraine de la plante est constituée d'une masse rhizomateuse sur laquelle se trouvent des bourgeons latents. La tige principale produit un capitule central assez gros et des capitules secondaires qui le sont un peu moins.

À la fin de la récolte, la plante se dessèche. Si les arrosages continuent, les bourgeons latents vont démarrer, formant ce qu'on appelle « des œilletons » (Fig.16). Ils sont prélevés au moment où ils ont quelques racines pour être plantés soit en pépinière, soit au champ. Le coefficient de multiplication est faible (4-5 œilletons par plante-mère). Une population polyclonale ou Oligo clonale est obtenue en fonction du nombre de pieds-mères sur lesquels a été fait le prélèvement. En effet chaque œilleton est conforme à son propre pied mère (Jean-Noël, 2020).

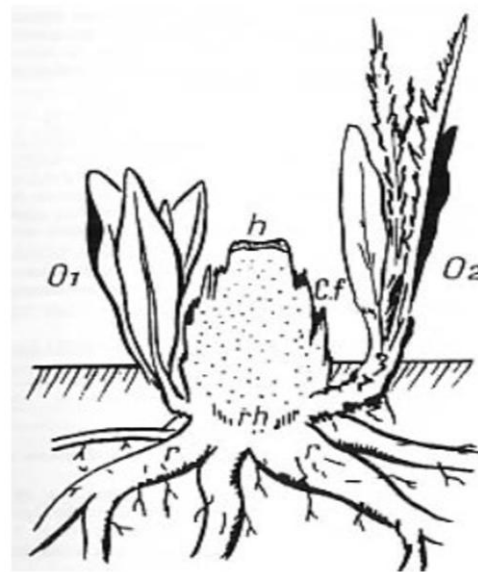


Figure 16. Schéma de formation des œilletons sur un pied d'artichaut ayant produit l'année précédente : h. vestige de la hampe florale (axe d'inflorescence); cf. cicatricesfoliaires; rh. Base rhizomateuse de la tige; O1-O2. Œilletons à divers stades ; r. racines tubérisées (Chaux et Foury, 1994)

1.9. Les Maladies et Ravageurs.

Comme toutes les plantes, les artichauts peuvent être sensibles à différentes maladies causées par des agents pathogènes tels que les champignons, les bactéries, les Virus ou les parasites. Ces maladies peuvent se propager par le sol, l'eau, les insectes ou d'autres vecteurs (Tableau 7).

Tableau 7. Les principaux maladies et Ravageurs de l'artichaut.

Maladie	Symptômes	Lutte	ref
Oïdium <i>Uncinula necator</i>	<p>Taches jaunes sur la face supérieure et blanchâtres poudreuses sur la face inférieure des feuilles, en correspondance des taches.</p> <p>Les parties aériennes deviennent brunes, se nécrosent et se déchirent aisément.</p> <p>Le limbe de la feuille attaquée peut se replier vers le haut.</p> <p>Les capitules se ratatinent et se flétrissent.</p>	<p>Préventif. Éliminer toutes les feuilles malades pour essayer de diminuer la contamination potentielle</p> <p>Chimique : utiliser un produit fongicide homologué, autorisé sur l'artichaut</p>	Isabelle, 2023
La verticilli <i>Verticillium dahliae</i>	<p>Les premiers symptômes visibles de la maladie apparaissent par secteur, généralement sur les feuilles les plus basses :</p> <p>D'abord de petites taches jaunes entre les nervures sur une partie du limbe qui vont peu à peu s'étendre et se transformer en de larges nécroses brunes.</p> <p>Sur les tiges, des bandes sombres longitudinales peuvent apparaître et le bois des arbres se teinte généralement de brun-rougeâtre.</p> <p>Dans sa globalité, une plante malade peut être atteinte de nanisme, de jaunissement puis de dépérissement</p>	<p>Préventive. Cultiver des espèces et des variétés résistantes à la maladie, ou des plants greffés, lorsqu'il en existe ;</p> <p>Nettoyer le sol des mauvaises herbes potentiellement porteuses du champignon ;</p> <p>Limiter les apports de fertilisants : la maladie est considérée comme une "maladie de vigueur"</p> <p>Renforcez les tissus et le système de défense propre aux plantes par des pulvérisations foliaires de <u>purin d'ortie</u> et de <u>décoctions de prêle</u>.</p> <p>Chimique : Le cuivre. Les produits à base de cuivre comme la bouillie bordelaise sont les plus utilisés et peut-être les plus efficaces.</p>	Charles-Marie .et al ,1991

<p style="text-align: center;">Le mildiou <i>brania lactucae,</i></p>	<p>Sur les feuilles. Les symptômes apparaissent sous forme de taches anguleuse, limitées par les nervures. Elles sont d'abord vert claire ; c'est à ce stade qu'a lieu la sporulation. Elles virent ensuite au jaune avant de se nécroser, les organes de fructifications sont visibles sur la face inferieures des feuilles sous la forme d'un feutrage blanc caractéristique.</p> <p>Sur capitules. On observe des bractées avec un feutrage blanc qui se développe à la face inferieure</p>	<p>Lutte génétique. Il n'existe pas de variétés résistantes mais des variétés moins sensibles à la Maladie comme camus de <u>bretagne</u>, <u>castel</u>, camus issus de culture in vitro sont à l'inverse des variétés particulièrement sensibles. Un programme de création variétal a été imité en bretagne.</p> <p>Lutte chimique. Fongicides</p>	<p style="text-align: center;">Charles-Marie .et al ,1991.</p>
<p style="text-align: center;">La Graisse de l'artichaut <i>Xanthomonas cynarae</i></p>	<p>Des taches translucides d'aspect huileux exsudant un mucus jaunâtre apparaissent sur les bractées des capitules. Ultérieurement, ces taches brunissent.</p> <p>Sur les feuilles, les symptômes sont très discrets.</p> <p>La maladie peut donc passer inaperçue jusqu'à la formation des capitules</p>	<p>Préventive : Eviter de planter en zone gélive au printemps</p>	<p style="text-align: center;">Lichou et Mansouri, 2023</p>

<p style="text-align: center;">Noctuelle <i>Chrysodeixis chalcites</i></p>	<p>Consommation des apex et des feuilles et folioles par les larves, notamment les plus âgées. Elles forment de larges trous situés sur le limbe ou à sa périphérie, ne laissant parfois derrière elles que les nervures principales et réduisant ainsi fortement la photosynthèse</p>	<p>Préventives : Installer des pièges à phéromone pour détecter la présence d'adultes.</p> <p>Procéder au désherbage pour éliminer les plantes réservoirs.</p> <p>Un labour profond du sol pour détruire et enfouir les chrysalides.</p> <p>Éliminer les débris végétaux qui peuvent contenir des formes hivernales de l'insecte.</p> <p>Pratiquer des rotations.</p> <p>Lutte chimique : Insecticides</p>	<p style="text-align: center;">Lichou et Mansouri, 2023</p>
<p style="text-align: center;">Apion <i>Apion carduorum</i></p>	<p>Les larves se développent à l'intérieur de la plante creusent des galeries à l'intérieur des tiges et sur capitules d'artichauts.</p>	<p>Préventive : Coupe et brûler les feuilles atteintes pour détruire les larves, ce qui peut contribuer à limiter les dégâts dans la culture</p>	<p style="text-align: center;">Didier, 2006</p>

1.10. Propriétés de l'artichaut

1.10.1. Composés actifs

L'Artichaut est composé d'environ 0,5% de flavonoïdes, essentiellement des hétérosides, de la lutéoline comme la cynaroside, la scolymoside ou encore le lutéoline-7-rutinoside. Sont également présents des acides alcools et des acides phénols, ils sont supposés être les constituants actifs présents dans les feuilles. Il s'agit d'esters, de l'acide caféique aussi appelé acide chlorogénique (0,02% à 2%) et de la cynarine.

Parmi ses acides, il y a également de l'acide malique (0, l'acide succinique, l'acide lactique, l'acide fumarique, l'acide citrique ... qui sont des constituants issus du cycle de Krebs. Les feuilles comportent aussi des principes amers tels que des lactones elles contiennent aussi la cynaropicrine (0 à 4%) (Lassechere, 2003 ; Baruneton et Poupon, 2016).

1.10.2. Propriétés et vertus

L'artichaut possède une grande action antioxydante et diurétique, il élimine les toxines de l'organisme, il régule la transite intestinale et favorise une bonne flore intestinale. Il draine le foie en profondeur, il aide en cas de digestion difficile et de fatigue hépatique. Il combat efficacement la constipation, les douleurs digestives et les brulures d'estomac. Il est très efficace dans les inflammations digestives chroniques (syndrome de l'intestin irritable, maladie de crohm ...etc) (Martinez, 2021).

1.10.3. Utilisation thérapeutique

L'artichaut est indiqué en usage interne dans les digestions hépatiques difficiles, la mauvaise élimination rénale et en cas de cholestérol, d'artériosclérose ou de plaques d'athérome (Lassechere, 2003).

Il est employé dans de nombreuses spécialités pharmaceutiques : (Lassechere, 2003).

- Actibil®, est utilisé pour favoriser la production et la sécrétion de bile et pour faciliter les fonctions d'élimination rénale et digestive, mais ce médicament a été retiré du marché en 2010.
- Arkogélule® Artichaut, est un médicament utilisé dans le traitement symptomatique des troubles digestifs tels que la sensation de lourdeur, les ballonnements et les flatulences.
- Chophytol®, est utilisé pour faciliter les fonctions d'élimination digestive et rénale.
- Hépanéphrol®, est utilisé dans les troubles digestifs.
- Hépax®, est un complément alimentaire contenant du boldo, de l'Artichaut, du sureau et du romarin. Le boldo soutient la fonction du foie et la fonction biliaire, et contribue au confort digestif.

L'Artichaut ne doit pas être utilisé en cas de lithiase biliaire et risque d'allergie chez les personnes sensibles aux Astéracées (Lassechere, 2003).

1.10.4. Autres utilisations

Chez l'artichaut, les graines contiennent 28% de substances grasses dotées d'un arôme et d'un goût appréciables. Comme triacylglycérides, elles referment, les acides : laurique, myristique, palmitique, stéarique, palmitoléique, oléique, linoléique et linoléinique. Les acides oléique et linoléique représentent respectivement 44% et 40% du total. Dans la fraction monoacylglycéride, les huit mêmes acides gras sont présents, avec 21.2% et 6.3% du total pour les acides oléique et linoléique, respectivement. Ainsi, l'huile d'artichaut, riche en acides poly-insaturés, pourrait être utilisée dans la fabrication de savons, de shampoings et de cirages

En apiculture, l'artichaut représente une source importante de nectar et de pollen, avec une production de miel estimée à 150-400 kg/ha. En effet, la plante possède une longue période de floraison (50-60 jours) et produit 0.250-0.270 mg de sucres/fleur. Par ailleurs, les fleurs d'artichaut, outre leur intérêt ornemental, notamment en raison de leur résistance au séchage, offrent également un latex qui peut être utilisé en fromagerie comme agent coagulant du lait. **(Bouthaina, 2002-2003)**

2. Valorisation de la fleur de l'artichaut

2.1 Description de la fleur d'artichaut

Les fleurs de la tête de l'artichaut (fig.17) sont hermaphrodites, de couleur bleu-violacé, avec des pétales fusionnés à la base qui forment une corolle tubulaire. La floraison, qui n'intervient qu'en deuxième année entre juin et septembre, est centripète et protandrique. L'autopollinisation n'est pas possible par la protandrie des fleurs parce que les surfaces stigmatiques mûrissent deux ou trois jours après l'excrétion du pollen. La fécondation croisée est assurée par les insectes, d'où des couleurs souvent voyantes de la floraison **(Goetz et Jeune, 2007)**

L'inflorescence est ordinairement un compact de fleurs sessiles tubulées sous-tendues par un involucre de bractées disposées sur un à plusieurs rangs. Le capitule est entouré à la base généralement par 1 à 6 séries de bractées dont l'ensemble forme l'involucre. **(Dupont et Guignard, 2012).**

Les fruits sont des akènes, souvent couronnés d'une aigrette de soies appelée Pappus qui favorise la dispersion des graines par le vent. **(Dupont et Guignard, 2012)**



Figure 17. La fleur d'artichaut **(Haremarugira, 2019).**

2.2 La protéase végétale de la fleur de l'Artichaut

La fleur de l'artichaut cumule dans ses pistils des protéases dont l'activité coagulante a été rapportée par **Verissimo et al., (1996)**. Dans la tradition et en raison de la faible rentabilité de la récolte de la fin de la saison de printemps, les plantes d'artichaut sont laissées sur les champs à la sénescence, c'est à dire jusqu'au mois de juin. Les têtes d'artichaut sont cueillies et mises à sécher dans un endroit aéré et à l'abri de la lumière. Les fleurs mûres et complètement séchées sont mises à macérer dans de l'eau jusqu'à ce que l'eau acquière la couleur brune. L'homogénat est filtré, les débris de fleur sont jetés et la solution enzymatique est utilisée comme coagulant.

L'utilisation de ce coagulant reste toutefois restreinte à certaines régions géographiques, dans la péninsule Ibérique, où le coagulant issu du genre *Cynara* est utilisé pour la fabrication de fromages traditionnels. Il est particulièrement utilisé au Portugal dans la fabrication d'un fromage AOC, le « Serra da Estrela » un fromage à pâte molle fabriqué à partir de lait de brebis (**Grandy, 2015**).

2.3 Localisation de la protéase de la fleur de l'artichaut

La protéase de l'artichaut est une enzyme organo-spécifique, elle s'accumule uniquement dans les fleurs de la plante et plus particulièrement dans la partie violette des corolles. La fleur cumule ces protéases dans les vacuoles de stockage des protéines localisées dans les pistils (**Verissimo et al., 1996 ; Ramalho-Santos et al., 1997**). La concentration de cette protéase dépend du stade de maturité de la fleur. Plus les fleurs sont mûres, plus la partie violette de leur corolle est grande et plus leur concentration en enzyme est élevée (**Tsouli, 1974**). La concentration maximale est celle se trouvant au niveau des cellules épidermiques des styles et dans chaque partie de la cellule, l'activité protéolytique est effectuée par une protéase distincte spécifiquement ciblée vers des compartiments subcellulaires spécifiques (**Pesquet, 2012**). Par conséquent, la protéase de la fleur de l'artichaut se présente sous plusieurs formes A, B et C et qui sont nommée « Cynarases » (**Sidrah et al., 2005**). Par ailleurs, aucune protéase n'a pu être détectée dans les feuilles aussi bien que dans les graines (**Cordeiro et al., 1994 ; Roseiro et al., 2003**).

Les Cynarases appartiennent toutes à la famille des protéases aspartiques. La plus étudiée est la Cynarase A, qui est une glycoprotéine qui possède un pH optimal de 5 et une température optimale de 70°C. Ces extraits protéolytiques de l'artichaut sont principalement utilisés comme coagulants dans la production de fromages typiques en Espagne tel que : Torta del

casar, Serana et bien d'autres ... (Cordeiro *et al.*, 1994 ; Roseiro *et al.*, 2003 ; Sidrah *et al.*, 2005).

2.4 Action des protéases sur les caséines

Le mécanisme d'action des enzymes coagulantes lors de la coagulation du lait est bien établi. Il comporte deux phases (fig.18) (Claverie-Martín et Vega-Hernández, 2007) :

Une phase primaire dite enzymatique qui correspond à la réaction d'hydrolyse proprement dite de la fraction caséine κ au niveau de la liaison peptidique Phe₁₀₅-Met₁₀₆. Cette hydrolyse libère le glycomacropéptide qui est la partie 106-169 à caractère hydrophile, chargée négativement et responsable des répulsions électrostatiques.

La partie qui reste intégrée à la micelle (1-105), c'est la partie N-terminal à caractère hydrophobe désignée paracaséine- κ . La perte du pôle le plus hydraté des micelles induit une diminution importante de la charge nette négative des micelles et les répulsions électrostatiques sont amoindries. Il s'ensuit une diminution sensible de l'enveloppe d'hydratation car les possibilités de fixation d'eau à la surface des micelles se trouvent fortement limitées.

La réaction d'hydrolyse enzymatique est dépendante de nombreux facteurs physicochimiques : la concentration en enzymes, la température et le pH.

La phase secondaire, dite d'agglomération, se caractérise par l'agrégation puis la réticulation des micelles déstabilisées qui ont perdu leur capacité de répulsion à la suite de la scission de la partie hydrophile de la caséine κ . Cette phase d'agglomération débute lorsqu'au moins 80% de la caséine κ est hydrolysée.

Les paracaséines vont se lier entre elles par des liaisons hydrophobes, ce qui crée la coagulation (Risso *et al.*, 2007). Elle commence d'abord par l'agrégation des petites micelles, puis se complète par l'agrégation des grosses micelles pour former le gel de para-caséine. Il s'en suit une structuration tridimensionnelle des micelles de caséines superficiellement déshydratées.

Les ions calcium s'uniraient à la partie chargée négativement des micelles, diminuant ainsi les répulsions électrostatiques auxquelles elles sont soumises et favoriseraient la formation des ponts phosphocalciques entre les paracaséines.

Les ponts d'accrochages ne sont pas répartis uniformément à la surface des micelles mais sont localisés, formant des chaînes isolant des vacuoles contenant du lactosérum. Un gel beaucoup plus ferme, très poreux et très minéralisé en résultera, se créant dans les trois dimensions de

l'espace en retenant la phase aqueuse et la matière grasse dans ces mailles (Lucey *et al.*, 2000). La présence du calcium soluble à l'état ionisé est indispensable à l'accomplissement de cette phase.

Par ailleurs, cette phase secondaire de floculation est très sensible aux variations de température. En effet, l'augmentation de la température diminue fortement le temps d'agrégation alors qu'au-dessous de 10°C, l'agrégation des micelles de caséines même totalement dépourvues de la partie C-terminale de la caséine κ ne se produit pas. Dans la pratique, l'augmentation de la température va jouer sur l'établissement des liaisons au sein du caillé et un accroissement significatif de la contraction du grain et de l'expulsion de sérum (Vétier *et al.*, 2000)

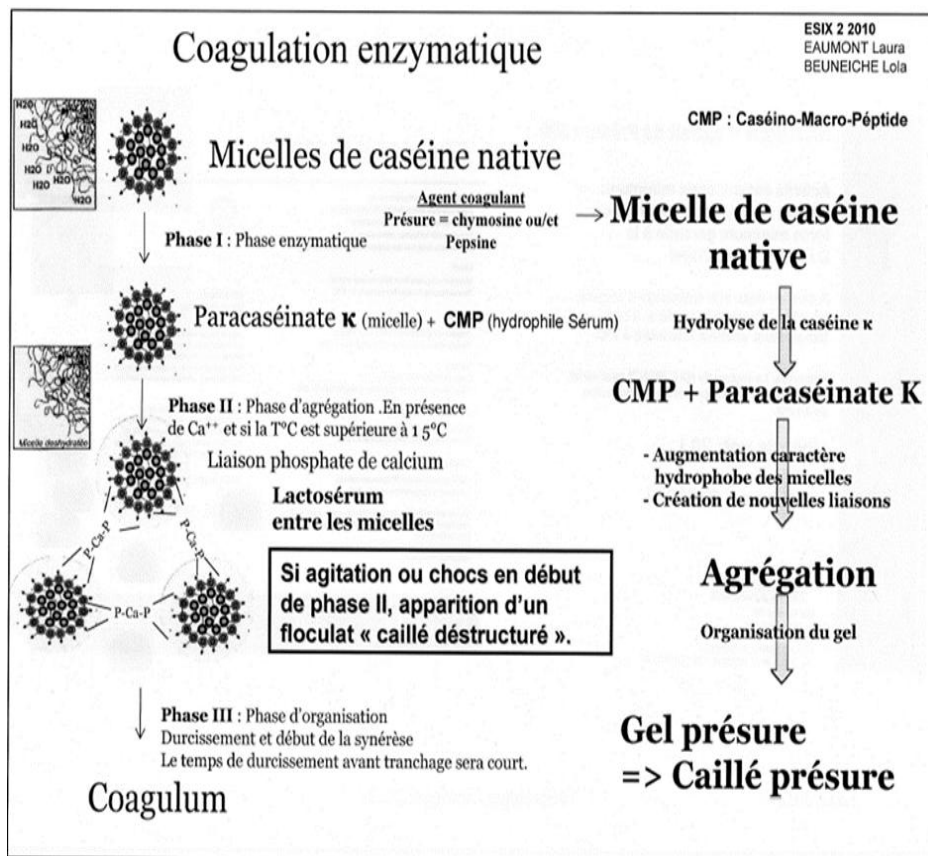


Figure 18. Schéma récapitulatif du mécanisme de coagulation enzymatique (Cendrine, 2020).

CHAPITRE II

MATERIEL ET Méthodes

II MATERIEL ET METHODES**1. Lieu de la réalisation de l'expérimentation**

Le premier volet de notre travail expérimental a consisté à faire :

- Une enquête sur la culture d'artichaut au niveau de la région de Tizi Ouzou
- Une étude de marché sur la vente et la consommation de l'artichaut dans cette wilaya
- Une caractérisation morphologique et biochimique (teneur en minéraux), aux laboratoires de l'UMMTO, des variétés trouvées sur le marché de trois régions (les 2000 Logement à la nouvelle ville, centre alma Beni Zmenzer dans la daïra de Beni douala et Boghni) de Tizi Ouzou.

Dans le deuxième volet de ce travail, un essai de valorisation de la fleur d'artichaut est réalisé dans le but de :

- Extraire la protéase contenue dans les pistils de la fleur de l'artichaut au laboratoire de Technologie Agro-alimentaire de la Station expérimentale de l'INRAA de Baraki.
- Utiliser cette protéase comme un agent de coagulation de lait dans un essai de fabrication d'un fromage à pâte molle dans une fromagerie située à Béni Zmenzer dans la wilaya de Tizi Ouzou.

Ce travail a été mené avec la collaboration du laboratoire de Technologie Agro-alimentaire de la Station expérimentale de l'INRAA de Baraki.

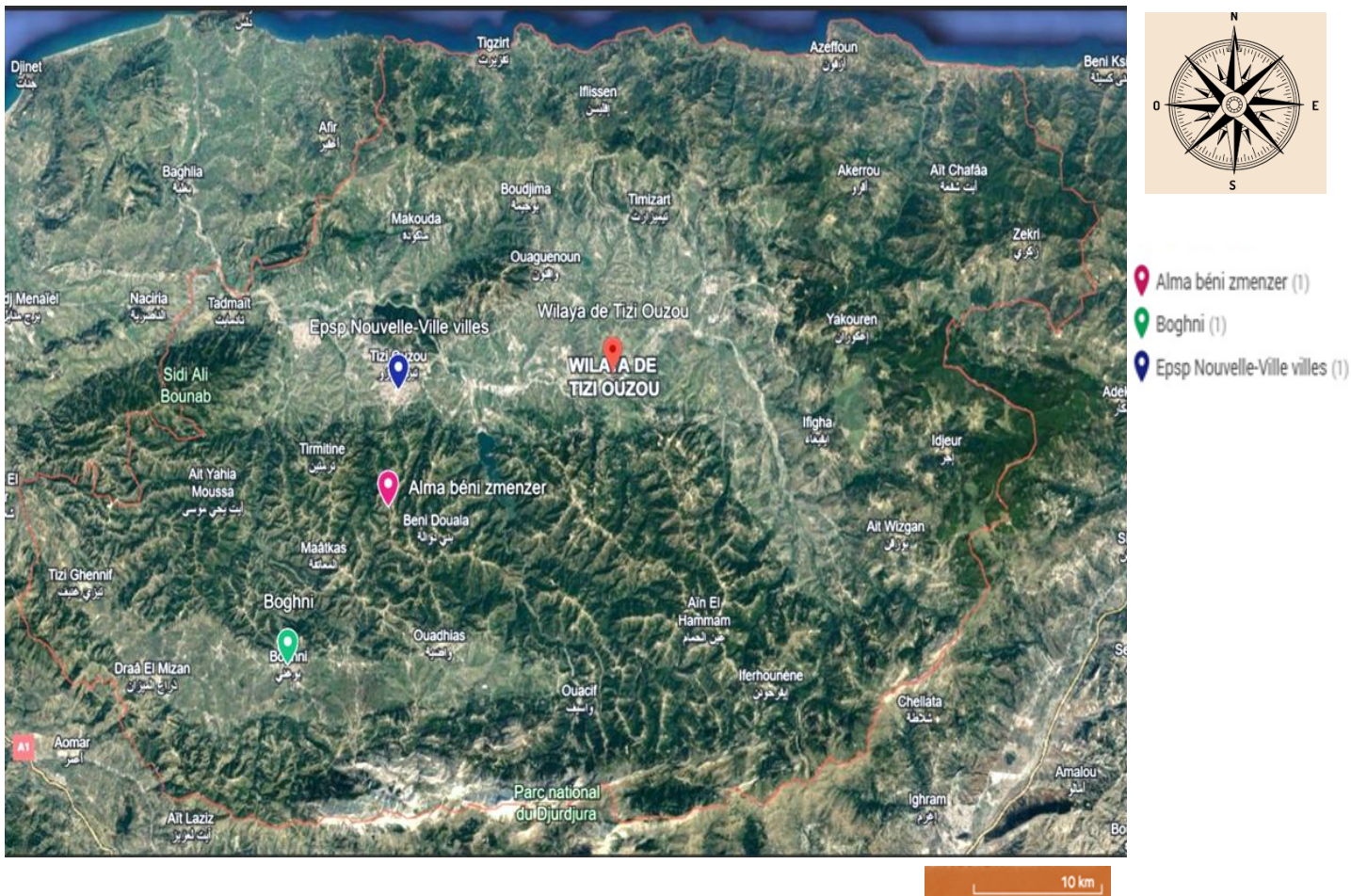


Figure 19. Zone d'étude. Localisation des trois marchés (les 2000 Logement nouvelle ville, alma béni Zmenzer daïra béni douala et Boghni) de vente d'artichaut à Tizi-Ouzou (Google Earth 2023).

2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans la première partie de ce travail (étude du marché et caractérisation de l'artichaut) est celui récolté sur le marché de la wilaya.

Dans la deuxième partie, des artichauts au stade floraison sont recueillis auprès d'une exploitation agricole privée (**Alger**).

2.1. Etude de marché

2.1.1. Choix des marchés de vente

L'échantillonnage est réalisé au niveau des trois marchés locaux de vente de fruits et légumes dans la région de Tizi-Ouzou. Le premier marché est localisé dans la ville de Tizi Ouzou situé à 2000 logements, le deuxième est situé au centre Alma dans la commune de Béni Zmenzer daïra béni douala et le troisième est à Boghni (fig. 19).

Ces marchés sont choisis en fonction de leur proximité et leur fréquentation abondante par les clients.

2.1.2. Echantillonnage

Des échantillons d'artichaut sont récoltés le 20/03/2023, le 26/03/2023 et le 04/04/2023 afin de caractériser la morphologie des têtes et d'évaluer leur teneur en minéraux.

L'échantillonnage est pratiqué de façon sélective : il s'agit, pour capter le maximum de variabilité, de collecter tout ce qui peut être distingué visuellement comme étant morphologiquement distinct sur les différents sites visités (marché de vente de fruits et légumes). A chaque échantillonnage, deux têtes d'artichaut de chaque variété sont prélevées au niveau de chaque marché qui fait le totale de 14 têtes d'artichaut, emballées dans des journaux et transportés au laboratoire. A l'arrivée au laboratoire, les mesures suivantes sont effectuées à l'aide d'une balance électronique et un mètre ruban. (Fig.20).



Figure 20. Mètre ruban et balance électronique.

2.1.3. Caractérisation morphologique

Pour caractériser les variétés étudiées morphologiquement différents organes sont pris en considération, il s'agit de la tête (Capitule) et du pédoncule. (Fig. 21).

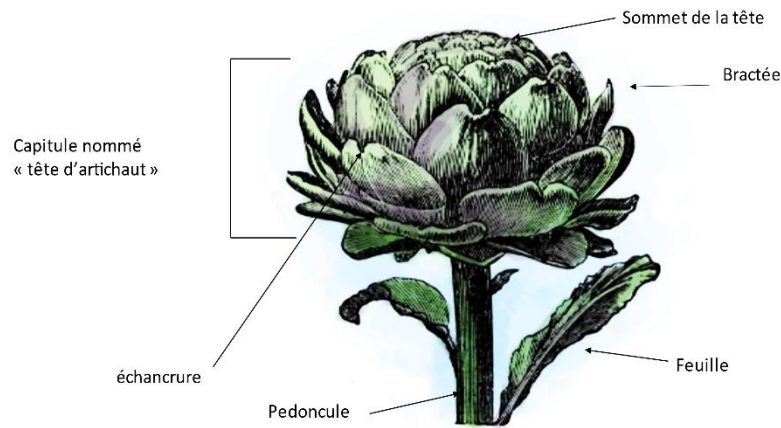


Figure 21. Dessin de tête d'artichaut (Ema, 2017)

A. Aspect général de la tête d'artichaut

Les paramètres pris en considération sont :

- La forme du capitule
- La forme de bractée
- L'intensité de la découpe
- La forme extrémité du lobe
- La couleur du limbe

B. Caractérisation biométrique des têtes d'artichaut

Les paramètres pris en considération sont :

- Le poids moyen (g)
- La hauteur (cm)
- Le diamètre total (cm) ou calibre
- La longueur du pédoncule
- La présence ou pas de défauts ou d'altérations superficielles qui pourraient porter atteinte à l'aspect général du produit, à sa qualité et à sa conservation
- Les maladies (le mildiou, les chenilles, l'oïdium et les pucerons)

C. Coupe longitudinale

Les paramètres pris en considération sont :

- La forme de la section longitudinale
- La forme du sommet
- L'intensité de la couleur (violet)
- Les bractées externes (présence de Mucrons, Forme du sommet, Profondeur de l'échancrure, Courbure pointe)
- Les bractées centrales : bien serrées ou pas.

D. Caractérisation de la partie consommée

Les paramètres pris en considération sont :

- La hauteur
- La largeur
- Le diamètre du réceptacle (cm)
- Le poids (g)

2.1.4. Dosage de la teneur en minéraux des capitules et des bractées

Sur les échantillons récoltés précédemment, les capitules et les bractées nettoyés ont été séchés à 40°C pendant 3 jours dans une étuve ventilée puis broyés à l'aide d'un Blender. La détermination de la teneur totale en cendre est réalisée par incinération de la matière organique à 500°C dans un four à moufle (fig. 22).

2.1.4.1. Mode opératoire :

Le protocole suivi pour évaluer les cendres est celui d'ADEM (2018) :

- Pesé de chaque capsule vide puis ajout de 3g de broyat d'artichaut.
- Porter au four à moufle les creusets en porcelaine et les broyats d'artichaut qui ont servi à la détermination de la matière sèche (par dessiccation à l'étuve à 150°C pendant 30 min), à 500°C pendant 5 h (fig. 22) jusqu'à carbonisation et obtention d'un résidu blanc ou gris.
- Refroidir la capsule et le résidu de l'incinération au dessiccateur puis les peser de nouveau.

La masse des creusets vides est notée m_0 et celle des creusets contenant les échantillons m_1 . Après refroidissement dans un dessiccateur à température ambiante, la masse des creusets contenant les cendres est notée m_2 . La teneur en cendres des échantillons est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Teneur en cendres} = (M_2 - M_0) / (M_1 - M_2) \times 100$$



Figure 22. Détermination de la teneur en cendres des échantillons d'artichaut.

2.2. Enquête sur la consommation

Parallèlement à l'étude de marché, une enquête sur la consommation de l'artichaut est effectuée auprès de 04 vendeurs et 40 consommateurs (Hommes et Femmes de différents âges (19 à 70 ans). Le questionnaire à portée sur les points suivants :

- Quelles connaissances du produit (mode de culture, variétés, origine, saisonnalité, modes de préparation) ?
- Quels critères de choix du produit en magasin ?
- Quels sont les usages de l'artichaut (gestion de la conservation, modes et moment de consommation et quantité consommée par repas ?
- Quels sont les leviers d'achat ?
- Quels sont les principaux freins à la consommation ?
- Quelles occasions de consommation ?
- Quel serait leur artichaut idéal ?
- Que-ce-qui les incite ou inciterait à acheter de l'artichaut ?
- Comment est cuisiné l'artichaut / les modalités de préparation ?

3. Application de l'extrait de la fleur d'artichaut en fabrication de Camembert

3.1. Extraction de la protéase de fleur d'artichaut

Les artichauts au stade floraison sont recueillis. Après leur séchage dans un endroit aéré et à l'ombre, les stigmates et les pistils des fleurs mûres sont arrachés à la main puis finement broyés (fig. 23). Une quantité de 15g du broyat est mise à macérer dans 100ml d'eau distillé pendant 2h (Chen *et al.*, 2003) à température ambiante afin d'éviter la dénaturation des protéines enzymatiques (figs 24 et 25). A la fin de la période de macération, l'homogénat obtenu est filtré à travers une passoire pour éliminer les gros débris (fig. 26). Ce filtrat qui contient les protéines enzymatiques est centrifugé à 3500 tr/min (fig. 27), puis filtré une deuxième fois à travers du papier filtre plissé (fig. 28).



Blender de laboratoire

Broyat de fleurs d'artichaut

Figure 23. Blender utilisé pour broyer les pétales et les pistils des fleurs d'artichaut.

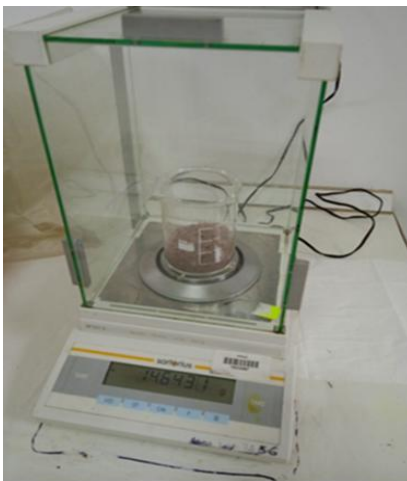


Figure 24. Balance de précision



Figure 25. Macération du broyat



Figure 26 : Filtration de la macération à l'aide d'une passoire



Figure 27. Centrifugation du filtrat (extrait coagulant brut)

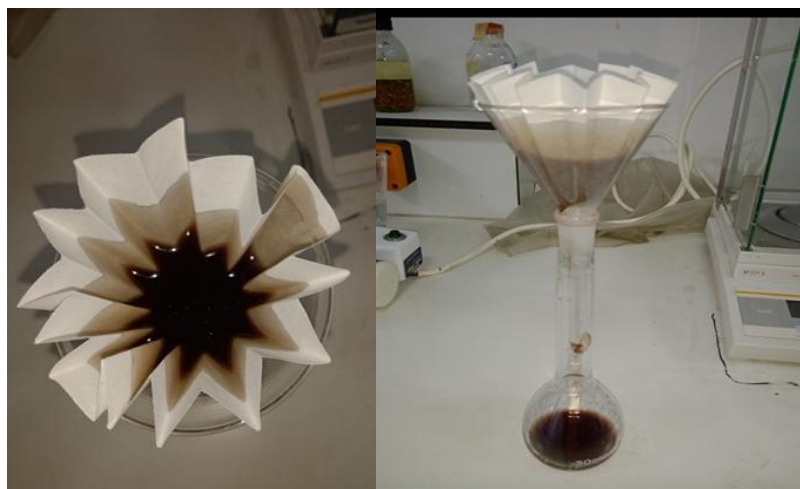


Figure 28. Filtration après centrifugation

3.2. Caractérisation du pouvoir coagulant de l'extrait de la fleur d'artichaut

3.2.1. Mesure du temps de coagulation (TC)

Elle est fondée sur l'appréciation visuelle et l'apparition d'une floculation d'un lait standardisé selon la méthode de **Berridge** modifiée par **Collin *et al*, (1977)**.

Le principe de la mesure repose sur l'appréciation visuelle du temps de coagulation séparant l'ajout de 1 ml d'extrait enzymatique à 10 ml de lait à 32 °C (dans un bain marie) et l'apparition du caillé.

3.2.2. Calcul de l'activité coagulante (AC) :

L'activité coagulante est exprimée en unité internationale de coagulation du lait (MCU/ml) et définie comme étant la quantité d'enzyme nécessaire pour coaguler 10ml de substrat standard en 100 secs à 32°C.

$$AC (MCU) = \frac{10 \times V}{TC \times v}$$

V : Volume de lait (Substrat de Berridge : 12 g de poudre de lait de 0% de MG dans 100 ml de solution de CaCl₂ à 0.01 M)

v : Volume de l'extrait enzymatique

T_C : Temps de coagulation en secondes

3.2.3. Calcul de la force de coagulation

La force de la présure (RS) est définie comme le nombre de volumes de lait coagulé par un volume de présure en 40 min à 35 °C.

$$RS (SU) = \frac{2400 \times V}{TC \times v}$$

Où :

V un volume du coagulant (1 ml),

v un volume de lait (10 ml)

T_c le temps de coagulation en secondes.

3.2.4. Mesure du rendement d'extraction (Rt)

Ce paramètre permet d'estimer la quantité d'enzyme récupérée à partir d'un poids donné de matière végétale mise en œuvre. Il est déterminé en unité d'activité coagulante pour 1g de caillette.

$$\mathbf{Rt = AC \times Volume\ de\ l'extrait / poids\ de\ matière\ végétale}$$

Après extraction et caractérisation du pouvoir coagulant de l'extrait de la fleur d'artichaut, l'extrait coagulant de couleur brun foncé est congelé à -4°C jusqu'à réalisation de l'essai fromager.

3.3. Essai de fabrication de fromage Camembert**3.3.1. Diagramme de fabrication du Camembert**

Au lait préalablement pasteurisé (à $75 - 80^{\circ}\text{C}$ pendant 15 secs) et refroidi jusqu'à 35°C , un ferment est ajouté. Lorsque l'acidité du lait atteint 18°C c-à-d, un emprésurage adéquat du lait fermenté est opéré. 45ml d'extrait enzymatique végétal brut sont ajoutés au lait fermenté, qui après coagulation (1h30), découpage et brassage, le caillé est mis en moule. Les différentes étapes du diagramme de fabrication sont décrites dans les (figures 30 et 31).

Parallèlement à notre essai avec l'extrait coagulant végétal, un essai témoin est réalisé avec l'enzyme de référence (Marzyme mt 2200 Powder).

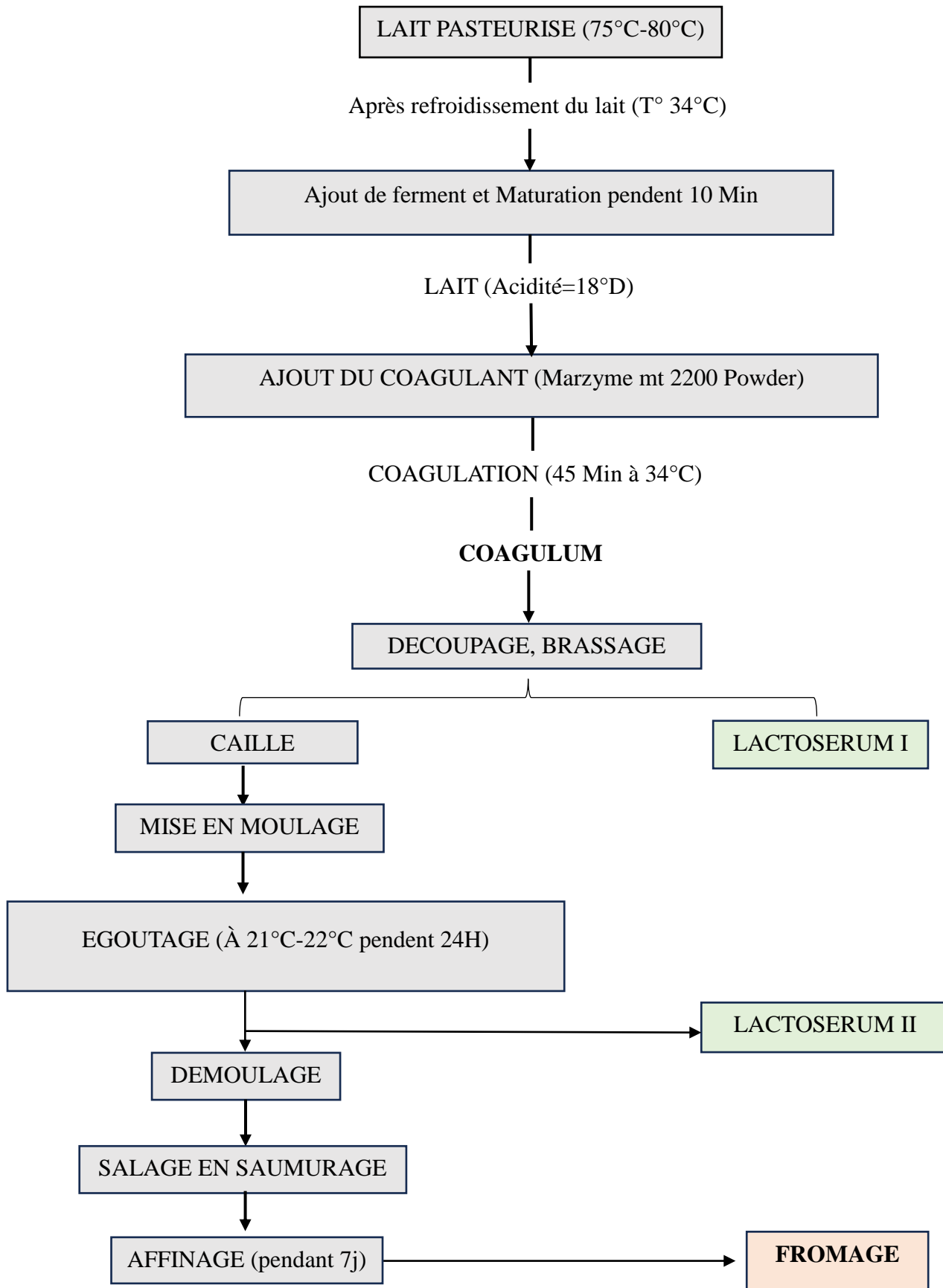


Figure 29. Diagramme de fabrication du fromage à pâte molle 'Camembert' réalisé selon les étapes de fabrication dans l'unité industrielle 'Thala'

3.3.2. Etapes de réalisation de l'essai fromager

Le lait collecté auprès des éleveurs bovin de la région de Sétif, est transporté dans des citernes en acier jusqu'à l'usine située dans la commune de Béni Zmenzer vers 10h du matin. Un contrôle de l'acidité du lait et de sa teneur en calcium est réalisé puis il est transféré au tank à lait pour la Pasteurisation à 75-80°C pendant 15 secs est versé dans un bidon en acier gradué de 10L. Après refroidissement du lait jusqu'à 34°C, un ferment est ajouté au lait pour réagir pendant 10 mn. Après acidification du lait (acidité =18°D), un emprésurage est réalisé avec 45ml d'extrait enzymatique de la fleur d'artichaut est mélangé au lait acidifié. Le caillage du lait a pris presque 1h30, le caillé est découpé en petit cube d'environ 6,25 cm² à l'aide d'un couteau puis brassé à l'aide d'une spatule en silicone, le caillé est vivement brassé pour dégager le lactosérum.

La mise en moule du caillé est effectuée sur un bloc de moule qui est laissé environ 40 mn pour éliminer l'excès de lactosérum. Après cette période de repos et d'égouttage, le bloc à moule est retourné puis compléter avec du caillé une deuxième fois.

Les fromages sont transférés pour égoutter dans une chambre froide à 21-22°C pendant 24H.

Une fois l'égouttage terminé, les fromages sont enlevés des blocs à moule et placés sur les claies ensuite les fromages sont immergés dans une saumure (600 ml d'eau distille + 50g de sels) pendant 15 min.

Les fromages sont transférés dans un hâloir ventilé (T13°C et H 80%), et un retournement des fromages est opéré chaque 2 jours pour que la croûte se développe.

Après 7 jours d'affinage, les fromages sont emballés manuellement. Les étapes de la réalisation du fromage sont illustrées en photos (figs 30 et 31).



Figure 30. Les différentes étapes de l'essai fromager avec l'extrait coagulant de la fleur de l'artichaut



Figure 31. Opération de l'emballage

3.3.3. Evaluation de l'impact du coagulant végétal sur la transformation fromagère

a. Analyses physico-chimiques du lait, du lactosérum et du fromage

Au cours de la réalisation de l'essai de fabrication du fromage Camembert, un échantillon de lait de mélange et un échantillon de lactosérum récupéré après l'égouttage des caillés sont gardés pour mesurer le pH et déterminer la composition physico-chimique par le LactoScan (Milkotronic LTD, Bulgaria). Un échantillon de fromage est analysé par le Foodscan pour déterminer le pH et déterminer la composition physico-chimique.

b. Bilan de fabrication

Lors de la fabrication fromagère, le bilan matière est utilisé pour vérifier l'efficacité du coagulant par la mesure de la répartition des matières à l'issue des deux fabrications. Il permet d'estimer les pertes de matière qui sont liés à la nature du coagulant. Il égale à :

$$\text{Matière brute (\%)} = \text{Entrée (poids L)} - \text{Sorties (poids C + poids S)}$$

Avec : Poids_L (%) : poids du lait

Poids_C (%) : poids du caillé

Poids_S (%) : poids du lactosérum

Le bilan des constituants du lait se calcule suivant la formule suivante :

$$\text{Bilan X} = \text{Ecart (bilan sortie - entrée de X)} \times 100 / \text{teneur globale (X en kg)}$$

c. Rendement fromager et coefficients de récupération

Les rendements de fabrication (rendements Fromager en frais (RFf) et les coefficients de récupération de matière (Cr) sont calculés à partir des données de suivi de fabrication et des résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur les laits de fabrication et les caillés et lactosérums obtenus à l'issue des fabrications.

Le RFf du fromage frais correspond au rapport de la masse du caillé obtenu (m caillé) après égouttage sur la masse de lait (m lait) mise en œuvre dans la fabrication. Le rendement fromager en frais du fromage Edam correspond au rapport de la masse du caillé obtenu (m caillé) après pressage sur la masse de lait (m lait) mise en œuvre dans la fabrication. Il est exprimé en pourcentage.

$$\text{RFf} = \text{m caillé (kg)} / \text{m lait (kg)} \times 100$$

L'humidité du fromage dégraissé (HFD) peut également être calculée pour apprécier la disponibilité de l'eau dans les caillés et caractériser les fabrications du point de vue technologique. Il est exprimé en pourcentage.

$$\text{HFD} = 100 - \text{EST du fromage (\%)} / 100 - \text{MG du fromage (\%)} \times 1$$

Le coefficient de rétention (Cr) d'un élément correspond au rapport de la masse de l'élément dans le caillé sur la masse de l'élément dans le lait. Il est exprimé en pourcentage. Soit A l'élément considéré :

$$\text{Cr} = [\text{Teneur en A dans le caillé (g/kg)} \times \text{m caillé (g/kg)} / \text{Teneur en A dans le lait (g/kg)} \times \text{lait (g/kg)}] \times 100$$

$$\text{Cr} = \text{MG f} \times \text{Q f} / \text{MG l} \times \text{Q l (g/kg)}$$

4. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle fait appel à des consommateurs (30 personnes dont 9 filles, 6 femmes, 8 Homme, 7 Garçon ; âgée 17- 60 ans) et à leur sens de la vue, de l'odorat, du goût, du toucher et de l'ouïe pour mesurer les caractéristiques sensorielles et l'acceptabilité du produit.

Le but de cette appréciation est de pouvoir comparer entre les deux échantillons de fromages afin d'évaluer l'impact du coagulant sur la qualité organoleptique du produit final.

Le test de dégustation a porté sur l'évaluation des critères suivants: la consistance, le goût, et l'aspect visuel. Le test de dégustation a consisté en la présentation des deux échantillons de fromage aux panélistes de manière anonyme qui ont exprimé et noté leur préférence. Les deux échantillons sont codés par des lettres alphabétiques A et B.

Après pesée et mesure de la forme, les fromages sont présentés entiers pour une première impression et distinguer la ressemblance/différence des deux types de fromages (coagulant végétal et coagulant de référence) sur la base de l'apparence (Forme, Taille, Surface, Irrégularité et Couleur)

En deuxième étape, les fromages sont présentés et découpés de façon aléatoire afin de décrire l'intensité de l'odeur (faible ou forte), l'intensité de l'arôme et de la Saveur (Intensité du sucré, du salé, de l'acide et de l'amer) ainsi que l'arrière-goût et sa persistance. En absence de texturomètre, nous nous sommes limités à faire une description de la texture selon les critères descriptifs montrés dans le tableau suivant :

Tableau 8. Critères descriptifs du fromage.

Critères Descriptifs	
Crémeux	Onctueux
Coulant	Fondant
Croûte épaisse	Croûte granuleuse
Gras	Huileux, gras, beurré
Douce	Souple
Cœur dur	Sec, rêche
Tendre	Légère
Aéré	Mousseuse
Caoutchouc	Elastique,
Filant	Granuleux
Piquant	Lactique
Lisse	Gélatineux
Hétérogène	Inégale
Savon	Ferme
Crayeux	Farineux, plâtreux,
Frais ou acidifié	Grumeleux
cassant, compact	Résistant, tenace,

CHAPITRE III

RESULTATS ET DISCUSSION

I. Etude du marché dans la wilaya de Tizi Ouzou

1. Culture de l'artichaut

Les statistiques de la DSA et la MADR ont montré, au départ, l'existence de la culture d'artichaut à Tizi ousou pour les années 2016, 2018, 2020 et 2021 (tableau 09).

Tableau 9. Culture d'artichaut dans la région de tizi Ouzou. (DSA, 2023).

Années	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
2016	10	1500	150
2018	15	2250	150
2020	15	1140	60
2021	5	325	65

L'enquête approfondie menée pour déterminer les terrains et les agriculteurs concernés nous a conduit à conclure la non existence à grande échelle, de cette spéculation dans la wilaya avec la confirmation de ces organismes (DSA et Ministère de l'agriculture) qui ont signalé que les statistiques concernent la carde et non pas l'artichaut.

Selon **ANIREF 2020** la superficie agricole utile (SAU) de la wilaya est répartie entre la zone de plaine 19 008 ha de SAU et la zone de montagne 79 834 ha de SAU qui fait au totale 98 842 ha.

En raison de son caractère montagneux, cette surface agricole est dominée par l'arboriculture (Oliviers et figuiers principalement) 47,6% de son espace total. (**Abide, 2014**).

On ce qui concerne la surface destinée à l'agriculture maraichère, elle est dominée par la pastèque, la pomme de terre et d'autres spéculations, rentables et plus consommées dans la wilaya (tableau 10).

Le climat de la région permet de cultiver la carde qui est de la même famille botanique que l'artichaut, mais la carde est plus cultivée et connue depuis Longtemps en raison de sa consommation.

Tableau 10. Superficie et production des cultures maraichères dans la wilaya de Tizi Ouzou (DSA, 2020).

Culture maraichère	Pastèque	Pommes de Terre	Oignon	Melon	Tomate	Piment	Haricots verts
Superficies (ha)	1,059.50	699.50	903,95	404,02	175,98	150,78	306,04
Production (qx)	354,530.0	178,547.0	127,04.5	93,969.0	175,98	24,558.5	24,566.5

L'enquête menée conduit à conclure que dans la wilaya de Tizi Ouzou, la culture d'artichaut n'existe que dans les petits jardins à titre familial.

2. Caractérisation des variétés d'artichaut commercialisées à Tizi-Ouzou

Les visites répétées des trois marchés situés dans différentes régions de la wilaya, le premier dans les 2000 logements à la ville, le deuxième à Alma dans la commune de Béni Zmenzer et le troisième à Boghni (fig. 21) a permis de récolter des échantillons d'artichaut et des informations sur sa consommation et sa commercialisation.

Les vendeurs de fruits et légumes achètent l'artichaut du marché de gros qui se trouve à Tazmalt El Kaf (Tizi Ouzou) à 4h du matin, l'heure d'arrivée des camions qui approvisionnent la wilaya en artichaut, généralement, de Relizane, Boumerdes et même d'autres wilayas.

2.1 Caractérisation morphologique

Nous avons distingué, morphologiquement, trois variétés vendues sur le marché de Tizi Ouzou (Figs 34 et 35) sous deux noms ; la Normale et la Royale. Les caractères morphologiques des trois variétés sont dans les tableaux 11 ,12 et 13.

Deux variétés caractérisées par la couleur violette des bractées sont appelées : la Royale. La troisième caractérisée par la couleur verte des bractées est appelée la Normale.

Les vendeurs s'approvisionnent des autres wilayas sans aucune identification de la variété. Des recherches bibliographiques et des communications personnelles avec des agriculteurs ont permis de reconnaître les variétés, le Violet d'Alger et la Romanesco, par un cultivateur de l'artichaut dans la wilaya de Relizane. La troisième, opale, est identifiée selon la bibliographie (Marhp, 2010).



Figure 34. Artichaut commercialisé le 20/03/2023 sur le marché des 2000 logements (Nouvelle ville Tizi-Ouzou)



Figure 35. Artichaut commercialisé le 26/03/2023 sur le marché d'Alma (Béni Zmenzer).

Tableau 11. Caractérisation morphologique de la variété 1. (Opale)





Caractérisation biométrique des têtes d'artichaut	Paramètre de recherche	Appréciation et mesure	Photos
Caractérisation biométrique des têtes d'artichaut	Poids moyen(g)	293 – 520	
	Poids du capitule (g)	227-422	
	Hauteur totale	24-32,3	
	Diamètre totale (cm) ou calibre	27-39	
	Langueur du capitule (cm)	11-16	
	Présence ou pas de défauts ou d'altération superficielle qui pourrait porter atteinte à l'aspect général du produit, à sa qualité et à sa conservation	Altération due au transport	
	Maladie	Graisse de l'artichaut	
Aspect générale de la tête	Forme du capitule	Allongé	
	Intensités de la découpeure	Moyenne à faible	
	Forme extrémité du lobe	Pas très large	
	Couleur du limbe	Une couleur violet claire a la base des bractées et vertes au sommet	
Coupe longitudinale de la tête	Forme (section longitudinale)	Pas très large	
	Forme sommet	Aplatie	
	Intensité couleur (violet)	Moyenne	
	Bractées externes présence de mucrons, forme du sommet, profondeur de l'échancrure, courbure pointe)	Présence, émarginé, moyenne, légèrement vers l'intérieur	
	Bractée centrale	Pas serré	
Caractéristiques de la partie consommable	Hauteur (cm)	2,8-3,2	
	Largeur(cm)	6,2-8,3	
	Diamètre du réceptacle (cm)	18,3-27	
	Poids(g)	50-97	

Tableau 12. Caractérisation morphologique de la variété Violet 2(Violet d'Alger).









Caractérisation biométrique de têtes d'artichaut	Paramètre de recherche	Appréciation et mesure	Photos
	Poids moyen(g)	202-263	
	Poids du capitule(g)	170-225	
	Hauteur (cm)	17 -26,8	
	Diamètre total (cm) ou calibre	24-30,5	
	Langueur du Capitule	7,8-9,4	
	Présence ou pas de défauts ou d'altération superficielle qui pourrait porter atteinte à l'aspect général du produit, à sa qualité et à sa conservation	Altération due au transport	
Maladie	Graisse de l'artichaut		
Aspect générale de la tête	Forme du capitule	ovale	
	Intensités de la découpure	Moyenne	
	Forme extrémité du lobe	Large	
	Couleur du limbe	Vert avec quelque trait violet	
Coupe longitudinale de la tête	Forme (section longitudinale)	Ovale	
	Forme sommet	Aplatie	
	Intensité couleur (violet)	Faible	
	Bractées externes (présence de mucrons, forme du sommet, profondeur de l'échancrure, courbure pointe)	Présence, aplatie, émargé, faible, légère vers l'extérieur	
	Bractée centrale	serre	
Caractéristiques de la partie consommable	Hauteur (cm)	2-2,3	
	Largeur (cm)	6-7,5	
	Diamètre du réceptacle (cm)	20- 23,6	
	Poids(g)	44-68	

Tableau 13. Caractérisation morphologique de la variété 3. (Romanesco).

Caractérisation biométrique de têtes d'artichaut	Paramètre de recherche	Appréciation et mesure	Photos	
	Poids moyen(g)	400-424		
	Poids du capitule(g)	370- 402		
	Hauteur (cm)	26		
	Diamètre totale (cm) ou calibre	27-31,5		
	Langueur du Capitule	8-10		
	Présence ou pas de défauts ou d'altération superficielle qui pourrait porter atteinte à l'aspect général du produit, à sa qualité et à sa conservation	les gelés		
	Maladie	Graisse d'artichaut		
Aspect générale de la tête	Forme du capitule	Conique allongé		
	Intensités de la découpeure	Moyenne		
	Forme extrémité du lobe	Large		
	Couleur du limbe	Vert grisâtre, violet sur les bractées externes		
Coupe longitudinale	Forme (section longitudinale)	Subsphérique écrasé		
	Forme sommet	Arrondie		
	Intensité couleur (violet)	Forte		
	Bractées externes (présence de mucrons, forme du sommet, profondeur de l'échancrure, courbure pointe)	Non, rond, moyenne, vers l'intérieur		
	Bractée centrale	Serre		
Caractéristiques de la partie consommable	Hauteur (cm)	6		
	Largeur (cm)	8		
	Diamètre du réceptacle (cm)	6		
	Poids(g)	60		

La Variété 1 (Opale) se caractérise par un capitule allongé, les bractées sont de couleur violet à la base et vert aux sommets avec présence de mucron (épine) et d'un poids de 227 à 422g. Selon Marhp, (2010) et Voltez, (2020) ces caractéristiques correspondent à la variété Opale qui est un hybride F1 de type « violet de province ». Selon Marhp, (2010) le poids du capitule de cette variété est de 300 à 400 g mais le poids est un caractère génétique quantitatif qui dépend des facteurs du milieu. La profondeur de l'échancrure de cette variété est moyenne, la courbure des pointes est légèrement vers l'intérieur. La partie consommable est caractérisée par une hauteur de 2,8-3,2 cm, une largeur de 6,2 – 8,3 cm, un diamètre de 18,3 -27 et un poids de 50-97g.

La variété 2 (Violet d'Alger) se caractérise par un capitule ovale, les bractées sont de couleur vert avec des traits violet et la courbure des pointes est vers l'extérieur avec présence de mucron. Le poids du capitule est de 170 à 225g. ces caractéristiques correspondent à la variété Violet d'Alger qui est, selon ITCMI, (2015) la variété Violet d'Hyères acclimatée en Algérie.

Selon Marhp, (2010), le poids du capitule de cette variété est de 200 à 250g. Elle se caractérise aussi par une profondeur faible de l'échancrure, une courbure légèrement vers l'extérieur des pointes. La partie consommable est caractérisée par une hauteur de 2 – 2, 3cm, une largeur de 6 – 7,5 cm, un diamètre de 20 -23,6 cm et un poids de 44- 68g.

La variété 3 (Romanesco) se caractérise par un capitule subsphérique écrasé, les bractées externes sont de couleur vert grisâtre violet et sans mucrons. Le poids de ce capitule est de 400 à 424g. ces caractéristiques correspondent, selon Merhap, (2010), à la variété Romanesco. D'après (Gérard, 2021) le poids du capitule de cette variété est inférieur à 700g. la profondeur de l'échancrure est moyenne, les pointes sont courbées vers l'intérieur. La partie consommable est caractérisée par une hauteur de 6 cm, une largeur de 8 cm, un diamètre de 6 cm et un poids de 60g.

Les variétés vendues à la wilaya de Tizi Ouzou correspondent à celles citées par l'ITCMI, (2021) comme étant les variétés les plus cultivées en Algérie il s'agit de : le violet de Provence, le violet d'Hyères et le blanc d'Hyères

2.2 Teneur en minéraux

Tableau 14. Teneur en minéraux de différentes parties de la tête d'artichaut

Variété Echantillon	Violet d'Alger	Opale	Romanesco
Réceptacle	8,8285%	12,6608%	0,0692%
Bractée	6,0423%	3,5839%	0,0766 %
Pédoncule	/	8,8147%	/

Les résultats montrent que l'artichaut est riche en minéraux et on constate aussi que la variété Opale est la plus riche.

2.3 Enquête sur la consommation

L'artichaut est une plante pas assez connue, par le consommateur, à Tizi Ouzou du point de vu de l'origine, mode de culture et les variétés. En effet, l'artichaut ayant des bractées de couleur violet foncé ou moyenne est appelé la variété Royale et celui qui a des bractées vertes colorées légèrement ou pas en violet, est appelé la Sauvage ou la Normale selon les régions.

La saison de vente et de commercialisation s'étale de fin novembre à juin.

Les critères de choix au magasin sont le prix et l'aspect visuel du produit. Le consommateur préfère le produit le moins endommagé mais à la fin de la saison, l'artichaut, le plus tendre, est le plus vendu.

L'artichaut est généralement consommé au plus tard une semaine après l'achat, il est conservé dans le bac à légume du frigo. Pour certains consommateurs, la conservation de la partie consommable se fait dans le congélateur (pour le mois sacré de ramadan). La quantité d'artichaut consommé est de ½ à 2 têtes d'artichaut par repas. D'après l'enquête réalisé parmi les 44 personnes interrogées, 11 personnes ne consomment pas l'artichaut durant toute la saison, 13 personnes le consomment une fois par semaine, 13 personnes le font 2 fois par semaine et 7 personnes 3 fois par semaine parmi eux les personnes âgés qui ont le diabète.

Tableaux 15. La quantité (g) d'artichaut consommée par personne durant la semaine (le poids moyen de la partie consommable est d'environ, 63g)

Poids consommé par personne (g)	Nombre de personne
0	11
31,5	4
63	12
94 ,5	2
126	7
189	7
283,5	1

Le tableau 15 montre que la moyenne de la consommation annuelle (8 mois) par individu est d'environ 2,5 kg. La consommation dans la wilaya de Tizi-Ouzou est inférieure à la consommation italienne et espagnole qui atteint 8 à 9 kilos par personne et supérieure à la consommation française estimée à 400g (AFP, 2023). Les personnes âgées, le consomment plus par rapport aux jeunes surtout le mois de ramadan. Barreiro (2023) signale que près de 70 % des consommateurs ont plus de 60 ans en France

Les principaux freins à sa consommation sont soit le prix élevé qui dépasse 170da par fois ou la difficulté de nettoyage ou encore, le goût pour certains consommateurs.

L'artichaut idéal, pour le citoyen de Tizi Ouzou, est celui qui a le capitule charnu et tendre et à prix raisonnable.

Ce qui incite à acheter l'artichaut est le goût, la volonté de diversité nutritionnelle et aussi les vertus de cette plante.

L'artichaut est consommé cru (salade) ou cuit (tajine et autres)

II Valorisation de l'extrait coagulant de la fleur d'artichaut en fabrication fromagère

1. Caractérisation du pouvoir coagulant de l'extrait aqueux de la fleur d'artichaut

L'extrait aqueux obtenu par macération d'un poids unitaire de broyat de fleurs d'artichaut (PU), dans de l'eau (Rapport P/V = 100/15), pendant 1 heure d'incubation à température ambiante, a montré un temps de coagulation de 55 secs qui correspond à une activité coagulante de 1.82 MCU/ml. Ce résultat obtenu selon les conditions opératoires rapportées par **Chen et al. (2003)** est comparable aux résultats rapportés pour l'extrait coagulant de la

fleur de *Cynara cardunculus* (Ghribi et al., 2022). En effet, ces auteurs soulignent que l'activité de leur extrait coagulant varie entre 0.295-1.668 MCU/ml en fonction de la température. Nos résultats sont cohérent avec ceux des extraits végétaux comme celui de *Capparis spinosa* (Demir et al., 2008) et du rhizome de gingembre (Hashim et al., 2011). Les protéases de *Calotropis procera* enregistrent des temps de coagulation plus lents (> 2min) (Baba-Moussa et al., 2007).

La force coagulante de notre extrait enzymatique brut est de 436, 36 (SU). Ce résultat est supérieur à celui rapporté par Benyahia et al. (2021) pour l'extrait de *Pergularia tomentosa* (230.05 ± 0.37 (SU)). Néanmoins, l'extrait coagulant brut de cette plante spontanée de la région de Biskra présente étonnamment une activité coagulante de 97.19 ± 4.67 (R.U mL⁻¹). Le rendement d'extraction ou le taux d'obtention d'extrait coagulant à partir du matériel foliaire qui est les fleurs d'artichaut est de 7.28 MCU/g. Le taux d'extraction varie en fonction du milieu d'extraction, du temps de macération et de la quantité de matière végétale mise en œuvre. Le taux de purification de l'extrait brut influe également le rendement en protéines coagulantes (Chen et al., 2003).

Par ailleurs, les travaux sur la purification de l'extrait brut de la fleur d'artichaut par chromatographie sur colonne a permis d'identifier trois protéases nommées par Cynarase A, B et C qui sont différent par leur pouvoir coagulant (Sidrah et al., 2005).

2. Evaluation de l'impact du coagulant végétal sur la transformation du lait en fromage Camembert

L'extrait végétal obtenu précédemment, est utilisé en tant qu'agent coagulant du lait pour un essai de fabrication d'un fromage à pâte molle qui de type Camembert (diagramme en matériel et méthodes). Un essai fromager témoin est réalisé afin de comparer l'aptitude fromagère du coagulant végétal par rapport au coagulant de référence (Marzyme mt 2200 Powder) employé par le fromager (région de Tizi-Ouzou) où nous avons réalisé notre essai expérimental.

2.1. Caractérisation physico-chimique du lait

Le suivi de l'essai de fabrication du camembert (Tableau.16) a montré que le lait de vache frais livré à cette unité fromagère et servant de matière première présente une densité mesurée à 20°C de 1028. Cette valeur moyenne de la densité peut être considérée comme moyennement faible par rapport à la norme qui oscille entre 1028 et 1032. D'après Mathieu (1998), la densité dépend de la teneur en matière utile. En effet, la matière sèche a enregistré

une moyenne de 101,2 g/l qui est inférieure à la norme de 130 g/l pour le lait de vache frais. La teneur en matière grasse (17g/l) est en dehors de l'intervalle de 28 à 32 g/l avancé par le même auteur pour le lait de vache frais. Ce résultat montre que le lait a subi un écrémage partiel, ce qui s'est répercuté sur son taux de matière sèche et sa densité. Le lait de vache frais livré à cette unité de production contient une teneur moyenne en protéines (MP) de 30 g/l. La teneur en lactose (45 g/l) est dans la fourchette avancée par Mathieu (40 - 50 g/l). La teneur en sels minéraux est faible par rapport à la norme du lait de vache qui devrait enregistrer une teneur entre 8 à 10g/l.

Par ailleurs, le pH et l'acidité du lait sont conformes aux normes et montrent que ce lait est de bonne qualité hygiénique. En effet, l'acidité du lait est un indicateur de qualité au moment de sa livraison puisqu'elle permet d'apprécier la quantité d'acide produite par les bactéries de contamination (Joffin et Joffin, 1999).

Tableau 16. Caractéristiques physico-chimiques du lait de vache

Paramètres	<i>pH</i>	<i>A</i> (°D)	<i>Densité</i>	<i>MS</i>	<i>MG</i>	<i>MP</i>	<i>Cendres</i>	<i>Lactose</i>
Lait	6,65	16	1028	101,2	17,4	30,08	6,5	45

A (°D) : Acidité ; MS : Matière sèche ; MG : Matière grasse ; MP : Matière protéique

2.2. Essais de fabrication de fromage

Les deux fabrications de fromages réalisées de façon indépendante (1 essai de fabrication avec 45 ml d'extrait brut du coagulant végétal et 1 essai avec 100 ml du coagulant industriel) sont effectuées respectivement sur des volumes de 10 L et de 400 L de lait pasteurisé. Au cours de chaque fabrication, les laits, caillés et lactosérums sont pesés puis des échantillons sont prélevés en vue d'effectuer des analyses physico-chimiques (pH, EST, cendres, MAT). Les temps de prise des deux caillés étaient significativement différents. Il est de 1h30 min pour notre essai alors qu'il est de 45 min pour l'essai industriel (essai témoin).

2.2.1 Caractérisation physico-chimique des caillés et lactosérums

Les masses, pH et teneurs en EST, MAT, MG et cendres des laits, caillés et lactosérums sont déterminés (Tableau 17) en vue de réaliser des bilans matière et calculer les rendements fromagers.

Tableau 17. Caractéristiques physico-chimiques des laits, caillés et lactosérums.

	Essai V (avec le coagulant végétal)			Essai T (avec le coagulant témoin)		
	Lait	Caillé1	Sérum	Lait	Caillé1	Sérum
<i>Masse (Kg)</i>	10,28	1.105-1.113	9,1	411,2	41,6-48	369,9-363,2
<i>pH (à 20 °C)</i>	6.6	6.31	6,20	6.6	6,49	6,25
<i>EST (%)</i>	10,12	27.33	5,81	10,12	30,72	6,71
<i>MAT (g/Kg)</i>	30,08	32, 21	1,92	30,04	34,93	1,93
<i>MG (g/Kg)</i>	17,4	6.56	0.09	17,4	9,28	0
<i>Cendres</i>	0,64-0,67	1,01	0,46	0,64-0,67	1, 28	0,53
<i>Lactose</i>	44-46	/	32	44-46	/	36.9
<i>Densité</i>	1028,02	/	1021,9	1028,02	/	1023,5

Le tableau 17 montre que la teneur en EST de notre caillé (27.33) est différente à celle rapportée pour l'essai témoin (30,72). La différence entre les teneurs en protéines n'est pas trop importante bien qu'elle soit plus faible pour l'essai avec le coagulant végétal. Cette faible teneur en protéines pourrait être attribuée à une protéolyse plus accrue de l'extrait végétal des fleurs d'artichaut. Le taux de rétention de la matière grasse est bien meilleur dans la fabrication témoin. Des teneurs de 9,28 g/Kg sont enregistrées pour le témoin contre 6.56 g/Kg dans le caillé obtenu de la coagulation du lait avec l'extrait végétal. Ceci indique que le caillé végétal est plus friable que celui obtenu avec le coagulant de référence.

2.2.2 Bilan matière et rendement fromager

Le bilan de masse permet d'estimer les quantités des constituants laitiers entrés en fabrication qu'on ne retrouvera ni dans les caillés, ni dans les lactosérums.

D'après le tableau 18, les valeurs des bilans obtenus dans les 2 fabrications ne sont pas différentes en matière de bilan de masse par contre elles sont nettement différentes concernant les différents constituants (EST, MAT, MG et Cendres). Ces résultats démontrent que l'agent coagulant a un impact sur le taux de répartition des constituants laitiers entre les caillés et lactosérums et que le coagulant végétal influence le taux de récupération des EST, protéines et cendres dans les caillés.

Tableau 18. Bilans et répartition des constituants laitiers à l'issus des 2 fabrications Indépendantes.

Fabrication	Répartition	Bilan matière (%)				
		Masses	EST	MAT	MG	Cendres
Essai V	Caillé	1.113	27.33	32, 21	6.56	1,01
	Lactosérum	9,1	5,81	1,92	0.09	0,46
	Total	10,213	33,14	34,13	6,65	1,45
Essai I	Caillé	1,04	30,72	34,93	9,28	1, 28
	Lactosérum	9,25	6,71	1,93	0	0,53
	Total	10,287	37,43	36,86	9,28	1,81

Les rendements de fabrication et les coefficients de récupération des EST, MAT, MG et cendres sont différents pour les 2 fabrications (Tableau 19). Sur le plan technologique, l'HFD et les ratios G/S obtenus pour ces 2 fabrications placent le fromage témoin dans la fabrication de pâte molle stabilisée contrairement au fromage obtenu de la coagulation de l'extrait végétal dans la catégorie de fabrication de pâte pressée non cuite dans la classification technologique de Mietton. En effet, l'essai de fabrication avec le coagulant végétal présente une pâte plus dure qui rappelle le Camembert élaboré avec la poudre de lait et non le lait frais. Il serait intéressant d'analyser sa texture après 45 jours d'affinage.

Tableau 19. Rendements de fabrication, coefficients de récupération des constituants laitiers, HFD et G/S. Les données sont présentées indépendamment pour chaque fabrication.

Fabrication	Rff (%)	HFD (%)	G/S (%)	Coefficients de récupération (%)			
				EST	MAT	MG	Cendres
Essai V	10,75-10,82	66,63	54,83	29.24	11.59	4,05	13.52
Essai I	10,12-11,67	71.15	50,44	30.71	11,76	5,39	19,77

3. Analyse sensorielle

Les résultats de l'essai de dégustation ont permis d'établir le tableau suivant :

Tableau 20. Résultats des critères descriptifs des deux fromages après dégustation (échelle de 1 à 30 personnes).

Critères descriptifs du fromage			
A base de présure végétale		Industriel	
Crémeux	30	Crémeux	30
Douce	16	Douce	20
Cour dur	15	Cour dur	15
Tendre	08	Tendre	08
Aéré	20	Aéré	20
Lisse	16	Lisse	15
Ferme	30	Ferme	00
Lactique	19	Lactique	00
Onctueux	25	Onctueux	25
Croute fleurie	20	Croute fleuri	20
Souple	00	Souple	20
Sec	08	Sec	00
Pâteux	2	Pâteux	
Résistant	12	Résistant	
Compacte	12	Compacte	
Frais	20	Frais	20
Fondant	00	Fondant	20
Amer	25	Amer	
Odeur faible	10	Odeur	
Hétérogène	17	Hétérogène	
Leger	15	Leger	30
Arrière-gout non persistant	15	Arrière-gout	
Sale	30	Sale	30

Après avoir fait la dégustation avec 30 personnes, les résultats obtenus montrent que les croûtes des deux fromages se ressemblent énormément, aucune différence n'est distinguée. Par contre à l'intérieur, une légère différence de couleur est remarquée, le fromage à base de coagulant végétal est légèrement jaunâtre, aussi une différence au niveau de la texture. L'apparence du fromage à base de coagulant végétal n'est pas lisse, il présente une apparence du camembert réalisé avec de la poudre de lait (après 10 J de fabrication). Après plusieurs jours de la fabrication, le cœur du camembert industriel devient fendant, par contre l'autre, il est fendant juste au-dessous de la croûte mais le centre est encore dur.

Du point de vue gustatif, une légère amertume et arrière-goût sont remarqués. Pour une minorité de personne, le fromage neuf est sec. L'amertume plait à une minorité de personnes. C'est surtout les hommes qui préfèrent le fromage amer. D'après Strehler (2021) les plantes peuvent donner un goût amer aux fromages à base de lait de vache, la raison pour laquelle ce lait est remplacé par celui de brebis ou de chèvre.

CONCLUSION

Conclusion

L'artichaut est un légume très riche d'un point de vue nutritionnel mais malheureusement, ne connaît pas un grand succès comme d'autres cultures maraichères (la pomme de terre et la tomate... etc.) chez le consommateur Algérien notamment celui de la région de Tizi Ouzou, surtout chez les jeunes. Il est consommé d'une manière modérée durant la saison de sa production et très rarement hors saison sous forme congelée.

Ce légume n'est pas cultivé à grande échelle, dans la wilaya, la cause principale est la nature accidentée des terrains agricoles. De ce fait, l'approvisionnement du marché se fait généralement de Relizane et Boumerdes et même d'autres wilayas. Trois variétés sont disponibles dans les marchés ; le Violet d'Alger, Romanesco et Opale.

La culture de l'artichaut, nécessite des investissements en termes de Main-d'œuvre, de temps et de ressource, cette culture pérenne qui produit qu'une fois par an et au bout de la deuxième année pour les nouvelles plantes n'est pas avantageuse pour la région qui manque de superficie agricole.

L'artichaut génère plusieurs sous-produits, notamment, des protéases considérées comme des coagulants du lait dans la fabrication fromagère. Leur utilisation a permis de produire un fromage mou de type camembert apprécié par le consommateur de la région. Ce camembert produit possède une apparence externe identique au camembert témoin déjà commercialisé sur le marché national, mais présente une différence au niveau de la texture, l'essai végétale est friable et amer par rapport au témoin qui est lisse et doux.

En perspectives, l'utilisation des coagulants végétaux dans la fabrication fromagère est possible et peut donner des fromages de qualité supérieure. Différentes protéases végétales peuvent être testées dans la fabrication de différents types de fromage afin d'identifier la meilleure formule qui donnera un meilleur fromage.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Reference bibliographique

1. Achika, J., Arthur D., Gérald M., Adedayo. A (2014). Une revue sur les phytoconstituants et les propriétés médicinales associées des plantes de la famille des astéracées. *IOSR J. Appl. Chem.* 7, P 1–8
2. AFP. (2023). L'artichaut, légume en péril ? <https://www.pleinchamp.com/actualite/l-artichaut-legume-en-peril>
3. Alais C. (1975). Sciences du lait. Principes et techniques laitières. *Masson*. Paris. P. 108-645.
4. André G., et Hubert B. (1992). Amélioration des espèces végétales cultiver. Objectifs et critère de sélection. 118P.
5. Atlas- big (2021). Production mondiale d'artichaut par pays. <https://www.atlasbig.com/fr-fr/pays-par-production-d-artichauts>
6. Baba-Moussa F., Baba- Moussa L., Ahissou H., Bokossa I. (2007). Propriétés coagulantes de calotropis provera et ses possibilités d'utilisation en industrie agro-alimentaire. *Revue. CAMES - Série A*, Vol. 05, 7-12.
7. Barbu M., Chevalier G., (.2008). Etude sur la Culture de l' Artichaut en Algérie. Guide Pratique : Culture de l' Artichaut : 1-16
8. Barenton J., Poupon E. (2016). Pharmacognosie : phytochimie, plantes : Lavoisier, médicinales. France : Lavoisier, Tec & Doc. 5^e Edition .1463Pp
9. Barreiro. N (2023). Délaissé par les jeunes, l'artichaut breton menacé de disparaître. *Journal Le point*. https://www.lepoint.fr/societe/delaisse-par-les-jeunes-l-artichaut-breton-menace-de-disparaitre-04-07-2023-2527311_23.php
10. BASF France SAS division Agro-21. (2022). chemin de la Sauvegarde-69134 ECULLY cedex. Agrément n° IFO.
11. Benyahia F. A., Aissaoui Zitoun O ., Meghzili1 B., Fougou E., Zidoune .M. N.(2021). Use of Pergularia tomentosa Plant Enzymatic Coagulant System in Fresh Cheese-Making. *Food and Nutrition Sciences*, 12, 1028-1040.
12. Bixio.A., (2020). Amélioration des espèces végétales cultiver. Objectifs et critère de sélection. *Maison rustique du XIXe siècle, Tome cinquième-Horticulture*. 1^{er} Edition. 768Pp
13. Bouthaina D., (2002-2003)- *Etude un system intègre de micro propagation l'artichaut (Cynara Scolymus L.)*

Reference bibliographique

14. BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M. E., ET BERSET, C., (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology* (28.): 25– 30
15. Charles-Marie M., Dominique B., Francices R., (1996). *Maladies des plantes Maraichères*. 3^e ed. 499p.
16. Chaux, C. et Foury, F., (1994). *Artichaut. Production légumière. Tome 2 : légumes à feuilles, tiges, racines, bulbes*. Ed. Lavoisier. pp 405-435.
17. Chen S., Zhao, J., Agboola S., .2003.. Isolation and Partial Characterization of Rennet-like Proteases from Australian Cardoon (*Cynara Cardunculus L.*). *J. Agric. Food Chem.* 51, 3127-3134.
18. Christe ., (2020). Les variétés d'artichaut. <https://bio-potager.com/les-varietes-dartichauts/>
19. Claverie-Martin F., Vega-Hernandez M.C., (2007). Aspartic Proteases Used in Cheese Making. In : *Industrial enzymes : Structure, function and applications*. Pp.207-219.
20. Cordeiro MC., Pais MS., Brodelius .(1994). Tissue-specific expression of multiple forms of cyprosin (aspartic proteinase) in flowers of *cynara cardunculus*. *Physiologia Plantarum*,92 :645653
21. Cordier J., (2020). Clé d'identification des Astéracées du Centre-Val de Loire (Compilation et adaptation). Conservatoire botanique national du Bassin parisien. 77 p.
22. De Combes, Charles-Jean de (1735-1803). *L'école du jardin potager, contenant la description exacte de toutes les plantes potagères et leur culture*. Pp 512
23. Demir Y., Güngör A. A., Duran, E. D., & Demir, N. 2008. Cysteine protease (capparin) from capsules of caper (*Capparis spinosa*). *Food Technology and Biotechnology*, 46, 286–291
24. Derek B., Munro et Ernest et Small., (1998). *Les légumes de la Canada*. Les presses scientifique CNRC.196 p.
25. Didier B., (2012). Insecte de l'artichaut. N°156, 4p. <http://www.insectes.xyz/pdf/i165didier2.pdf>
26. Domsalla A., Melzig MF.,. (2008). Occurrence and properties of proteases in plant lattices. *Med* 74: 699-711.
27. Doré C., et Varoquaux. (2006). *Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées*. INRA Éditions, Paris, 65-71.
28. Dupont F., Guignard J.L., (2012). *Botanique, les familles de plantes* (15 ed.). France.

Reference bibliographique

29. El Boullani R., Mohammed A., Serghini (2014). Culture in vitro de l'artichaut "Cynara Cardunculus var. Scolymus".296p.
30. Fao state. 2023 <https://www.fao.org/statistics/fr>.
31. Frantianni -tucci M ., Palama M., Pepe R., and Nazzaro F ., 2007. Polyphenolic composition in different parts of some cultivars of globe artichoke (*Cynara cardunculus*. L. var. scolymus L Fiori). J Food chem. Vol. 104. 1282-1286.
32. Frutos M.J., Rulz-Cano D., Valero-Cases E., Valero-Cases E.,Zamora S., Prezilamas F., .(2019). Artichoke (*Cynara Scolymus L.*). Plant and Algae Extracts (3): 135- 138.
33. Ghribi A. M., Gafsi I. M., Blecker C., Attia H., Bouaziz M. A., & Besbes, S. 2022. *Cynara cardunculus* as a potential source of milk coagulating protease: Effects on physical properties of cow's milk. Food Science & Nutrition, 10, 3855–3864. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2981>
34. Gil-Lzquirdo A., Gil-Conessa M., ferres F. (2008). The effect of storage temperatures on vitamin C and phenolics content of artichoke (*cynara scolymus-L.*) head.j. Innov. Food sci, & Energ.tech.vol .2.199.202.
35. Gotez .P & jeune. R, (2007). Monographie médicalisé-phytothérapie 5 :219 ; DOI 10.1007/S10298-007-0256-0.
36. Granday P. (2015). Les préparations coagulantes utilisées en fromagerie. In : Présures et coagulants de substitution. Collin J C. Ed, Quae. Pp 11-60.
37. Haremarugira S., (2019). Etude du pouvoir coagulant et antioxydant de l'artichaut sauvage et de l'artichaut cultivé au Maroc. Université chouaib Doukkali .58p
38. Hashim, M. M., Mingsheng, D., Iqbal, M. F., & Xiaohong, C. (2011). Ginger rhizome as a potential source of milk coagulating cysteine protease. Phytochemistry, 72, 458–464.
39. Ibn Awam., (1865). KITAB AL-FELAHAAH. Tome Premier. 1^{er} Edition - Hardcover - Paris, A. Franck (Albert L. Herold succ.), 1864-1866. - 8vo. 2 vols.
40. Isabelle.C (2023). Puceron. Dégâts et moyens de lutte naturelle. <https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/pucerons-degats-solutions-naturelles>, 1389.html
41. ITCMI., (2015). La culture de l'artichaut. Guide de bonne pratique 17p
42. Jean-Noël P., (2014). Artichaut et Cahardons que l'on mange ; Histoire de plantes-jardin de France 629-Mai-Juin. P43

Reference bibliographique

43. Joffin C., et Joffin JN., (1999). Microbiologie alimentaire. Collection biologie et technique. 5^{ème} édition, p 11.
44. Kerguélen, (1993). Historique de l'index synonymique de la Flore de France, benoit bock. Pp 15 -20.
45. Larbi A., (2014). La couverture sanitaire de la wilaya de Tizi Ouzou. P7.
46. Lassecher M., (2003). Plantes thérapeutiques : tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. France : Tec & Doc P 692
47. Lichou G., et Mansouri N., (2023). Guide de protection raisonnée de l'artichaut. Chambre d'agriculture. 10p
48. Lucey JA., Tamehana M., Singh H., Munro PA. (2000). Rheological properties of milk gels formed by a combination of rennet and glucono-delta-lactone. J Dairy Res. 67(3), 415-27.
49. Mark S. (2023). Des plantes qui font cailler le lait. <https://www.alimentarium.org/fr/magazine/sciences/des-plantes-qui-font-cailler-le-lait>
50. Martinez N., (2021). Sibomes intestins: petit guide de méthodes naturelles pour en finir avec les troubles digestifs .
51. Mathieu, J., (1998). Initiation à la physico chimie du lait. Ed. TEC et DOC. Lavoisier. 220 pp.
52. Merhap (2010). Guide de bonnes pratiques de la culture d'artichaut ; montage art bio : Mise en page 1. A.F.L.P., 2010, 17 :19 page 2
53. Méthode de mesure du taux de cendre (2018). ADEM. <https://cibe.fr/wp-content/uploads/2018/11/fiche18-methodes-mesure-taux-cendre-010367.pdf>
54. OmniBota., 2023. Classification « APG IV ». http://www.omnibota.com/Classification/?Pg=Class&Classe=genre&ID=7675&Name=Sempervivum&ID_Parent=42&NOM_Parent=Crassulaceae&TYPE_Parent=famille.
55. Pétopoulos S., Angela., Carla P., Nikos T., Joosiane V., Marina S., Lilian B., et Isabel C., (2019). composition calorique et nutritionnelle de *Cynara cardunculus* L. graines. Chimie alimentaire . Bioactivités. Elsevier Ltd.
56. Pitrat M., et al. (2003). Histoires de légumes : des origines à l'orée du XXI^e siècle. INRA Editions, 410p. *Planta Med*, 74:699–711.
57. Ramalho-Santos, M., Pissarra, J., Veríssimo, P., Pereira, S., Salema, R., Pires, E., et al. (1997). Cardosin A, an abundant aspartic proteinase, accumulates in protein storage vacuoles in the stigmatic papillae of *Cynara cardunculus* L. *Planta*, 203(2), 204–212.

Reference bibliographique

58. Risso P H., Relling V M., Armesto M S., Pires M S., Gatti C.A. (2007). Effect of size, proteic composition, and heat treatment on the colloidal stability of proteolyzed bovine casein micelles. *Colloid and Polymer Science*, 285 (7), 809-817.
59. Roseiro L., Barbosa M., Jennifer M. (2003). Fabrication de fromage avec des coagulant végétaux. *Dairy Technnology*. Vol 56. N°2. P76-85.
60. Sidrach L., Garcia-Canovas F., Tudela J., Neptuno J., Lopez R.,(2005). Purification of cynarases from artichoke (*Cynara scolymus L.*): enzymatic properties of cynarase A *Phytochemistry* 66 41–49.
61. Simpson M.G. (2010). *Plant systematics*. Academic Press.
62. Strefeler M., (2021). Des plantes qui font cailler le lait. *Alimentarium*. <https://www.alimentarium.org/fr/magazine/sciences/des-plantes-qui-font-cailler-le-lait>
63. Tabet.D, (2022/2023). Module : culture maraichères spéciale ; Prezi. <https://prezi.com/p/uneoi-0sfmegg/artichaut/>
64. Tsouli J., (1974). Etude comparée de l'activité enzymatique de trois variétés d'artichauts du genre *Cynara cardunculus L.* sur la coagulation du lait. *Lait*. Juillet - Août. n° 537. P. 369-399
65. Uhlig H. (1998). *Industrial enzymes and their applications*. New York: Willey & Sons. 435
66. Verissimo P., Faro C., Moir A. J., Lin Y., Tang J., & Pires, E. (1996). Purification, characterization and partial amino acid sequencing of two new aspartic proteinases from fresh flowers. *European Journal of Biochemistry*, 235 : 762–768.
67. Vétier N., Banon S., Ramet J.P, Hardy J. (2000). Hydratation des micelles de caséine et structure fractale des agrégats et des gels de lait. *Le Lait*, INRA Editions, 80 (2), .237-246.
68. Vignola C., (2002). *Science et technologie du lait. Transformation du lait*. Edition presses internationales polytechniques, Fondation de technologie laitière du Québec. 120 pp.