

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

N° Ref :.....



Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de

Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie appliquée

Thème :

Caractérisations pharmacologiques de la famille des Brassicassées ou Crucifères

Présenté par :

LAIB Meriem.

KOUIDER Sami.

Devant le jury composé de :

Présidente : Mme BENMAKHLOUF Zoubida M.C.B C.u.mila

Examineur : Mr BOUHALI Imad-Eddine M.C.B C.u.mila

Encadreur : Mr KELLAB Rabah M.A.A C.u.mila

Année Universitaire: 2020/2021

Remerciements

Avant tout, on remercie Dieu le tout puissant de nous avoir donné la force, le courage et la patience, de mener d'une manière fiable, à terme, ce modeste travail.

Monsieur K. ELLAB Rabah, on tient à vous adresser nos profonds et vifs remerciements, pour être à nos côtés, tout au long de la réalisation de ce travail pédagogique, sans oublier de manifester toutes nos reconnaissances pour votre patience, gentillesse et écoute.

Merci de nous avoir laissé libre dans nos choix.

On adresse également nos reconnaissances à tous les membres de jury, qui ont fait l'honneur de juger ce travail et de participer au jury de ce mémoire. Avec toutes les estime et profonds respects.

Au terme de ce mémoire, on souhaite remercier tous ceux qui ont contribué à participer à la réalisation, de près ou de loin, de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail A :

Mes très chers parents qui m'ont soutenu tout au long de mes études, qui tiennent une place immense dans mon cœur. papa et maman, vous resterez toujours une vraie école de la vie, je ne cesse d'apprendre tous les jours avec vous,

Mes chères sœurs Selma et Dounia, Layan.

Mon cher frère Fateh et sa femme zahra, Karim, Omar, Ahmed, djoud.

Ma grand-mère Akila.

Ma cousine Chaïma.

Tout la famille Laïb

MES AMIES qui m'ont toujours encouragée et à qui je souhaite plus de succès:

Amani, Maroua, chaïma, Safa, hoyame.

Tous ceux qui me sont chers.

Tous ceux qui m'aiment.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail A :

Mes très chers parents qui m'ont soutenu tout au long de mes études.

Mon fiancé.

Mes chers frères Badis , Shoaib , Moussa , Yahia , Ismaël.

Mes chères sœurs Fairouz , Nawara , Aicha , Zahra , Mariem.

Ma famille Kouider.

Mes Collègues et mes Amis.



SAMI

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Table des matières

Liste des tableaux.....	I
Liste des figures.....	II
Liste des abréviations.....	III
Introduction générale.....	1

Références Bibliographiques

Première partie. Synthèse bibliographique

Chapitre 1. La Phytothérapie

I. Phytothérapie.....	2
I.1. Définition	2
I.2. Introduction et bases.....	2
I.3. Classification.....	5
I.4. Les différents types de Phytothérapie	6
I.4.1. Gemmothérapie.....	6
I.4.2. Herboristerie	6
I.4.3. Homéopathie.....	6
I.4.4. Phytothérapie pharmaceutique.....	7
I.4.5. Aromathérapie	7
I.4.5.1. C'est quoi une huile essentielle ?.....	7
I.4.5.2. Etat naturel et répartition.....	7
I.4.5.3. Composition des huiles essentielles	7
a. Les terpénoïdes	8
b. Les composés aromatiques	8
c. Les composés d'origines diverses	8
I.4.5.4. Rôle des huiles essentielles chez les plantes	8
I.5. Les avantages de la phytothérapie.....	9
I.6. Les plantes médicinales.....	9
I.7. Le pouvoir des plantes.....	9

I.8. Efficacité des plantes entières	10
II. La phytochimie.....	10
II.1. Définition du « screening »	10
II.2. Les principes actifs.....	10
II.2.1. Définition	10
II.2.2. Nature des principes actifs	10
II.3. Phytochimie qualitative	11
II.3.1. Les alcaloïdes	11
II.3.2. Les saponosides.....	11
II.3.4. Les flavonoïdes	12
II.3.5. Les tannins.....	12
II.3.6. Les glucosides cardiotoniques.....	12
II.3.7. Anthraquinoniques	12
II.3.8. Les glycosides cyanogènes.....	13
II.3.9. Les mucilages.....	13
II.3.10. Coumarines.....	13
II.3.11. Les huiles essentielles	14
II.3.12. Les phénols.....	14
II.3.13. Les polysaccharides.....	14
II.3.14. Les anthocyanes	14
II.3.15. Amidon.....	14
II.3.16. Les acides aminés.....	15
II.3.17. Les stérols et triterpènes	15
II.4. Phytochimie quantitative	15
II.4.1 Humidité.....	15
II.4.2. Sucres totaux	15

Chapitre 2. Les spéculations étudiées

I. Aperçu général sur les spéculations étudiées.....	17
I.1. Les BRASSICASSEES	17
I.1.1. Définition des BRASSICACCEES	17
I.1.2. Caractéristiques.....	17
I.1.2.1. Répartition géographique.....	18
I.1.2.2. Origine et classification des brassicacées	20

I.1.2.3. Taxonomie des Brassicaceae	20
I.1.2.4. Ecologie de l'espèce.....	21
I.1.2.5. La diversification des brassicacées cultivées	21
I.2. Le chou ou <i>Brassica oleracea cv. capitata L. var</i>	22
I.2.1. Taxonomie	22
I.2.2. Distribution de la culture du chou pommé	25
I.2.3. Importance nutritionnelle du chou.....	26
I.3. Chou fleur ou <i>Brassica oleracea var. botrytis L., 1753</i>	27
I.3.1. Caractéristiques.....	28
I.3.2. Taxonomie	29
I.4. Moutarde des champs ou sauvage (<i>Sinapis arvensis</i>)	30
I.4.1. Définition.....	30
I.4.2. Caractéristiques.....	30
I.4.3. Utilisation de la moutarde dans l'alimentation.....	31

Chapitre 3. Caractérisations pharmacologiques

I. Composition biochimique des plantes étudiées.....	32
I.1. Le chou (<i>Brassica oleracea cv. capitata L. var</i>)	32
I.2. Chou fleur.....	39
I.2.1. Propriétés utiles et nocives du chou-fleur.....	44
I.2.2. Composition chimique.....	44
I.2.2.1. Vitamines	44
I.2.2.2. Minéraux	45
I.2.2.3. Autres composants	45
I.2.3. Propriétés utiles	46
I.2.3.1. Le chou est très utile	46
I.2.3.2. Système cardiovasculaire.....	46
I.2.3.3. Digestion	46
I.2.3.4. Prévention du cancer.....	47
I.3. Moutarde des Champs ou sauvage (<i>Sinapis arvensis</i>)	48
I.3.1. Caractéristiques de la moutarde.....	48
I.3.1.1. Folate.....	49
I.3.1.2. Vitamine C	49
I.3.1.3. Vitamine A.....	49

I.3.1.4. Vitamine K.....	49
I.3.1.5. Manganèse	49
I.3.1.6. Calcium.....	49
I.3.1.7. Magnésium.....	50
I.3.1.8. Fer	50
I.3.1.9. Cuivre.....	50
I.3.1.10. Sélénium	50
I.3.1.11. Vitamine B2	50
I.3.1.12. Vitamine B6.....	50
I.3.1.13. Vitamine E	51
I.3.1.14. Teneur en glucosinolates.....	51
I.3.1.15. Pouvoir antioxydant	51
I.3.1.16. Caroténoïdes	51
I.4. Les propriétés médicinales de la moutarde se résument en.....	52
<input type="checkbox"/> Utilisation interne	52
<input type="checkbox"/> Utilisation externe.....	52
I.5. Indications thérapeutiques usuelles	52
II. Intérêts pharmacologiques des Brassicacées.....	53
II.1. Amélioration de la santé cardiovasculaire	53
II.2. Troubles de l'estomac	53
II.3. Lutte contre le cancer	53
II.4. Prévenir la dégénérescence maculaire ou dégradation d'une partie de la rétine (la macula)	54
II.5. Eviter les dommages causés par la radiation ultraviolette	54
II.6. Prévenir les troubles neurodégénératifs	54
II.7. Hypertension et cholestérol	54
II.8. Il atteint l'équilibre d'électrolytes	55
II.9. Préservation de la santé du cerveau et des cellules	55
II.10. Manger du chou-fleur contrôle le diabète	55
Autres indications thérapeutiques des crucifères.....	56
III. Les glucosinolates.....	56
III.1. Composition des glucosinolates	56
III.2. Biosynthèse.....	57
III.3. Hydrolyse et produits de dégradation	58

III.4. Effets thérapeutiques	60
III.5. Effets indésirables.....	60
III.6. Inactivation de la myrosinase	60
III.7. Effet antithyroïdien.....	61
<i>Conclusion</i>	62
<i>Références Bibliographiques</i>	63
Résumé	

Liste des tableaux

Tableau 1. Récapitulatif des superficies, des productions et des rendements des principales brassicacées cultivées en Algérie (Données statistiques agricole, 2014).	19
Tableau 2. La composition nutritionnelle du chou par 100g de partie comestible (Holland <i>et al.</i> , 1991).	26
Tableau 3. Taxonomie de Chou fleur (Site web 4).	29
Tableau 4. Composition en macronutriments du chou cru.....	33
Tableau 5. Composition en minéraux et oligo-éléments du chou cru.....	34
Tableau 6. Composition en vitamines du chou cru.	34
Tableau 7. Composition en polyphénols du chou cru.	36
Tableau 8. Composition en macronutriments du chou bouilli.	36
Tableau 9. Composition en minéraux et oligo-éléments du chou bouilli.	37
Tableau 10. Composition en vitamines du chou bouilli.....	38
Tableau 11. Les compositions nutritionnelles pour 100 g de chou fleur.	40
Tableau 12. Les compositions et valeurs des vitamines et assimilés pour la chou fleur.	41
Tableau 13. Les compositions et valeurs des Minéraux et oligo-éléments pour la chou fleur.	42
Tableau 14. Les compositions et valeurs des Lipides pour la chou fleur.....	43
Tableau 15. Les compositions et valeurs des Glucides pour la chou fleur.	44
Tableau 16. Chou fleur pour 100 grammes de produit fini.	47
Tableau 17. Valeurs nutritionnelles et caloriques de la moutarde.	48

Liste des figures

Figure 1. Infusion	2
Figure 2. Différents types d'ingrédients utilisés en phytothérapie.	4
Figure 3. Evolution des superficies plantées en crucifères en Algérie (Données statistiques agricole, 2014).....	19
Figure 4. A : Chou pommé (<i>Brassica olearacea var.capitata</i>) / B : Chou fleur (<i>Brassica olearacea var.Botrytis</i>).....	22
Figure 5. Pied de chou ou chou pommé (<i>Brassica olearacea var.capitata</i>).	23
Figure 6. Chou fleur nu (Site web 3).....	29
Figure 7. Effet des Brassicassées sur la santé cardiovasculaire.	53
Figure 8. Vaisseau avec cholestérol.	55
Figure 9. Structure générale des glucosinolates.	57
Figure 10. Mécanisme général de biosynthèse des glucosinolates.....	58
Figure 11. Dégradation des GSL.	59

Liste des abréviations

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

GSL : Glucosinolate

Introduction générale

Introduction générale

L'Algérie possède une flore extrêmement riche et variée représentée par des plantes aromatiques et médicinales dont la plupart existe à l'état spontané. La valorisation de ces plantes demeure un domaine de grande importance pour le pays (Amroune, 2018).

Si la médecine, par les plantes connaît un engouement extraordinaire à travers le monde, il est impossible de ne voir là qu'un phénomène de mode. Bien sûr, notre époque est profondément marquée par la recherche d'une vie plus saine, d'un retour à la nature, aux valeurs essentielles. Cependant, le succès de la Phytothérapie s'explique avant tout par le niveau de maîtrise technique et scientifique que l'on atteint désormais dans ce domaine. L'agronomie, la chimie, la pharmacologie ont permis, en progressant, de mettre au point des formes thérapeutiques et galéniques plus sûres, plus adaptées, et plus efficaces. Par son action en douceur et en profondeur, la Phytothérapie apparaît d'autre part comme la réponse idéale aux "maladies du siècle" qui caractérisent nos sociétés (Chabrier, 2010).

Dans l'alimentation, le choix de matière première constitue une ration saine et équilibrée. Toutefois, ceci est rendu difficile quand on a des matières premières de haute valeur nutritionnelle avec une forte teneur en composés indésirables qui nuisent à la santé et qui réduisent leurs performances (Slimani, 2011).

Les crucifères, principalement le chou, le Chou fleur et la Moutarde des champs ou sauvage sont des matières très appréciables sur le plan nutritionnel. En effet, il serait intéressant de les introduire dans l'alimentation. Cependant, leurs teneurs en certains composés facteurs antinutritionnels affectent quelques paramètres biochimiques et se répercutent sur la santé humaine (Slimani, 2011).

Notre travail est divisé en trois grandes parties bibliographiques à savoir

- ✓ La phytothérapie où il est relaté son rôle principal, en particulier son effet sur les maladies et leur cure
- ✓ Les plantes étudiées dont on met en exergue leur bienfait pour le traitement préventif ou curatif des différentes maladies bénignes ou chroniques.
- ✓ Les caractéristiques pharmacologiques des plantes étudiées, en s'appuyant sur les procédés et les modes d'utilisation de celles-ci en phytothérapie pour une cure ou prévention.
- ✓ Enfin une conclusion avec des perspectives.

Références Bibliographiques

Première partie

Synthèse bibliographique

Chapitre 1
La Phytothérapie

I. Phytothérapie

I.1. Définition

Le mot "phytothérapie" se compose étymologiquement de deux racines grecques soit phuton et therapeia qui signifient respectivement "plante" et "traitement" ou encore « soigner avec les plantes » (Wichtl et Anton, 2003).

Elle est, cependant, la plus ancienne des médecines employées par l'homme et même les animaux utilisent instinctivement les plantes pour se soigner (Site web 1).

C'est une médecine par les plantes, dont l'usage à des fins thérapeutiques, en partie ou entière, sous plusieurs formes en inhalation, décoction, infusion, macération, teinture mère, poudre totale, gargarisme et extrait standardisé de plante grâce à divers moyens d'extraction (Site web 2).

Elle désigne la médecine basée sur les extraits des plantes et les principes actifs naturels

La phytothérapie est, une pratique médicale, ancestrale et répandue dans le monde entier (Huet, 2013) fondée sur l'utilisation d'extraits de plantes et de principes actifs naturels (Blicklé, 2012) pour traiter les pathologies bénignes (Huet, 2013) constitue l'essentiel de la pharmacopée tout au long de l'Antiquité et jusqu'aux temps modernes (Blicklé, 2012).



Figure 1. Infusion

I.2. Introduction et bases

La lumière du soleil, le dioxyde de carbone et la chlorophylle sont les substances à partir desquelles les plantes peuvent synthétiser les hydrates de carbone, les protéines et les graisses

à l'aide d'eau, de sels nutritifs et d'oligo-éléments. Pendant longtemps, ces remèdes naturels étaient le seul médicament pour les médecins et la seule source de matières premières pour la production de médicaments en pharmacie (Benoît, 2006).

Au début du XXe siècle, il y a eu un développement et une concentration pharmaceutique, successivement, des industries chimique et de la concentration pharmaceutique qui sont concentrés sur la production de médicaments chimiques. Ainsi, un certain nombre de maladies qui étaient incurables ont pu être vaincues, à cet effet, malgré ce développement, les plantes médicinales et les phytomédicaments ne sont pas entièrement oubliés.

Des siècles plus tard, les Grecs ont pris les devants dans le domaine des plantes médicinales et de la médecine, à cet effet, les noms d'Aristote, Hippocrate, Théophraste, Dioscoride et surtout Galen devraient être mentionnés, dont ce dernier a développé la technique de préparation des médicaments (galénique). Au Moyen Âge, après le déclin de la civilisation romaine, la médecine arabe s'est épanouie avec le médecin le plus célèbre de cette époque Avicenne (Abd al-Wāhid, 1974, Sournia, 1986 Abdel Rahman, 1993).

Au XIIe siècle, Hildegarde von Bingen (Ancêtre des naturopathes, une guérisseuse pour qui aliments, minéraux, tisanes et musique sont essentiels à la santé, ses livres de remèdes écrits vers 1100 sont encore utilisés) devint célèbre. Elle était scientifique et a écrit deux traités «Physica» et «Causae et curae» qui ont beaucoup influencé le développement des noms des plantes médicinales allemandes et de la phytothérapie (Jorge, 2003).

Après une tradition de plusieurs milliers d'années, la phytothérapie n'est pas au bout de son développement, mais dans une nouvelle phase réussie, les plantes médicinales sont principalement transformées en médicaments prêts à l'emploi, totalement ou partiellement d'origine végétale après isolement des principes actifs irremplaçables pour la thérapie, dont la synthèse est inconnue ou très coûteuse. La médecine populaire est à base de plantes n'a jamais cessé d'utiliser les propriétés curatives des substances bioactives des plantes, dont certaines sont encore utilisées en phytothérapie.

La plante vivante fraîche qui contient des ingrédients actifs, n'est pas encore un médicament mais il n'est obtenu qu'en traitant la plante ou des parties de la plante, notamment par séchage (Gotthard, 1995).

A cet effet, la découpe, le broyage, le tamisage, la pulvérisation ultérieurs sont effectués mécaniquement dans des usines pharmaceutiques et les produits obtenus sont appelés médicaments végétaux (Vegetabilia) ou encore phyto-médicaments. Ces derniers sont nommés en latin, en fonction de la partie de la plante dont ils proviennent, comme herbe (herba), jeunes pointes (sumumates), tiges (caulis), bourgeons (gemma), feuilles (folium), bois (lignum), écorce (cortex), fleurs (flos), stigmate (stigmat), fruits (fructus), tige (stipes), graines (sperme), glandules (glandulae), spores (spores), racine (radix), rhizome, tubercule (tubercule), ampoule (bulbus). En plus des parties susmentionnées, des jus de plantes (succus), des résines (résines) ou des baumes (balsamum) sont souvent collectés. Parfois, le nom du médicament inclut la méthode de traitement: naturel (naturalis), pelé (mundata), coupé (concissa), en poudre (pulvis) (Iserin *et al.*, 2001).



Figure 2. Différents types d'ingrédients utilisés en phytothérapie.

En effet, on peut encore trouver selon (André, 1976)

- ✓ Les ingrédients ont été recherchés et leur composition chimique est connue.
- ✓ La substance active principale à base de plantes peut être normalisée avec la médecine de laboratoire moderne, c'est-à-dire qu'un effet toujours constant est obtenu.
- ✓ En plus des effets, les effets secondaires des plantes médicinales sont maintenant également connus. Les plantes médicinales à base de plantes ne sont donc pas «exemptes d'effets secondaires», mais leurs effets secondaires ne sont pas significatifs tant que les médicaments sont limités aux préparations légères habituelles.

- ✓ Les plantes médicinales contiennent des combinaisons naturelles d'ingrédients actifs principaux et secondaires qui se complètent souvent avec d'autres substances d'accompagnement. Par exemple, un extrait de camomille à base de fleurs de camomille contient, en plus de l'ingrédient actif principal, des substances d'accompagnement qui augmentent encore l'effet anti-inflammatoire et antispasmodique de la plante.
- ✓ La culture sur le terrain élimine la confusion et dans une large mesure la contamination. Les champs ne doivent pas être situés à proximité de routes très fréquentées et les pesticides ne doivent pas être utilisés.
- ✓ La teneur en matière active est constamment surveillée tout au long de la saison de croissance et récoltée au meilleur moment possible.
- ✓ Le rendement élevé rend possible et rentable des traitements ultérieurs complexes tels que le nettoyage, le séchage en douceur et l'extraction des ingrédients actifs.
- ✓ Par la sélection, il est possible de cultiver des plantes médicinales de haute qualité avec une teneur plus élevée en principes actifs.
- ✓ En raison du traitement toujours le même des plantes uniformes, il n'y a que de légères fluctuations dans la teneur en ingrédient actif.

Le terme phytothérapie provient de deux (0 2) mots grecs qui signifient essentiellement « soigner avec les plantes ». Elle désigne la médecine basée sur les extraits des plantes et les principes actifs naturels.

I.3. Classification

Nos ancêtres mangeaient au début de l'humanité, il y a cinq (05) à sept (07) millions d'années, des plantes qui faisaient partie de leur menu quotidien mais ils découvraient par la suite qu'elles représentaient un soulagement des maux, voir même une guérison de certaines maladies. Leurs principes actifs sont des composants essentiels d'une grande partie de médicaments et produits de soins (Hans, 2007). Malgré, les multiples progrès de la médecine moderne, il faut signaler qu'il y 'a un net regain d'intérêt vis-à-vis de la phytothérapie. Selon l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) plus de 80% de la population mondiale ont recours à la pharmacopée traditionnelle pour faire face aux problèmes de la santé. (Farnsworth, 2006).

Elle est peut être utilisée en trois (3) types de pratiques (Clément, 2005)

a. Pratique traditionnelle

Elle est basée sur l'utilisation des plantes, selon les vertus découvertes empiriquement, mais considérée comme médecine non conventionnelle vu l'absence des études cliniques.

b. Pratique basée sur les avancées et preuves scientifiques qui recherchent des extraits actifs des plantes dont ceux qui sont identifiés restent standardisés (S.F.E, 2010) qui débouche sur la fabrication des médicaments pharmaceutiques ou de phyto-médicaments. Cependant, selon la réglementation en vigueur dans le pays, leur vente est soumise à l'autorisation de mise sur le marché (A.M.M.) pour les produits finis, mais aussi sur les matières premières à usage pharmaceutique (MPUP) pour les préparations magistrales de plantes médicinales qui sont délivrées exclusivement en officine, ou pharmacognosie ou biologie pharmaceutique.

c. Pratique de la prophylaxie

Elle est utilisée dans l'antiquité, de ce fait, nous sommes, ainsi, tous phytothérapeutes sans le savoir vu l'usage dans la cuisine, de différentes variétés de chou et de moutarde sauvage ... Il faut mentionner qu'une alimentation équilibrée est une phytothérapie prophylactique.

I.4. Les différents types de Phytothérapie

Il existe plusieurs formes de cure par les plantes, parmi lesquelles citons

I.4.1. Gemmothérapie

Fondée sur l'utilisation d'extrait alcoolique de tissus jeunes de végétaux bourgeons et les radicules (Fosting, 2005).

I.4.2. Herboristerie

Méthode de phytothérapie la plus classique et la plus ancienne, ainsi, l'herboristerie se sert de la plante fraîche ou séchée; en utilisant soit la plante entière, soit une partie de celle-ci (écorce, fruits, fleurs). La préparation repose sur des méthodes simples, le plus souvent à base d'eau comme décoction, infusion, macération ou encore sous forme plus moderne de gélule de poudre de plante sèche.

I.4.3. Homéopathie

Elle a recours aux plantes d'une façon prépondérante, mais non exclusive; car les trois quarts des souches sont d'origine végétale, le reste étant d'origine animale et minérale (Fosting, 2005).

I.4.4. Phytothérapie pharmaceutique

Elle utilise des produits d'origines végétales obtenus par extraction et dilués dans de l'alcool éthylique ou un autre solvant qui sont dosés en quantités suffisantes pour avoir une action soutenue et rapide. Ils sont présentés sous forme de sirop, de gouttes, de gélules, de lyophilisats (Fosting, 2005)

I.4.5. Aromathérapie

Elle est une thérapeutique, où les huiles essentielles, substances aromatiques complexes secrétées par de nombreuses familles de plantes, sont utilisées souvent pour les maladies de la peau (Fosting, 2005).

I.4.5.1. C'est quoi une huile essentielle ?

Liquide concentré, hydrophobe de composés aromatiques (odoriférants) volatils d'une plante ou encore un mélange de molécules variées, comprenant en particulier des terpènes, des composés oxygénés et les actifs de la plante.

Elle est composée de molécules d'origines végétales ayant une très grande diversité de structure. Cependant, elle est obtenue avec des rendements très faibles (de l'ordre de 1%) ce qui en fait d'elle une substance fragile, rare, mais toujours précieuse. Ainsi les différentes techniques de son extraction doivent tenir compte de ces caractéristiques et apporter des performances quantitatives satisfaisant une forte demande toujours plus exigeante (Narayana, 2001).

I.4.5.2. Etat naturel et répartition

Elles se rencontrent dans tout le règne végétal, cependant, sont particulièrement abondantes chez certaines familles (Narayana, 2001) comme les Conifères, Rutacées, Ombellifères, Myrtacées, Lamiacées (Ghedira, 2005). Tous les organes peuvent en renfermer, surtout les sommités fleuries (lavande, menthe...), mais on en trouve dans les racines ou rhizomes (vétiver, gingembre), dans les écorces (cannelles), le bois (camphrier), les fruits (poivres), les graines (Muscade).

I.4.5.3. Composition des huiles essentielles

L'étude de la composition chimique des huiles essentielles révèle qu'il s'agit de mélanges complexes et variables de constituants appartenant exclusivement à deux groupes caractérisés

par des origines biogénétiques distinctes à savoir les terpénoïdes et les composés aromatiques dérivés du phenyl-propane (Van Den Broucke, 1982).

a. Les terpénoïdes

Dans le cas des huiles essentielles, seuls les terpènes les plus volatils, ceux dont la masse moléculaire n'est pas élevée sont observés. Ils répondent dans la plupart des cas à la formule générale $(C_5H_8)_n$. En effet, suivant les valeurs de n, on a les héli-terpènes (n=1), les mono-terpènes (n=2), les sesquiterpènes (n=3), les tri-terpènes (n=6), les tétra-terpènes (n=8) et les poly-terpènes. On y trouve en plus des terpènes, des hydrocarbures, des esters, des lactones, des aldéhydes, des alcools, des acides, des cétones, des phénols, des oxydes et autres (Van Den Broucke, 1982).

b. Les composés aromatiques

Contrairement aux dérivés terpéniques, les composés aromatiques sont moins fréquents dans les huiles essentielles. Très souvent, il s'agit d'allyle et de propénylphénol. Ils constituent un ensemble important du fait, qu'ils sont responsables des caractères organoleptiques des huiles essentielles, exemple l'eugénol responsable de l'odeur du clou de girofle (Van Den Broucke 1982).

c. Les composés d'origines diverses

Compte tenu de leur mode d'extraction, les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques (azotés ou soufrés), généralement de faible masse moléculaire, entraînés lors de l'hydro distillation (Van Den Broucke, 1982).

I.4.5.4. Rôle des huiles essentielles chez les plantes

Les huiles essentielles, émises par les plantes sous forme de vapeur, ont un impact écologique évident. Elles protègent les cultures en inhibant la multiplication des bactéries et des champignons. Elles empêchent la dessiccation de la plante (perte d'eau) par évaporation excessive et protègent la plante contre la lumière soit par diminution ou concentration.

Par ailleurs leurs composés interviennent dans les réactions d'oxydoréduction, comme donneurs d'hydrogène. Par exemple l'isoprène réagit rapidement avec l'ozone et les radicaux hydroxyles. Aussi, elles émettent l'excès de carbone et d'énergie.

Elles protègent les parties reproductives de la plante contre les prédateurs (herbivores, insectes). Elle interviennent lors de l'interaction végétal-animal et dans les communications plante-plante. Elles attirent les insectes et favorisent la pollinisation par leurs odeurs caractéristiques (Yang *et al.*, 2008).

I.5. Les avantages de la phytothérapie

Malgré les énormes progrès réalisés par la médecine moderne dans le traitement de différentes maladies virales, bactériennes ou autres, la phytothérapie offre de multiples avantages. Aujourd'hui, les traitements à base des plantes reviennent en force, car l'efficacité des médicaments tels que les antibiotiques qui, selon, l'OMS sont cancérigènes, malgré qu'ils aient plusieurs avantages pour les infections graves. Elle connaît de nos jours un renouveau exceptionnel, dans le monde entier, spécialement dans le traitement des maladies chroniques comme l'asthme ou l'arthrite (Lahouel, 2005).

I.6. Les plantes médicinales

Une plante est dite médicinale lorsqu'au moins une partie possède des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies avec ou sans principes actifs déterminés. Il existe plusieurs définitions pour désigner une plante médicinale mais le terme désigne une plante ou une partie d'une plante possédant des substances appelées principes actifs, pouvant être utilisés à des fins thérapeutiques sans effets nocifs aux doses recommandées (Ghedira, 2005).

Les plantes médicinales sont des drogues végétales dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses (Fosting, 2005). Environ 35 000 espèces de plantes sont employées par le monde à des fins médicinales, ce qui constitue le plus large éventail de biodiversité utilisé par les êtres humains. Les plantes médicinales continuent de répondre à un besoin important malgré l'influence croissante du système sanitaire moderne (Elqaj, 2007).

I.7. Le pouvoir des plantes

L'action de la phytothérapie sur l'organisme dépend de la composition des plantes, en particulier les substances chimiques qui sont leur principe actif. A cet effet, (Grünwald et Jänicke, 2007) signalent que la recherche des principes actifs extraits des plantes est d'une importance primordiale car elle est à la base des médicaments essentiels, comme la quinine employée contre la malaria ou la digoxine contre l'arythmie cardiaque ainsi que l'éphédrine contre les rhumes (Iserin, 2001).

I.8. Efficacité des plantes entières

La phytothérapie recommande d'utiliser la plante entière qui reste plus efficace que la somme de ses composants car elle contient des centaines et même des milliers de substances chimiques actives (Iserin, 2001).

II. La phytochimie

II.1. Définition du « screening »

Le terme « screening » vient de l'anglais *to screen* = *tamiser, sélectionner, dépister, examiner*. Il est utilisé pour désigner de nombreux procédés et méthodes de chimie analytique. On entend généralement par « screening » une opération consistant à rechercher certaines substances dans un nombre plus ou moins défini d'échantillons (Verbindungs, 2010).

Au sens strict, en chimie analytique, le screening est une méthode utilisée pour détecter la présence de substances données dans un échantillon. Lorsqu'on recherche spécifiquement des substances déjà connues, on parle « de screening ciblé » (*target screening*) alors que si elles sont inconnues, dans ce cas on a un « screening non ciblé » (*non-target screening*) (Strang, 2006).

Le screening phytochimique pour, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV, 2013) est l'ensemble des tests de détection et d'identification des substances présentes (grands groupes de composés chimiques) dans un échantillon végétal et à sélectionner celles à évaluer prioritairement.

II.2. Les principes actifs

II.2.1. Définition

Le ou les principes actifs que contient une plante médicinale sont des quantités, souvent, extrêmement faibles, de composés naturels qui lui confèrent son activité thérapeutique. Ils sont répartis dans toutes les parties de la plante, mais de manière inégale et n'ont pas les mêmes propriétés (Strang., 2006).

II.2.2. Nature des principes actifs

Les principes actifs des plantes sont de nature organique tels que polysaccharides, acides

aminés (Al Achi., 2005), flavonoïdes, saponosides, acides gras, alcaloïdes (Dey et al., 2002),(Marler et Frans.,1994) ou de nature minérale, tel que le chrome organique, le vanadium ou des minéraux tels que le magnésium, le cuivre, le sélénium et le fer.

C'est d'abord la chimie dite d'extraction qui a permis d'isoler des composants à partir de plantes telle que la morphine du *Papaver somniferum*. Par ailleurs, les chercheurs ont réussi à déterminer comment ces substances agissent sur l'organisme (Larousse., 2001). Donc, les plantes médicinales doivent leurs actions à plusieurs éléments actifs qu'on peut analyser chimiquement (Verdrager., 1978).

II.3. Phytochimie qualitative

C'est d'abord la chimie dite d'extraction qui a permis d'isoler des composants à partir de plantes telle que la morphine du *Papaver somniferum*. La chimie dite de synthèse a permis, ensuite, de reproduire et reconstituer ces principes végétaux en prenant modèle sur la plante. Par ailleurs, les chercheurs ont réussi à déterminer comment ces substances agissent sur l'organisme (Larousse., 2001). Donc, les plantes médicinales doivent leurs actions à plusieurs éléments actifs qu'on peut analyser chimiquement et les évaluer qualitativement (Verdrager., 1978).

II.3.1. Les alcaloïdes

Formant un groupe très large, les alcaloïdes possèdent presque tous un atome d'azote qui les rend pharmaceutiquement très actifs. La morphine a été le premier alcaloïde isolé dans l'opium (Vers, 1805). Puis on découvrit la strychnine (1818), la caféine (1819). Selon leur structure moléculaire, ils sont divisés en plusieurs groupes (les phénylalanines, les alcaloïdes iso-quinoléiques et les alcaloïdes quinoléiques) dont certains sont des médicaments connus pour leur vertu thérapeutiques avérées, cas du « Vincarosea » dérivé de la pervenche employé pour traiter certains cancers (Nowitz *et Bottet.*,2000),(Larousse., 2001). Ils ont en plus une action physiologique remarquable sur le système nerveux central ou sur le système nerveux autonome sympathique et parasympathique malgré qu'ils agissent en faible quantité.

II.3.2. Les saponosides

Ce sont des molécules hétéro-osidiques, et se divisent en saponosides, génine triterpenique et stéroïdique. Les saponosides (saponines) doivent leur nom au fait que comme le savon, elles

produisent de la mousse en contact avec l'eau (Bruneton., 1999). Les saponines stéroïdiques ont une structure chimique similaire à celle de nombreuses hormones humaines (cortisol et œstrogène) et confèrent aux plantes une activité hormonale, comme la réglisse « *Glycyrrhiza glabra* ». Les triterpénoides présents dans les racines du primevère « *Premulaveris* » sont de puissants expectorants, mais peuvent aussi faciliter l'absorption des éléments nutritifs (Larousse., 2001).

II.3.4. Les flavonoïdes

Ce sont des pigments végétaux, en particulier, jaune et orange. Les flavonoïdes de nombreuses plantes sont considérés comme des anti-inflammatoires et assurent une bonne circulation sanguine alors que la rutine du citron, par exemple, renforce les parois des vaisseaux capillaires (Larousse., 2001). Elles sont aussi des antiagrégants plaquettaires non toxiques et empêchent l'adhésion du thrombus à la paroi vasculaire « prévention des infarctus » (Wichtl et Anton., 2003).

II.3.5. Les tannins

Les tannins (ou tanins) sont des composés polyphénoliques utilisés pour tanner les peaux. Ils ont plusieurs activités biologiques, comme les propriétés antioxydants. Ces composés présentent une grande capacité de piégeage des radicaux libres et aussi dans l'inactivation des ions pro -oxydants. Ce sont des substances de saveur astringente et de se combiner aux protéines animales par des liaisons hydrogènes (Clément, 2005). Elles sont des composés polyphénoliques qui permettent de stopper les hémorragies et de lutter contre les infections. Les plantes riches en tanins sont utilisées pour retendre les tissus comme dans le cas des veines variqueuses, pour drainer les sécrétions excessives, comme dans la diarrhée et pour réparer les tissus endommagés par un eczéma ou une brûlure (Nowitz et Bottet., 2000).

II.3.6. Les glucosides cardiotoniques

Ils sont présents dans de nombreuses plantes médicinales telles que les digitales. Ils sont diurétiques et ont une action puissante sur le cœur en maintenant le rythme cardiaque dans le cas d'affaiblissement (Nowitz et Bottet., 2000),(Larousse., 2001).

II.3.7. Anthraquinoniques

Ces glucosides sont le plus souvent des pigments cristallins, facilement labiles. Ce sont de

puissants laxatifs et purgatifs. Rencontrés dans les taxons tels: *polygonaceae*, *ramnaceae* (Besle *et al.*, 2004).

II.3.8. Les glycosides cyanogènes

Bien que ces substances soient à base de cyanure, un poison très violent, prises en petite doses, elles ont des effets sédatifs et relaxants sur le cœur et les muscles (Larousse, 2001).

II.3.9. Les mucilages

Les mucilages sont des polymères complexes de fructose, d'acide glucorinique et d'acide manuronique. Ils sont souvent des macros glucides, formant en présence d'eau des systèmes colloïdaux (particules se trouvant en suspension dans un liquide) fortement visqueux. Dans les infusions et les décoctions, les mucilages des plantes médicinales ont pour effet de réduire l'irritation tant physique que chimique. Ils absorbent de grandes quantités d'eau et peuvent même être utilisés pour calmer les tissus enflammés comme la peau sèche, irritée ou la paroi des intestins. Ils exercent donc une action favorable contre les inflammations des muqueuses, notamment celles des voies respiratoires et digestives. Ils atténuent les douleurs des contusions et assouplissent la peau lors d'applications de cataplasmes (Lin et Weng, 2006).

II.3.10. Coumarines

Les coumarines dérivent des acides hydroxycinnamiques par cyclisation interne de la chaîne latérale. La coumarine est une substance naturelle organique aromatique connue dans la nomenclature internationale comme 2H-1-benzopyrane-2-one qui peut être considérée comme une lactone de l'acide 2-hydroxy-Z-cinnamique.

La coumarine désigne aussi la *classe* des composés phénoliques dérivés de cette dernière molécule, la 2H-1-benzopyrane-2-one et constituent alors la génine (Lahouel, 2005).

La source principale de coumarine dans l'alimentation viendrait de la cannelle souvent présente sous forme d'arôme alimentaire. Il estime l'exposition journalière par l'alimentation à $0,02 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$. Après ingestion, la coumarine est rapidement et complètement absorbée dans le tube digestif puis massivement métabolisée dans le foie. Elle y subit principalement une hydroxylation en 7-hydroxycoumarine 7-HC (pour 84 %) et une ouverture du cycle de la lactone, avant d'être en grande partie excrétée dans les 24 heures, par voie rénale (sa demi-vie dans l'organisme humain est d'une heure) (André *et al.*, 1976).

II.3.11. Les huiles essentielles

Il s'agit de mélanges de composés lipophiles, volatiles et souvent liquides, extraits de la plante grâce à des procédés physiques. Les huiles essentielles sont responsables de l'odeur caractéristique de la plante (Teuscher et al., 2001). Elles sont utilisées pour leurs parfums dans les préparations cosmétologiques et pour leurs propriétés antiseptiques et anti-inflammatoires. D'autres sont utilisées comme édulcorants (Domart et Bourneuf., 1988).

II.3.12. Les phénols

Les composés phénoliques, vont du plus simple l'acide salicylique au plus complexe les tannins (Nowitz et Bottet., 2000) et affirment qu'ils ne sont produits par les plantes, que pour leur défense contre les infections et les insectes phytophages, alors qu'ils sont décrits comme des antiseptiques « arbutoside de la busserole » et des antalgiques (Wichtl *et Anton.*, 2003) Cependant, les acides phénoliques (acide rosmarinique), sont considérés comme de forts antioxydants et anti-inflammatoires et peuvent même avoir des propriétés antivirales (Nowitz *et Bottet.*, 2000).

II.3.13. Les polysaccharides

Du point de vue phytothérapie, ils sont les plus importants, comme les mucilages et les gommes qui absorbent de grandes quantités d'eau et produisent une masse gélatineuse utilisée pour protéger les tissus enflammés et calmer la douleur (Nowitz et Bottet., 2000). Cependant, un effet hypoglycémiant a été observé avec le fenugrec et le tamarin, éventuellement du à un ralentissement de la résorption des sucres induit par les mucilages (Teuscher *et al.*, 2005).

II.3.14. Les anthocyanes

Ils sont le résultat de l'hydrolyse des anthocyanidines et donnent aux fleurs et aux fruits leurs teintes bleu, rouge ou pourpre. Ce sont de puissants antioxydants qui nettoient l'organisme des radicaux libres et maintiennent une bonne circulation du sang (Bruneton., 2002).

II.3.15. Amidon

L'amidon, principale réserve de sucre chez les végétaux, est présent dans les racines, les

tubercules, et les graines. Cependant, ses capacités nutritionnelles en tant que glucide restent son intérêt essentiel (Dépeint *et al.*, 2002).

II.3.16. Les acides aminés

Indispensables à la nutrition de tout organisme vivant du fait qu'ils constituent l'unité structurale des protéines. Ils se rencontrent dans les cellules et les fluides intercellulaires des plantes. Ainsi, ils jouent un rôle essentiel dans des nombreux processus physiologiques tels que la phase de croissance, le développement et la formation des fruits. Ils interviennent, aussi, quand le gel, la sécheresse ou autre stress abiotique modifie la capacité de synthèse de la plante (André *et al.*, 1976).

II.3.17. Les stérols et triterpènes

Un stérol est un lipide possédant un noyau de stérane dont le carbone 03 (C3) est porteur d'un groupe hydroxyle. Les stéroïdes sont des dérivés de triterpènes, substances d'origine organique en C30 (30 atomes de carbone) de la famille des terpènes. Très répandus dans la nature, dans les résines, à l'état libre, sous forme estérifiée ou hétérosidique. Ils résultent de la condensation de six molécules d'isoprène (Dépeint *et al.*, 2002).

II.4. Phytochimie quantitative

Exprimer des doses de substance ou teneurs (quantités) de certains composés d'un échantillon (végétal ou autre) avec des méthodes plus fiables. Elle permet d'analyser des données biologiques permettant de tirer des résultats chiffrés et des solutions de raisonnement sur un problème posé en amont.

II.4.1 Humidité

Cette méthode analytique est basée sur le séchage complet du matériel végétal frais à une température de 60°C jusqu'à obtention d'un poids stable. L'humidité est le pourcentage en eau perdue après séchage par rapport à la matière fraîche (Cheung et Tai, 2007).

II.4.2. Sucres totaux

Divers termes chimiques et physiologiques sont utilisés pour décrire les glucides. Cependant, un grand nombre de termes ont été examinés et considérés utiles s'ils étaient :

- Mesurables par une analyse en laboratoire

- Compréhensibles par les consommateurs
- Expliquant les propriétés des glucides plutôt que l'aliment lui-même.

On a, aussi, remarqué que regrouper les glucides en fonction des propriétés physiques ou des caractéristiques nutritionnelles est plus difficile que par la composition chimique, parce que les effets physiologiques d'un glucide précis peuvent varier d'une personne à l'autre. De plus, cette classification nécessite une révision constante en raison des découvertes scientifiques dans le domaine de la science alimentaire et du métabolisme, (physiologiques/Botaniques).

Chapitre 2

Les spéculations étudiées

I. Aperçu général sur les spéculations étudiées

I.1. Les BRASSICASSEES

I.1.1. Définition des BRASSICACCEES

Plante dicotylédone caractérisée par sa fleur à quatre sépales, quatre pétales en croix, six étamines dont deux plus petites et par son fruit en silique, tels que le chou, le colza, le cresson, le radis, le navet et la giroflée.

De nombreux échantillons de crucifères, appartenant au genre chou, dont un est combiné au radis afin d'obtenir, après plusieurs sélections le chou *Brassica oleracea cv. capitata L. var.*

I.1.2. Caractéristiques

La famille des *Brassicaceae* (Brassicacées), anciennement nommées Crucifères, est une importante famille de plantes dicotylédones. En classification classique, elle comprend 4000 espèces réparties en 350 genres (Al-Shehbez *et al.*, 2006). Les brassicacées appartiennent à la classe des Magnoliopsida, la sous-classe des Dilleniidae et à l'ordre des Capparales (Bailey *et al.*, 2006). Elle est très répandue à travers le monde et compte 321 genres et 3660 espèces (Al-Shehbaz *et al.*, 2012). En raison de sa richesse spécifique, de son importance agronomique et scientifique, elle est considérée comme l'une des plus intéressantes familles d'angiospermes car elle renferme de nombreuses plantes à intérêts économique, agricole et scientifique majeurs (Koch *et al.*, 2003 ; Franzke *et al.*, 2011; Koch et Marhold, 2012).

Ce sont essentiellement des plantes herbacées surtout présentes dans l'hémisphère Nord, parmi lesquelles, on retrouve des plantes cultivées pour la production d'huile (à usage alimentaire et industriel), pour la consommation humaine et animale, ou comme plantes Ornementales.

Cette famille comprend des espèces de la flore sauvage spontanée et des espèces cultivées (dont certaines génétiquement modifiées) qui peuvent coexister et échanger des gènes.

Annuelle, bisannuelles ou vivaces, le plus souvent herbacées, mais parfois arbustives, les Brassicacées sont importantes pour l'homme. Elles sont productrices d'huiles, de plantes potagères ou condimentaires, de fourragères, de plantes ornementales, médicinales ou encore en tant qu'adventices des cultures, plantes de laboratoire, OGM...

Les Brassicacées sont une famille ancienne, mais évoluée, homogène et diversifiée, adaptée à de nombreux milieux de vie.

I.1.2.1. Répartition géographique

La famille est essentiellement concentrée sur le pourtour méditerranéen, en Asie Mineure jusqu'en Iran. L'ouest de l'Amérique du nord est, aussi, une région riche en Brassicaceae.

Les Brassicaceae sont représentées dans le monde entier, mais principalement dans les régions tempérées de l'hémisphère Nord. Leur proportion dans la flore phanérogame diminue lorsqu'on s'éloigne des régions polaires ; il y a 1% de Brassicaceae dans la flore, seulement au Sénégal. Elles sont plus rares dans l'hémisphère sud.

La famille est essentiellement concentrée sur le pourtour méditerranéen, en Asie Mineure jusqu'en Iran. L'Ouest de l'Amérique du Nord est, aussi, une région riche en Brassicaceae. Deux petites tribus sont caractéristiques de la région du Cap, en Afrique du sud, les Chamirae et les Heliophileae. Une autre tribu, mono spécifique, celle des Pringleae, est endémique des lointaines îles Kerguelen et Crozet de l'hémisphère sud. Les Brassicaceae peuplent la presque totalité des habitats et des milieux de vie possibles, sables et rochers maritimes, bords de ruisseaux, talus calcaires, pelouses humides ou sèches, cultures et jardins, bords de chemins, cailloutis et prairies de montagne. Cependant, quelques unes, très rares, sont des hydrophytes.

Alors qu'en Algérie, les cultures de brassicacées (chou vert et chou fleur) sont réparties dans les régions centrales humides et subhumides du pays. Une superficie de 3.178 ha est destinée à ces spéculations (Anonyme, 2005). En Algérie, les Brassicaceae sont représentées par 172 espèces d'après la flore de Quézel et Santa (1962). On trouve des espèces cultivées dont *B. rapa* (navet), *B. oleracea* (chou) et *Rhaphanus sativus* (radis), mais aussi de nombreuses espèces spontanées à fort pouvoir de colonisation comme *Sinapis arvensis* ou moutarde des champs et *B. rapa*. Cette dernière est représentée par des formes spontanées (navette) très prolifiques dans le nord de l'Algérie et des formes cultivées (navet) dans toutes les régions d'Algérie.

Les Brassicaceae recèlent un nombre relativement important d'espèces endémiques en Algérie (Hedge, 1976 ; Gómez-Campo, 1980 ; Al-Shehbaz, 1985 ; Gómez-Campo et Prakash, 1999). Quézel et Santa (1962) citent 37 Brassicaceae de rang spécifique ou infra spécifique

endémiques à l'Afrique du Nord dont 16 sont endémiques strictes de l'Algérie parmi lesquelles : *Brassica spinescens* (très rare sur les rochers maritimes du Sahel d'Oran et des Îles Habibas), *Iberis peyerimhoffii* (très rare dans les rocailles de la zone montagneuse du Bou Maad dans le Tell algérois) et *Arabis doumetii* (rare sur les rochers calcaires des Babors et du Djurdjura).

La culture des brassicacées en Algérie occupe, donc, une part importante de la production nationale. Les superficies cultivées sont en perpétuelles augmentation (MADR, 2014).

Tableau 1. Récapitulatif des superficies, des productions et des rendements des principales brassicacées cultivées en Algérie (Données statistiques agricole, 2014).

Espèces	Superficie (ha)	Production.(qx)	Rendement qx/ha
Choux verts	3740	852009	227,8
Choux fleurs	6967	1557610	223,6
Navets	8830	1629300	184,4

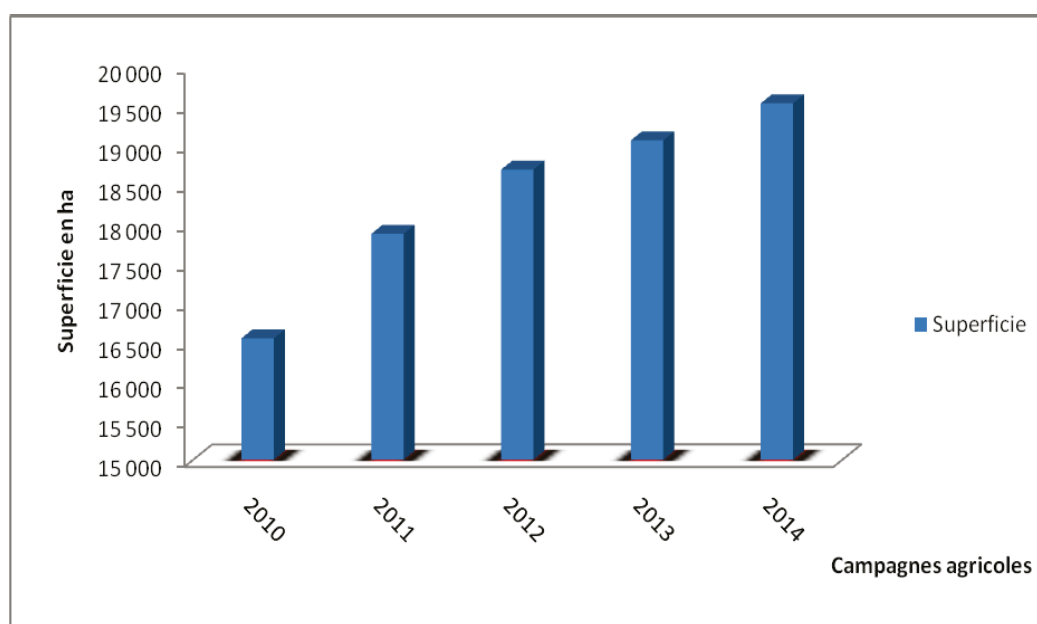


Figure 3. Evolution des superficies plantées en crucifères en Algérie (Données statistiques agricole, 2014).

I.1.2.2. Origine et classification des brassicacées

L'étude phylogénétique menée sur la famille des brassicacées a mis en évidence 338 genres répartis en 25 tribus, cependant, la plus étudiée est celle des *Brassicaceae* en raison de son importance économique (Hedge, 1976; Al-Shehbaz, 1984; Appel and Al-Shehbez, 2003 et Al-Shehbez, 2006). Elle regroupe, en effet, 46 genres et environ 230 espèces (Al-Shehbez *et al.*, 2006).

Cette tribu contient les genres *Brassica*, *Raphanus* et *Eruca*. Le genre *Brassica* présente le polymorphisme le plus important observé chez les plantes cultivées. Ce genre fournit l'huile avec le colza (*B. napus*), la moutarde noire (*B. nigra*), la moutarde indienne ou brune (*Brassica juncea*) et la moutarde éthiopienne (*Brassica carinata*), les navets et les choux chinois (*B. rapa*; syn. *B. campestris*). L'espèce *B. oleracea* offre une très grande variété de légumes dont le chou-fleur (*B. o. var. botrytis*), le chou pommé (*B. oleracea var. capitata*), le chou-rave (*B. oleracea. var. gongylodes*), le chou fourrager (*B. oleracea. var. acephala*), les choux de Bruxelles, (*B. oleracea. var. gemmifera*) et le brocoli (*B. oleracea. var. italica*).

Cette grande diversité au sein de ce genre est favorisée par la plasticité de son génome (Bailey *et al.*, 2006) car tous les choux sont inter-fertiles (Paterson *et al.*, 2006).

Les brassicacées sont probablement apparues depuis plus de 50 millions d'années (Koch *et al.*, 2003). La dispersion des espèces dans le monde est réalisée au cours des siècles par les migrations, les guerres et les échanges commerciaux entre les peuples des différents continents. La moutarde noire (*Brassica nigra*) est une plante indigène de la région méditerranéenne et la navette (*Brassica rapa*) plante indigène de l'Europe et d'Asie étaient à l'origine, des plantes adventices associées aux céréales depuis le début de l'agriculture au néolithique (Sauer, 1993). Leur dispersion dans le monde s'est faite à travers les contaminations des lots de semences de céréales, (Sauer, 1993). Le chou, est à l'origine, une plante sauvage cultivée sur les terres occidentales qui s'est répandue dans les terres de la Méditerranée. De nos jours, les brassicacées sont cultivées dans la plupart des régions du monde, plus particulièrement dans les zones tempérées de l'hémisphère nord, du bassin méditerranéen à l'Asie centrale (Stevens, 2001)

I.1.2.3. Taxonomie des Brassicaceae

Les Brassicaceae appartiennent à l'ordre des Brassicales, elles sont classées actuellement dans

les core eudicots, rosids, rosidsII/Malvids (APG IV, 2016). Nommées crucifères dans les anciennes classifications, elles furent rattachées à l'ordre des Pariétales (Engler, 1924) puis Brassicaceae et rattachées à l'ordre des Capparales (Cronquist, 1981). Elles se distinguent facilement des autres familles par la morphologie homogène de leurs fleurs et la structure de leurs fruits. Elles sont facilement reconnaissables grâce à la fleur à 4 sépales et 4 pétales disposés en croix, 6 étamines tétradynames et aux fruits en forme de siliques ou silicules. Cependant, la grande diversification au sein de cette famille, liée à son histoire évolutive (plusieurs événements de polyploïdie, hybridations...) rend souvent très difficile la distinction des rangs taxonomiques inférieurs (aux plans générique spécifique et infra spécifique) ainsi que les liens entre eux, les Brassicaceae ont subi alors de nombreuses révisions taxonomiques qui ont regroupé les genres en tribus dont le nombre et le regroupement ne cessent d'être remaniés (Bailey *et al.*, 2002 ; Warwick et Sauder, 2005 ; Warwick *et al.* 2007 ; Zunk *et al.*, 1999)

I.1.2.4. Ecologie de l'espèce

Elle se développe bien sur la plus part des types de sols à savoir le sable du littoral, les roches calcaires, les zones instables et anthropisée (Julve, 2017).

La famille des Brassicacées est un vaste groupe végétal, diversifié et très répandu. Elle comprend des cultures économiquement importantes comme le chou, le chou frisé, le chou-fleur, le canola, le brocoli, la moutarde et le chou chinois largement cultivés dans le monde entier, (Talekar et Shelton, 1993).

I.1.2.5. La diversification des brassicacées cultivées

La plupart des légumes cultivés sont sélectionnés pour obtenir de nouvelles plantes, améliorées en fonction du choix d'un critère donné et suivant l'organe consommé. Ces améliorations peuvent être portées sur les graines, les fruits ou les racines. L'espèce *Brassica oleracea* affiche particulièrement une grande diversité. A cet effet, les formes sont sélectionnées pour évoluer les méristèmes végétatifs de l'apex (chou) ou les feuilles axillaires (chou de Bruxelles), et avoir des formes avec une prolifération des méristèmes floraux (chou-fleur) ou des boutons floraux (brocoli) (Peterson *et al.*, 2006).

Le genre *Brassica* est le plus proche d'*Arabidopsis*, avec un pourcentage d'identité nucléotidique de plus de 85% (Cavell *et al.*, 1998). En effet, *Arabidopsis thaliana* ou Arabette des Dames est considérée comme la plante modèle des biologistes et des généticiens, ainsi,

elle reste la plus utilisée dans les laboratoires de recherche. Elle est caractérisée aussi, par le plus petit génome végétal connu et fut également la première espèce végétale à avoir son génome séquencé (The Arabidopsis Genome Initiative, 2000).

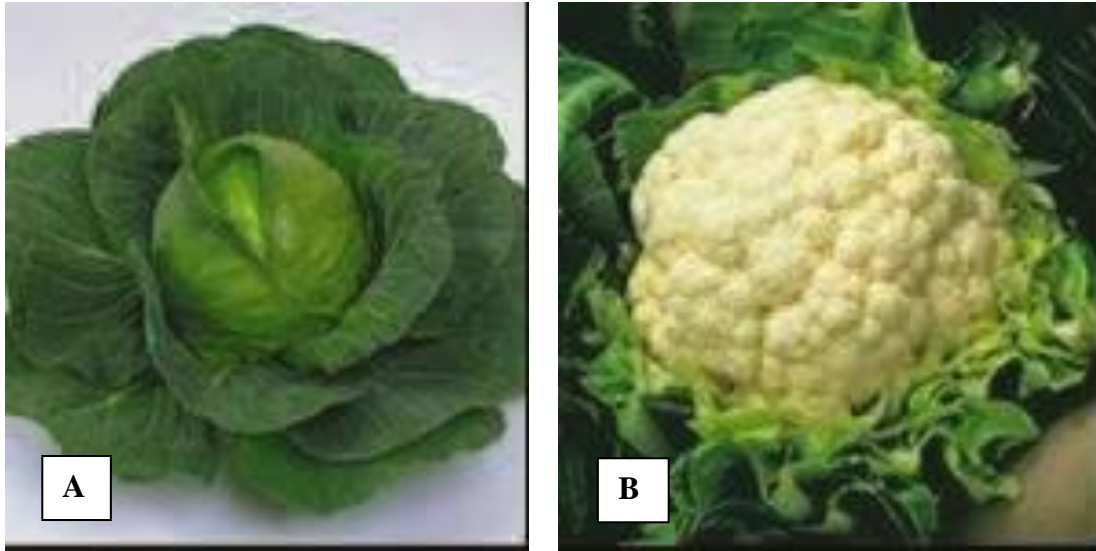


Figure 4. A : Chou pommé (*Brassica oleracea* var. *capitata*) / B : Chou fleur (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*).

I.2. Le chou ou *Brassica oleracea* cv. *capitata* L. var

Le terme « chou », qui vient du latin *caulis*, est apparu dans la langue française au XII^e siècle. On désigne le chou pommé de « caboche », puis de « cabus », mots empruntés à l'italien *capoccia* ou *cappuccio*, qui veulent dire « à grosse tête ».

La culture du chou en tant que légume remonte à la plus haute Antiquité, à partir de formes sauvages originaires d'Europe de l'Ouest ou méridionale. Il s'étend du bassin méditerranéen à la côte Atlantique au Moyen-âge et ses variétés sont connues en Europe depuis le VIII^e siècle.

Il est obtenu à partir de l'espèce sauvage *Brassica oleracea*. Il est une plante herbacée bisannuelle, érigée, glabre, à maturité végétative et atteint une hauteur de 60 cm et 200 cm au moment de la floraison et une tige non ramifiée atteignant 30 cm de long, s'épaississant progressivement vers le haut. Alors que son système racinaire est fortement ramifié, composée d'une tige ligneuse, courte par rapport aux sans tubérisation (chou fourrager, chou de Bruxelles ou chou frisé), par contre ses feuilles sont alternes mais serrées les unes contre

les autres et sessiles. Tandis que les feuilles supérieures sont rassemblées en une pomme compacte globuleuse aplatie à ellipsoïde, atteignant 30 cm de diamètre. La « pomme » est la partie comestible et les fleurs sont bisexuées et régulières. Chez le chou pommé, la floraison, qui est sous la dépendance des jours longs et des températures élevées, n'interviendra qu'après la phase de vernalisation pour laquelle la somme de froid requise sera variable selon les cultivars. La pommaison confère à la plante, d'une part une bonne résistance au froid et aux gelées de moyenne intensité, et d'autre part une assez bonne capacité de conservation après récolte. Le chou pommé a beaucoup d'importance de par sa production et sa consommation.



Figure 5. Pied de chou ou chou pommé (*Brassica oleracea* var. *capitata*).

I.2.1. Taxonomie

Le chou cabus ou chou pommé (*Brassica oleracea* var. *capitata* ou *Brassica oleracea* Groupe *Capitata*) est une variété de chou caractérisée par une tête et un feuillage lisse.

Chou cabus.

- Règne Plantae

- **Ordre** Capparales
- **Famille** Brassicaceae
- **Genre** Brassica
- **Espèce** Brassica oleracea

Classification hiérarchique

Selon, Gladis, et Hammer, (2003), Brassica oleracea var. capitata fait partie de la classification suivante

- **Domaine** : Biota Endl.(D.Don)
- **Règne** : Plantae Haeckel, 1866
- **Sous-Règne** : Viridaeplantae
- **Infra-Règne** : Streptophyta John, Williamson et Guiry, 2011
- **Classe** : Equisetopsida C.Agardh, 1825
- **Clade** : Tracheophyta Sinnott ex Cavalier-Smith, 1998
- **Clade** : Spermatophyta
- **Sous-Classe** : Magnoliidae Novák ex Takht, 1967
- **Super-Ordre** : Rosanae Takht, 1967
- **Ordre** : Brassicales Bromhead, 1838
- **Famille** : Brassicaceae Burnett, 1835
- **Genre** : *Brassica* L., 1753
- **Espèce** : *Brassica oleracea* L., 1753
- **Sous-Espèce** : *Brassica oleracea* subsp. *capitata* (L.) Schübl. et G.Martens, 1834
- **Variété** : *Brassica oleracea* var. *capitata* L., 1753

Taxinomie

 **Règne** Plantae

✚	Sous-règne	Viridiplantae
✚	Infra-règne	Streptophyta
✚	Super-division	Embryophyta
✚	Division	Tracheophyta
✚	Sous-division	Spermatophytina
✚	Ordre	Brassicales
✚	Famille	Brassicaceae
✚	Tribu	Brassiceae
✚	Genre	<i>Brassica</i>
✚	Espèce	<i>Brassica oleracea</i>

I.2.2. Distribution de la culture du chou pommé

Les brassicacées, anciennement nommées crucifères, constituent une importante famille des plantes dicotylédones, aussi bien par le nombre d'espèces qu'elles regroupent que par son importance économique (Al-Shehbez *et al.*, 2006).

Ce sont essentiellement des plantes herbacées présentes surtout dans les régions tempérées de l'hémisphère Nord mais aussi dans les régions tropicales et subtropicales, la culture commerciale reste cantonnée aux climats frais des hautes terres ou aux saisons fraîches sous les latitudes plus élevées. En Afrique, le chou pommé est surtout commun en Afrique de l'Est et en Egypte.

Le chou (*Brassica oleracea* L., 1753) est une espèce de plantes de la famille des Brassicacées (ou crucifères), originaire du Sud-Ouest de l'Europe. Plantes généralement bisannuelles, leurs

feuilles comestibles peuvent ou non former une tête compacte ou « pomme » (Eric, 2020). Leur culture en tant que légume remonte à la plus haute Antiquité, à partir de formes sauvages originaires d'Europe de l'Ouest ou d'Europe méridionale.

Le chou cultivé, légume volumineux (hors choux de Bruxelles et quelques variétés plus petites), est dense et nutritif. Il fait partie des cultures à plus fort rendement (jusqu'à 160 tonnes par hectare en conditions idéales), mais compte tenu de ses importants besoins en azote, il a tendance à épuiser les sols et ne doit être cultivé sur la même parcelle qu'une fois tous les 5 ans (Bloch Dano-May, 2008).

I.2.3. Importance nutritionnelle du chou

Elle se développe bien sur la plus part des types de sols à savoir le sable du littoral, les roches calcaires, les zones instables et anthropisée (Julve, 2017).

La famille des Brassicacées est un vaste groupe végétal, diversifié et très répandu. Elle comprend des cultures économiquement importantes comme le chou, le chou frisé, le chou-fleur, le canola, le brocoli, la moutarde et le chou chinois largement cultivés dans le monde entier, (Talekar et Shelton 1993).

Ils représentent un produit maraîcher important en raison de sa contribution à l'alimentation des ménages et aux revenus des exploitations horticoles. Au plan national, les statistiques de 2019 révèlent que le chou se place à la 5ème position en constituant un peu plus de 09 % des volumes de production maraîchères nationales. C'est un légume feuille riche en minéraux et en vitamines. Par ailleurs, le chou détient des vertus antiscorbutiques, antitoxiques et une action cicatrisante (Messegue, 1972).

A cet effet, il est utilisé dans le cas de certaines atteintes profondes telles que les varices, les ulcères, les tumeurs etc. Cependant, sa composition nutritionnelle s'avère aussi intéressante en éléments essentiels.

Tableau 2. La composition nutritionnelle du chou par 100g de partie comestible (Holland *et al.*, 1991).

Élément	Eau	Energie	Protéines	Lipides	Glucides	F.A
Teneur	90,1 g	26 kcals	1,7 g	0,4 g	4,1 g	2,9 g

Elément	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Carotène
Teneur	52 mg	8 mg	41 mg	0,7 mg	0,3 mg	385 µg
Elément	thiamine	Riboflavine	Niacine	Folate	A.A	
Teneur	0,15 mg	0,02 mg	0,5 mg	75 µg	49 mg	

Il s'avère que ce type de chou est riche en eau avec 90,1g, en protéines, donc en acides aminés, en pigment, en éléments minéraux et en fibres alimentaires. En plus cette famille reste pourvue de glucosinolates qui, dans les feuilles broyées, sont hydrolysés par l'enzyme myrosinase essentiellement en thiocyanates de goût amer et en isothiocyanates volatiles ; caractérisés par des propriétés antimicrobiennes et anticarcinogènes. Dans le chou pommé, la teneur en glucosinolates est relativement faible (100 mg par 100 g) (Holland *et al.*, 1991).

I.3. Chou fleur ou *Brassica oleracea var. botrytis* L., 1753

Le chou-fleur est originaire du Proche Orient où il était récolté il y a plus de 2000 ans. Très apprécié dans l'Antiquité (par les grecs et romains), il tombe dans l'oubli avant d'être introduit en France, par le jardinier de Louis XIV.! Au 17^{ème} siècle, la culture du chou-fleur se développe de manière considérable. Il devient véritablement célèbre grâce à Louis XVI. Aujourd'hui, les plus importants pays producteurs sont la Chine, l'Inde, la France, l'Italie et les Etats unis.

Alors que le terme « chou-fleur » est apparu dans la langue française en 1611. Il vient de l'italien cavalo-fiore et, avant de prendre sa forme définitive, ce légume s'appelait « coliflori ». Le nom latin de la sous-espèce est, botrytis, signifie « grappe de raisins » par analogie de forme entre les fleurons du chou-fleur et la grappe de raisin, « Chou-fleur à tourelles » et « brocoli à pomme », les noms que l'on donne au chou Romanesco, témoignent de la difficulté à différencier ces deux légumes.

D'après des recherches en génétique, le chou-fleur aurait évolué à partir du brocoli et aurait suivi à peu près la même trajectoire.

Enfin, on voit parfois sur nos marchés un chou-fleur à pomme orange, fruit d'une mutation naturelle. Il présente l'intérêt d'être 100 fois plus riche en bêta-carotène que le chou-fleur à pomme blanc.

I.3.1. Caractéristiques

Le chou-fleur est une plante herbacée bisannuelle de la famille des *brassicacées* (crucifères) cultivée comme plante potagère pour son méristème floral hypertrophié et charnu.

Le chou-fleur est une variété de chou commun, *brassica alacera*, issue de plusieurs siècles de sélection. Son méristème a le plus souvent l'apparence d'une boule blanche tendre et compacte. Il s'agit d'un organe pré-floral, qui, si on le laisse évoluer continue sa croissance en tiges florales portant des fleurs jaunes ou blanches typiques -du genre *brassica*- puis finalement des graines.

Le chou-fleur classique, traditionnel est de couleur blanche, mais depuis quelques années des choux de diverses couleurs, jaunes, violets ou verts, dues à des anthocyanes commencent à apparaître. Le nom courant de chou-fleur porte à confusion, car la partie que l'on consomme n'est pas une fleur, contrairement au brocoli, une autre variété de *Brassica oleracea*, dont les parties consommées sont effectivement des boutons floraux..

Le chou rouge, une espèce voisine, produit une couche de pruine qui le protège du soleil et de la sécheresse :

- Elle est de couleur claire et réfléchit la lumière du soleil.
- Sa structure cristallographique est très résistante au mouillage.
- Elle est constituée d'acides gras (C14 ou plus) très hydrophobes et imperméables à l'eau.
- Elle est très mince et fragile, formée de minces colonnes très serrées maintenir l'eau sur leur pointe.








Figure 6. Chou fleur nu (Site web 3).

Cependant, il possède certaines caractéristiques dont sa richesse en vitamine C ; lutte contre l'apparition de certains cancers ; peu calorique ; source de vitamine B9 et de sélénium.

I.3.2. Taxonomie

Tableau 3. Taxonomie de Chou fleur (Site web 4).

Classification classique		
✚	Règne	<i>Plantae</i>
✚	Sous-règne	<i>Tracheobionta</i>
✚	Division	<i>Magnoliophyta</i>
✚	Classe	<i>Magnoliopsida</i>
✚	Sous-classe	<i>Dilleniidae</i>
✚	Ordre	<i>Capparales</i>
✚	Famille	<i>Brassicaceae</i>

	Genre	<i>Brassica</i>
	Espèce	<i>Brassica oleracea</i>
	Variété	
		<i>Brassica oleracea var. botrytis</i> L., 1753
Classification phylogénétique		
	Ordre	<i>Brassicales</i>
	Famille	<i>Brassicaceae</i>

I.4. Moutarde des champs ou sauvage (*Sinapis arvensis*)

I.4.1. Définition

La moutarde des champs, sanve ou sénevé (*Sinapis arvensis*), est une plante vivace herbacée de la famille des brassicacées (aussi nommées crucifères), placée souvent dans les mauvaises herbes (adventices), envahissant champs et jardins.

I.4.2. Caractéristiques

Selon Jauzein (1987), *Sinapis arvensis* L. est une crucifère très connue, sous diverses appellations (moutarde des champs, moutarde sauvage, moutarde commune, moutarde bâtarde, la racine latine, angle ou rave luche). Elle envahie la majorité des régions tempérées de l'Europe, de l'Asie Mineure, de l'Asie de Sud –ouest et de l'Afrique du Nord. Elle ne se reproduit que par graine et demande 2.5 à 3 mois pour que sa graine devienne une plante adulte (Buchanan , 1973). Cependant, Jauzein (1995) souligne que certaines graines de moutarde, sont capables de germer dès leur maturité. Cette mauvaise herbe, préfère des facteurs de croissance qui se résument en

- **Lumière** car préfèrent se développer en plein soleil, malgré qu'elle capable de supporter la croissance à l'ombre.

- **Température** cultivée dans un climat chaud.
- **Humidité** cultivée dans des sols modérément secs à humides.
- **L'acidité** préfère les sols dont les bases sont riches en pH approximatif de 5.5-8.
- **L'azote** des sols légèrement riches ou, à défaut, moyennement pauvres.

Malgré l'appétence que la moutarde des champs déclenche chez le bétail, de fortes irritations de l'intestin allant jusqu'à la mort de l'animal due à des toxines telles que l'allylisothiocyanate, la sinapine et la sinalbine (Bouchet et Muring, 1997).

I.4.3. Utilisation de la moutarde dans l'alimentation

L'ordre des Brassicales rassemble en tout 16 familles (Montaut *et al*, 2012), dont certaines sont utilisées dans l'alimentation humaine, comme les graines moulues de la moutarde brune (*Brassica juncea* [L.] Czern.) les racines de wasabi (*Wasabia japonica* [Miq.] Matsum.) et de raifort (*Armoracia rusticana* G. Gaertn., B. Mey. et Scherb.) pour préparer la pâte condimentaire de moutarde. L'intérêt alimentaire de ces trois plantes utilisées en assaisonnement réside dans leur goût très piquant.

Chapitre 3

Caractérisations pharmacologiques

I. Composition biochimique des plantes étudiées

I.1. Le chou (*Brassica oleracea cv. capitata L. var*)

- ✓ Le chou peut être de couleur rouge, verte ou blanche, tous trois possèdent le même nom scientifique (*Brassica oleracea var. capitata*).
- ✓ Le chou renferme des pigments chlorophylliens tandis que le chou rouge contient des pigments anthocyanes (Voča, 2018).
- ✓ Les glucosinolates, sont des métabolites de défense de la famille des alcaloïdes, ainsi que leurs dérivés, les isothiocyanates, seraient responsables du goût amer du chou blanc et de son arôme sulfureux et piquant (Bell, 2018).
- ✓ L'acide 4-amino-butérique, le fructose 1-phosphate, l'acide adipique, la 5-oxoproline, la N-acétylglycine, la O-phosphoéthanolamine et l'acide homovanillique seraient responsables des goûts d'aigreur, d'amertume, d'acidité, de salinité et d'astringence dans le chou (Mabuchi, 2019).
- ✓ Le chou contient des quantités considérables de composés bioactifs, dont les glucosinolates, la vitamine C et les caroténoïdes (Hallmann, 2017). Ce légume crucifère est également riche en acides phénoliques et en flavonoïdes, en particulier en anthocyanes (Kovalikova, 2019).
- ✓ Les glucosinolates, les phénols et les vitamines présents dans le chou blanc ont des effets anti-cancérogènes, anti-inflammatoires, antioxydants et cardio-protecteurs (Šamec, 2017 ; Mabuchi, 2019).
- ✓ Les isothiocyanates, dérivés des glucosinolates, ont une activité anti-carcinogène et chimio-protectrice et préviennent les troubles cardiovasculaires et neurodégénératifs (Bell, 2018).
- ✓ La saison à laquelle le chou blanc est cultivé a une influence directe sur sa composition en précurseur de la vitamine C, l'ascorbigène et en glucobrassicine, un glucosinolate. Celle-ci est plus élevée en hiver qu'en été (Martinez-Villaluenga, 2009).

➤ A l'état cru

Les valeurs sont à considérer comme des ordres de grandeur, susceptibles de varier selon les variétés, la saison, le degré de maturité, les conditions de culture, etc. Le chou blanc cru a une faible valeur énergétique* car il apporte en moyenne 36,50 calories (kcal) pour 100 g soit 153 kJ. Ainsi, pour chaque nutriment, les tableaux apportent une

information sur la teneur, les valeurs minimales et maximales ainsi que le pourcentage des Valeurs Nutritionnelles de Référence (VNR) pour 100 g net de chou bouilli/cuit à l'eau.

Tableau 4. Composition en macronutriments du chou cru.

Constituant (g)	Teneur moyenne	Min-Max pour 100 g	%VNR
Eau	90	88,40 - 94	-
Fibres	3,50	1,50 - NC	-
Glucides	4,63	3,60 - 4,70	1,78
dont Sucres	4,20	-	4,67
Lipides	0,60	0,20 - NC	0,86
dont Acides gras saturés	0,27	0,041 - NC	1,35
Protéines	1,38	0,10 - 2,50	2,76

- ✓ La teneur en glucides du chou cru (4,63 g pour 100 g) est légèrement supérieure à la moyenne présente dans les légumes crus (4,45 g pour 100 g).
- ✓ Ils sont sous forme de glucose (2,40 g pour 100 g) et de fructose (1,80 g pour 100 g).
- ✓ Le chou cru a une faible teneur en sucres* car il en renferme moins de 5 g pour 100 g.
- ✓ Le chou cru est riche en sélénium car il renferme une quantité équivalente à 36,36 % des VNR en sélénium, soit 20 µg pour 100 g. D'après la table Ciqual 2020, il est le plus riche en sélénium.
- ✓ Il apporte une quantité notable de potassium avec une teneur représentant 12 % des VNR en potassium, soit 240 mg pour 100 g.
- ✓ Le deuxième minéral le plus représenté dans le chou blanc cru est le calcium avec une teneur équivalente à 7,38 % des VNR en calcium, soit 59 mg pour 100 g.
- ✓ Les autres minéraux et oligo-éléments sont présents en quantité représentant moins de 7 % des VNR.

Tableau 5. Composition en minéraux et oligo-éléments du chou cru.

Constituant	Teneur moyenne	Min-Max pour 100 g	%VNR
Calcium (mg)	59	42,50 - NC	7,38
Chlorure (mg)	50	-	6,25
Cuivre (mg)	0,02	0,009 - 0,035	2
Fer (mg)	0,30	0,19 - 0,60	2,14
Iode (µg)	< 20	0,10 - NC	-
Magnésium (mg)	11	8,10 - 15	2,93
Manganèse (mg)	0,10	NC - 0,36	5
Phosphore (mg)	33	23,30 - 40,70	4,71
Potassium (mg)	240	175 - 320	12
Sélénium (µg)	20	0,77 - NC	36,36
Sodium (mg)	13	4,40 - NC	-
Zinc (mg)	0,16	0,10 - 0,23	1,60

Tableau 6. Composition en vitamines du chou cru.

Constituant	Teneur moyenne	Min-Max pour 100 g	%VNR
Provitamine A Béta-carotène (µg)	< 5	-	-
Equivalent Vitamine A (µg)	< 0,83	-	-

Vitamine B1 (mg)	0,04	0,028 - 0,079	3,64
Vitamine B2 (mg)	< 0,01	NC - 0,059	-
Vitamine B3 (mg)	0,20	NC - 0,56	1,25
Vitamine B5 (mg)	0,18	NC - 0,21	3
Vitamine B6 (mg)	0,17	0,10 - 0,21	12,14
Vitamine B9 (µg)	69,60	42 - 125	34,80
Vitamine C (mg)	8,88	NC - 45,80	11,10
Vitamine E (mg)	< 0,08	0 - NC	-
Vitamine K1 (µg)	9,60	NC - 76	12,80

✓ Le chou cru est riche en vitamine B9, car il apporte 69,60 µg pour 100 g, soit 34,80 % des VNR en vitamine B9.

✓ Le chou cru apporte également des quantités notables de vitamine K1, de vitamine B6 et de vitamine C. Il apporte l'équivalent de :

- ❖ 12,80 % des VNR en vitamine K1, soit 9,60 µg pour 100 g ;
- ❖ 12,14 % des VNR en vitamine B6, soit 0,17 mg pour 100 g ;
- ❖ 11,10 % des VNR en vitamine C, soit 8,88 mg pour 100 g.

✓ Les autres vitamines sont présentes dans le chou cru en quantité représentant moins de 4 % des VNR.

✓ * Calcul réalisé : Bêta-Carotène / 6 + rétinol

Tableau 7. Composition en polyphénols du chou cru.

Constituant (mg)	Teneur moyenne	Min-Max pour 100 mg
Flavonoïdes	1,02	0 - 5,72
<i>dont Flavonols</i>	0,92	0 - 5,10
<i>dont Flavones</i>	0,10	0 - 0,62
Lignanes	78,31	78,01 - 78,80
Polypolshén totaux	79,33	78,01 - 84,52

- ✓ Les polyphénols sont des substances à effet antioxydant.
- ✓ Le chou cru a une teneur notable en polyphénols totaux. Ils sont principalement constitués de lignanes d'après une analyse par chromatographie après hydrolyse.

➤ **A l'état bouilli**

Les valeurs sont à considérer comme des ordres de grandeur, susceptibles de varier selon les variétés, la saison, le degré de maturité, les conditions de culture, etc. Il a une faible valeur énergétique* car il apporte en moyenne 23,50 calories (kcal) pour 100 g soit 98,10 kJ.

Tableau 8. Composition en macronutriments du chou bouilli.

Constituant (g)	Teneur moyenne	Min-Max pour 100 g	%VNR
Eau	92,90	-	-
Fibres	2,70	-	-
Glucides	3,23	0 – NC	1,24
dont Sucres	2,80	-	3,11
Lipides	< 0,30	-	-

dont Acides gras saturés	< 0,01	-	-
Protéines	1	-	2

✓ La teneur en glucides du chou bouilli (3,23 g pour 100 g) est inférieure à la moyenne présente dans les légumes cuits (4,85 g pour 100 g).

✓ Ils sont essentiellement sous forme de glucose (1,40 g pour 100 g), de fructose (1 g pour 100 g) et de saccharose (0,40 g pour 100 g).

✓ Le chou bouilli a une faible teneur en sucres* car il en renferme moins de 5 g pour 100 g.

✓ La teneur en fibres du chou bouilli (2,70 g pour 100 g) est inférieure à la teneur moyenne présente dans les légumes cuits (2,89 g pour 100 g).

✓ La teneur en protéines du chou bouilli (1 g pour 100 g) est inférieure à la teneur moyenne présente dans les légumes cuits (2 g pour 100 g).

✓ Le chou bouilli ne contient pas de matières grasses* car sa teneur est inférieure à 0,5 g pour 100 g.

Tableau 9. Composition en minéraux et oligo-éléments du chou bouilli.

Constituant	Teneur moyenne	Min-Max pour 100 g	%VNR
Calcium (mg)	59	42,50 - NC	7,38
Chlorure (mg)	50	-	6,25
Cuivre (mg)	0,02	0,009 - 0,035	2
Fer (mg)	0,30	0,19 - 0,60	2,14
Iode (µg)	< 20	0,10 - NC	-
Magnésium (mg)	11	8,10 - 15	2,93
Manganèse (mg)	0,10	NC - 0,36	5
Phosphore (mg)	33	23,30 - 40,70	4,71

Potassium (mg)	240	175 - 320	12
Sélénium (µg)	20	0,77 - NC	36,36
Sodium (mg)	13	4,40 - NC	-
Zinc (mg)	0,16	0,10 - 0,23	1,60

- ✓ Le chou cru est riche en sélénium car il renferme une quantité équivalente à 36,36 % des VNR, soit 20 µg pour 100 g. D'après la table Ciqual 2020, c'est le légume qui contient le plus de sélénium.
- ✓ Il apporte une quantité notable de potassium avec une teneur représentant 12 % des VNR en potassium, soit 240 mg pour 100 g.
- ✓ Le calcium représente une teneur équivalente à 7,38 % des VNR en calcium soit 59mg pour 100g
- ✓ Les autres minéraux et oligo-éléments sont présents en quantité représentant moins de 7 % des VNR.

Tableau 10. Composition en vitamines du chou bouilli.

Constituant	Teneur moyenne	Min-Max pour 100 g	%VNR
Provitamine A Béta-carotène (µg)	< 5	-	-
Equivalent Vitamine A (µg)	< 0,83	-	-
Vitamine B1 (mg)	0,04	0,028 - 0,079	3,64
Vitamine B2 (mg)	< 0,01	NC - 0,059	-
Vitamine B3 (mg)	0,20	NC - 0,56	1,25
Vitamine B5 (mg)	0,18	NC - 0,21	3

Vitamine B6 (mg)	0,17	0,10 - 0,21	12,14
Vitamine B9 (µg)	69,60	42 - 125	34,80
Vitamine C (mg)	8,88	NC - 45,80	11,10
Vitamine E (mg)	< 0,08	0 - NC	-
Vitamine K1 (µg)	9,60	NC - 76	12,80

- ✓ Le chou cru est riche en vitamine B9, car il apporte 69,60 µg pour 100 g, soit 34,80 % des VNR.
- ✓ Le chou cru apporte également des quantités notables de vitamine K1, de vitamine B6 et de vitamine C. Il apporte l'équivalent de
 - ❖ 12,80 % des VNR en vitamine K1, soit 9,60 µg pour 100 g ;
 - ❖ 12,14 % des VNR en vitamine B6, soit 0,17 mg pour 100 g ;
 - ❖ 11,10 % des VNR en vitamine C, soit 8,88 mg pour 100 g.
- ✓ Les autres vitamines sont présentes dans le chou cru en quantité représentant moins de 4 % des VNR.

I.2. Chou fleur

Les glucides sont sous forme de glucose (0,90 g pour 100 g), fructose (0,80 g pour 100 g) et saccharose (0,70 g pour 100 g). Le chou-fleur cuit à la vapeur a une faible teneur en sucres* (2,40 g pour 100 g) car il n'en contient pas plus de 5 g pour 100 g. Il est doté d'une quantité importante de vitamine C, de minéraux et de fibres, ce légume s'avère très intéressant d'un point de vue nutritionnel. Consommé régulièrement, il participerait efficacement à la prévention des cancers, comme toutes les autres crucifères. Par ailleurs, le chou détient des vertus antiscorbutiques, antitoxiques et une action cicatrisante (MESSEGUE (1972)). D'où son utilisation dans le cas de certaines atteintes profondes telles que les varices, les ulcères, les tumeurs etc. Composé à plus de 90 % d'eau, le chou fleur fournit peu de calories, comme la plupart des légumes frais.

- ❖ Les **glucides** assurent l'essentiel de son apport énergétique.

Parmi ses glucides, les sucres simples sont majoritaires glucose, fructose, mais aussi pentoses, hexanes, on y trouve aussi une petite quantité d'amidon.

- ❖ **Les lipides** ne sont présents qu'à l'état de traces.
- ❖ **Les protéines** en revanche, sont relativement abondantes pour un végétal frais. Elles comptent de plus de la lysine, un acide aminé essentiel dont sont peu pourvues les céréales, source essentielle de protéines pour les végétariens. Le chou-fleur s'avère donc une source de protéines complémentaire de choix pour ces derniers. (La biodisponibilité des protéines végétales reste toutefois inférieure à celle des protéines animales.)

Le chou-fleur est riche en vitamine C. Il constitue aussi une bonne source de vitamines du groupe B, notamment B2, B3 et B6 ; et apporte une petite quantité de provitamines A (carotène).

Son eau de constitution contient des minéraux : potassium, magnésium et calcium, à des taux élevés. Elle fournit aussi de nombreux oligo-éléments : fer, zinc, manganèse, cuivre, bore, fluor... Ses fibres sont abondantes, et composées de cellulose, d'hémicelluloses (également abondantes) et en moindre proportion, de pectines, qui lui confèrent sa texture moelleuse après cuisson. D'une façon générale, les vitamines, composés antioxydants et fibres contenus dans les fruits et les légumes jouent un rôle protecteur significatif pour la santé. De nombreuses études ont démontré qu'une consommation élevée de légumes et de fruits, pouvait réduire le risque de développer une maladie cardiovasculaire, un cancer ainsi que d'autres maladies chroniques (Bazzano et Serdula, 2003 ; Lampe, 1999).

Des études ont également révélé que la consommation régulière de crucifères, comme le chou-fleur, pouvait contribuer à une meilleure prévention de certains cancers tels que ceux des poumons, des ovaires et des reins. Cet effet protecteur serait dû aux propriétés des composés soufrés présents dans ces légumes. Cependant, les personnes atteintes du syndrome de l'intestin irritable peuvent avoir quelques difficultés à supporter les crucifères (Brennan et Hsu, 2005 ; Pan et Egnat, 2004).

Tableau 11. Les compositions nutritionnelles pour 100 g de chou fleur.

Valeurs nutritionnelles pour 100 g

Énergie (kCal)	23 kCal
Protéines	1,84 g
Lipides	0,45 g
Glucides	4,11 g
Fibres	2,3 g
Eau	93 g

Tableau 12. Les compositions et valeurs des vitamines et assimilés pour la chou fleur.

Vitamines et assimilés	
Vitamine A et provitamine A	1 µg
Caroténoïdes provitaminiques A	
Bêta-carotène	7µg
Thiamine (Vitamine B1)	0,042 mg
Riboflavine (Vitamine B2)	0,052 mg
Niacine (Vitamine B3 ou PP) en équivalent en niacine totale	0,81 NE
Niacine (acide nicotinique)	0,41 mg
Acide pantothénique (Vitamine B5)	0,508 mg
Vitamine B6	0,173 mg
Folates totaux	44 µg
Vitamine C	44,3 mg
Vitamine E (tocophérols)	0,07 mg

Vitamine K	13,8 µg
Lutéine et zéaxanthine	29µg

Tableau 13. Les compositions et valeurs des Minéraux et oligo-éléments pour la chou fleur.

Minéraux et oligo-éléments	
Potassium	142 mg
Phosphore	32 mg
Calcium	16 mg
Sodium	15 mg
Magnésium	9 mg
Fer	0,32 mg
Zinc	0,17 mg
Cuivre	0,018 mg
Manganèse	0,132 mg
Sélénium	0,6µg
Protéines (1,84 g)	
Acides aminés	
Acide aspartique	0,216 g
Acide glutamique	0,245 g
Alanine	0,097 g

Arginine	0,089 g
Cystine	0,021 g
Glycine	0,059 g
Histidine	0, 037 g
Isoceuline	0,07 g
Leucine	0,107 g
Lysine	0,099 g
Méthionine	0,026 g
Phénylalanine	0,066 g
Proline	0,079 g
Sérine	0,096 g
Thréonine	0,067 g
Tryptophane	0,024 g
Tyrosine	0,04 g
Valine	0,092 g

Tableau 14. Les compositions et valeurs des Lipides pour la chou fleur.

Lipides (0,25 g)	
Acides gras saturés	0,07 g
Acides gras monoinsaturés	0, 032 g
Acide gras polyinsaturés	0,217 g

Dont oméga 6	0,05 g
Dont oméga 3	0,167 g

Tableau 15. Les compositions et valeurs des Glucides pour la chou fleur.

Glucides (4,11 g)	
Glucides (sucres) assimilables	
Sucres simples et autres sucres	2,08 g

I.2.1. Propriétés utiles et nocives du chou-fleur

Depuis l'Antiquité, le chou est appelé la reine des légumes. L'une des variétés de cette culture est le chou-fleur. La tête de chou est parsemée d'inflorescences en forme de fleurs, pour lesquelles le peuple a reçu le nom de 'frisé' ou 'caillé'. Initialement, il était cultivé en Syrie, puis à Chypre, puis il est livré en Europe.

I.2.2. Composition chimique

Ce légume est un entrepôt d'oligo-éléments utiles nécessaires pour le corps humain. La composition chimique du chou-fleur est incroyablement riche.

I.2.2.1. Vitamines

Le chou-fleur contient une énorme quantité de vitamines, certaines d'entre elles sont extrêmement rares dans d'autres légumes:

- ✓ B1 (thiamine), B2 (riboflavine), B3 (acide pantothénique), B6 (pyridoxine) vitamine B6 ou pyridoxine, fait partie des coenzymes qui participent au métabolisme des protéines et des acides gras ainsi qu'à la fabrication des neurotransmetteurs (messagers dans l'influx nerveux), B9 (acide folique) aident à améliorer l'activité physique, la mémoire et le tonus.
- ✓ La vitamine A aide à renforcer l'immunité, le tissu dentaire et osseux, prévient les maladies du muscle cardiaque et des organes vision, arrête le processus de vieillissement.
- ✓ La vitamine C renforce le système immunitaire, c'est 2 fois plus que les protéines.
- ✓ La vitamine K (phylloquinone) est responsable de la thrombose et accélère la guérison des plaies.

- ✓ La vitamine E (tocophérol) est utile pour le système endocrinien et circulatoire, améliore la puissance et prévient l'infertilité.
- ✓ La vitamine N (biotine), responsable de la santé des cheveux et de la peau jeune.
- ✓ La vitamine U rare (méthylméthionine sulfonium) est impliquée dans la formation des enzymes.
- ✓ L'acide nicotinique réduit le cholestérol et empêche la formation de caillots sanguins (thromboses).

I.2.2.2. Minéraux

Les propriétés curatives du produit sont déterminées par la teneur en minéraux.

- ✓ Le magnésium empêche la formation de calculs dans les reins, normalise la pression, est impliqué dans le processus de contraction musculaire.
- ✓ Le sélénium protège le corps des bactéries nocives, affecte la croissance des cheveux et des ongles.
- ✓ Le phosphore ralentit le métabolisme, aide à renforcer les os et les dents.
- ✓ Le zinc améliore l'activité musculaire et affecte favorablement la peau humaine.
- ✓ Le fer est impliqué dans la formation d'hémoglobine, sature le corps en oxygène.
- ✓ Le cuivre normalise les niveaux d'insuline. Le calcium renforce les tissus dentaires et osseux.
- ✓ Le sodium maintient l'équilibre eau-sel du corps, assurant le fonctionnement normal des reins.
- ✓ Le potassium restaure la fonction musculaire, élimine les toxines.
- ✓ Manganèse prévient le risque de maladies des ovaires et du système nerveux central.
- ✓ Le fer est deux fois plus que dans la laitue frisée, la laitue et les pois verts.

I.2.2.3. Autres composants

En plus des vitamines et des minéraux, le chou contient de nombreux autres composants utiles:

Pectines et fibres, Sucres naturels et amidon, Acides organiques (maliques, citriques, tartroniques) et polyinsaturés, Acides aminés (trianine, lysine, valine), et Composés de purine.

C'est un légume hypocalorique où Protéines – 5g, Graisses – 3g, et Glucides – 2 g.

La teneur en protéines est plusieurs fois plus élevée, donc il peut remplacer complètement les protéines animales, par conséquent, les nutritionnistes l'appellent «fromage blanc cottage».

I.2.3. Propriétés utiles

I.2.3.1. Le chou est très utile

Une faible teneur en calories et une teneur élevée en nutriments donnent une sensation de satiété.

Les enzymes ont un effet rajeunissant et purifiant. C'est un antioxydant naturel qui renforce le système immunitaire et neutralise les radicaux libres.

Avec une carence en vitamines, après les régimes et les maladies graves, il est nécessaire de reconstituer la réserve de vitamines du corps. Le chou-fleur est un entrepôt de vitamines et de minéraux.

Il affecte favorablement le système nerveux central et soulage la faiblesse chronique.

Pour soigner les plaies, les brûlures, l'eczéma et les ulcères, mélanger les protéines d'œuf de poule avec des légumes finement hachés et appliquer un pansement.

I.2.3.2. Système cardiovasculaire

Empêche la formation de plaques de cholestérol et élimine également le dépôt de sang, il est indispensable pour la prévention de l'athérosclérose.

La teneur élevée en anthocyanes, en particulier dans les inflorescences violettes, oblige à le consommer afin de prévenir les accidents vasculaires cérébraux et les crises cardiaques. Affecte favorablement la circulation sanguine et la formation de thromboses, normalise la fréquence cardiaque alors que le potassium soulage l'enflure et normalise l'équilibre eau-sel.

I.2.3.3. Digestion

La texture douce des fibres est parfaitement absorbée par le corps, il est recommandé de consommer un légume pour la gastrite, la cholécystite (sauf pour la période d'exacerbation) et la pancréatite (à l'exclusion des marinés, frits et frais).

Ce produit contient une vitamine U rare, qui aide à guérir les formations ulcéreuses.

Utilisé pour normaliser la digestion intestinale. Il aide à absorber les aliments, restaure la microflore intestinale, empêche la croissance des bactéries nocives et nettoie le tractus gastro-intestinal.

I.2.3.4. Prévention du cancer

Les légumes empêchent la formation de cellules cancéreuses dans la vessie, le côlon. Les glucosinolates dans la composition est un composé contenant du soufre anticancéreux qui forme une substance qui bloque la croissance et la mutation des cellules cancéreuses.

Tableau 16. Chou fleur pour 100 grammes de produit fini.

Product	Calories (kcal)	Protéines, g	Graisses, g	Glucides, g
Chou-fleur frais	30.0	5	3	2
Bouilli	29.0	1.8	0.3	4.0
Steamed	30,0	2,4	0,3	4,8
Fried	120.0	3.0	10.0	5.7
Dans la pâte	78.3	5.1	4.8	4.1
Avec œuf	54.0	4.6	5	9.6
Avec de la crème sure	54.0	2.6	6.87	4.67

En plus de ses avantages, le chou-fleur a un certain nombre de contre-indications.

Les personnes ayant des voies urinaires et des reins atteints de maladies doivent prendre ce produit avec soin. Malgré le fait que cela aide à normaliser la pression artérielle, il est néanmoins nécessaire de consulter un médecin souffrant d'hypertension et de maladies cardiaques graves.

Le chou-fleur contient des purines, il n'est donc pas recommandé aux personnes souffrant de goutte d'abuser de ce produit, signalons enfin que certains composés organiques de la culture

végétale peuvent perturber la glande thyroïde et entraîner ainsi généralement une hyperthyroïdie.

On ne sait presque rien des réactions allergiques aux légumes. Cependant, les personnes sujettes aux allergies doivent l'utiliser avec prudence, en commençant par une petite quantité, et il peut provoquer une indigestion et des flatulences.

I.3. Moutarde des Champs ou sauvage (*Sinapis arvensis*)

Elle est caractérisée

Nom scientifique : *Sinapis arvensis*

Noms commun : sénevé, sauve, moutardin, moutardon

Nom anglais : *mustard*

Classification botanique : famille des brassicacées (*Brassicaceae*)

Elle est considérée comme un condiment appréciable dans la gastronomie. Elle possède l'avantage d'être peu calorique et de fournir certains nutriments essentiels à la santé.

I.3.1. Caractéristiques de la moutarde

Elle a un pouvoir peu calorique ; goût unique ; antioxydant et riche en sodium.

Tableau 17. Valeurs nutritionnelles et caloriques de la moutarde.

Nutriments	Teneur moyenne (Pour 100gr de moutarde)
Calories	152
Protéines	6,92 g
Glucides	4,33 g
Lipides	11,2 g
Fibres alimentaires	-

Cependant, les feuilles de la moutarde renferment une quantité appréciable de nutriments

I.3.1.1. Folate

Elles sont une excellente source de folate (vitamine B9) qui participe à la fabrication de toutes les cellules du corps, dont les globules rouges, la production du matériel génétique (ADN, ARN), le fonctionnement des système nerveux et immunitaires, ainsi que la cicatrisation des blessures et des plaies, tandis qu'une consommation adéquate est primordiale durant les périodes de croissance et pour le développement du fœtus.

I.3.1.2. Vitamine C

Elles sont une excellente source de vitamine C pour l'homme, en plus du rôle d'antioxydant; elle contribue à la santé des os, des cartilages, des dents et des gencives. Elle assure la protection contre les infections, favorise l'absorption du fer contenu dans les végétaux et accélère la cicatrisation.

I.3.1.3. Vitamine A

Elles sont une excellente source de bêta-carotène, qui est transformé en vitamine A dans le corps. Elle est une des vitamines polyvalentes et favorise, la croissance des os et des dents. Elle maintient la peau en santé et protège contre les infections. Elle joue un rôle antioxydant et favorise une bonne vision, particulièrement dans l'obscurité.

I 3.1.4. Vitamine K

Elles sont une excellente source de vitamine K, et reste nécessaire pour la synthèse de protéines qui collabore à la coagulation du sang (autant à la stimulation qu'à l'inhibition de la coagulation sanguine). Elle se trouve dans l'alimentation, la vitamine K est fabriquée par les bactéries présentes dans l'intestin, d'où la rareté des carences en cette vitamine.

I.3.1.5. Manganèse

Elles sont une bonne source de manganèse qui agit comme cofacteur de plusieurs enzymes qui facilitent une douzaine de différents processus métaboliques. Il participe également à la prévention des dommages causés par les radicaux libres.

I.3.1.6. Calcium

Elles sont une source de calcium qui est de loin le minéral le plus abondant dans le

corps. Il contribue à la formation des os et des dents, ainsi qu'au maintien de leur santé. Le calcium joue, aussi, un rôle essentiel dans la coagulation du sang, le maintien de la pression sanguine et la contraction des muscles (dont le cœur).

I.3.1.7. Magnésium

Le magnésium participe au développement osseux, à la construction des protéines, aux actions enzymatiques, à la contraction musculaire, à la santé dentaire et au fonctionnement du système immunitaire. Il joue aussi un rôle dans le métabolisme de l'énergie et dans la transmission de l'influx nerveux.

I.3.1.8. Fer

Elles sont une source de fer qui est essentiel au transport de l'oxygène et à la formation des globules rouges dans le sang. Il joue, aussi, un rôle dans la fabrication de nouvelles cellules, d'hormones et de neurotransmetteurs (messagers dans l'influx nerveux). Cependant, il est moins bien absorbé par l'organisme que le fer contenu dans les aliments d'origine animale.

I.3.1.9. Cuivre

Elles sont une source de cuivre en tant que constituant de plusieurs enzymes, il est nécessaire à la formation de l'hémoglobine et du collagène, les enzymes contenant du cuivre contribuent également à la défense du corps contre les radicaux libres.

I.3.1.10. Sélénium

Alors que les graines sont une source de sélénium qui travaille avec l'un des principaux enzymes antioxydants, prévenant ainsi la formation de radicaux libres dans l'organisme. Il contribue aussi à convertir les hormones thyroïdiennes en leur forme active.

I.3.1.11. Vitamine B2

Elles sont une source de vitamine B2 ou riboflavine. Tout comme la vitamine B1, elle joue un rôle dans le métabolisme de l'énergie de toutes les cellules. De plus, elle contribue à la croissance et à la réparation des tissus, à la production d'hormones et à la formation des globules rouges.

I.3.1.12. Vitamine B6

Elles sont une source de vitamine B6 ou pyridoxine, elle fait partie de coenzymes qui

participent au métabolisme des protéines et des acides gras ainsi qu'à la synthèse des neurotransmetteurs (messagers dans l'influx nerveux). Elle contribue également à la fabrication des globules rouges et leur permet de transporter d'avantage d'oxygène. La pyridoxine est aussi nécessaire à la transformation du glycogène en glucose et participe au bon fonctionnement du système immunitaire. Enfin, elle joue un rôle dans la formation de certaines composantes des cellules nerveuses et dans la modulation de récepteurs hormonaux.

I.3.1.13. Vitamine E

Elles sont une source de vitamine E, antioxydant majeur, la vitamine E protège la membrane qui entoure les cellules du corps, en particulier les globules rouges et les globules blancs (cellules du système immunitaire).

I.3.1.14. Teneur en glucosinolates

Les glucosinolates sont biologiquement inactifs, mais lorsque l'aliment subit des transformations physiques (par exemple haché, mastiqué), les glucosinolates entrent en contact avec un enzyme appelé myrosinase, qui est présent dans l'aliment. Ils peuvent alors se transformer en molécules actives appelées isothiocyanates dont plusieurs d'entre elles contribueraient à limiter le développement du cancer. La cuisson réduit l'activité de la myrosinase, diminuant la possibilité de transformer les glucosinolates en composés actifs.

Les glucosinolates du chou-fleur ont la capacité de se transformer en molécules actives (l'allyle isothiocyanate ou AITC, l'indole-3-carbinol et le 3,3-diindolylmethane) lorsque l'aliment qui en contient est haché, mastiqué ou au contact de la flore bactérienne intestinale.

I.3.1.15. Pouvoir antioxydant

Les antioxydants sont des composés qui réduisent les dommages causés par les radicaux libres dans le corps. Ces derniers sont des molécules très actives qui seraient impliquées dans l'apparition de maladies cardiovasculaires, de certains cancers et d'autres maladies liées au vieillissement.

Les feuilles de moutarde ont aussi démontré un pouvoir antioxydant probablement attribuable à leur contenu en caroténoïdes et en d'autres composés qui restent à être caractérisés.

I.3.1.16. Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont aussi des composés possédant des propriétés antioxydantes. La

consommation d'aliments riches en caroténoïdes serait liée à un risque moindre de développer certains cancers. Différents caroténoïdes sont détectés dans les feuilles de moutarde brune, les principaux étant le bêta-carotène, la lutéine et la zéaxanthine.

Signalons, enfin que Les jeunes plantes (feuilles, tiges et fleurs) peuvent être consommées du fait qu'elles ont des propriétés toniques, apéritives, digestives et dépuratives (François, 1994).

La moutarde des champs est signalée comme responsable d'empoisonnements du bétail dus à la consommation de foin en contenant une grande quantité (Site web 5).

I.4. Les propriétés médicinales de la moutarde se résument en

➤ Utilisation interne

Utilisé principalement comme tonifiant, contre les carences en vitamines C et le scorbut ou dans le cadre de cures détoxification.

➤ Utilisation externe

Tonifiant pour stimuler les capacités de l'organisme.

En cataplasmes contre les rhumes, bronchites, névralgies, rhumatismes, maux de tête et douleurs menstruelles, nécroses.

En pommade ou dans le bain pour éviter le refroidissement du corps et les frissons (maladie de Raynaud). Soulage les raideurs des épaules et de la nuque en stimulant la circulation sanguine.

I.5. Indications thérapeutiques usuelles

Carence en vitamine C, scorbut, baisse de tonus, rhumes, bronchites, rhumatismes, maux de tête. Troubles digestifs, atonie de l'estomac et des intestins, douleurs menstruelles.

La moutarde aurait des propriétés anti cancérogènes, comme le corossol, fruit du corossolier, ses graines contiennent de l'isothiocyanate d'allyle (AITC) qui "*inhibe fortement le cancer de la vessie*", comme l'affirme une étude publiée en 2010 dans la revue scientifique Carcinogenesis.

Elle était déjà utilisée dans la Grèce antique pour traiter le rhume et certaines affections respiratoires et aussi pour soulager les articulations douloureuses.

II. Intérêts pharmacologiques des Brassicacées

II.1. Amélioration de la santé cardiovasculaire

Manger du chou régulièrement maintiendra votre organisme sain et fort.

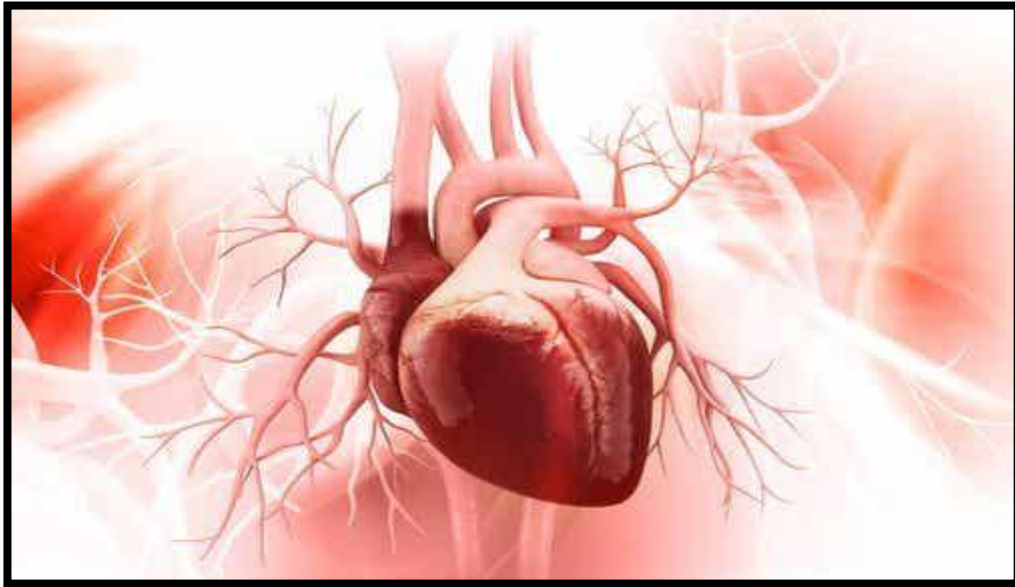


Figure 7. Effet des Brassicacées sur la santé cardiovasculaire.

La vitamine K du chou possède, en effet, des propriétés anti-inflammatoires qui améliorent la circulation sanguine. Ainsi, on peut atténuer l'accumulation de lipides dans le sang, donc, ce qui pourrait éviter des problèmes cardiovasculaires comme l'athérosclérose. Cependant, le sulforaphane présent dans le chou est d'une grande importance car il améliore le taux de pression artérielle.

II.2. Troubles de l'estomac

Il est riche en fibres, ce qui facilite la digestion et favorise l'élimination des toxines. D'autre part, le sulforaphane protège le revêtement de l'estomac et le rend plus résistant à la formation des bactéries malignes. A cet effet, sa richesse en isothiocyanates, s'avère un excellent remède pour diminuer le risque d'atteinte des ulcères d'estomac et le cancer du colon. Signalons que le jus du chou est un bon moyen pour désenflammer l'estomac et éviter les gaz.

II.3. Lutte contre le cancer

Le sulforaphane et les isothiocyanates contiennent des éléments quimio-préventifs

et anti estrogènes qui empêchent la croissance des cellules cancérigènes (affronter le cancer et contrôler son avancée). Il peut, aussi, prévenir l'apparition de certains types de cancer à savoir poumon, vessie, sein, prostate, ovaire et col de l'utérus.

II.4. Prévenir la dégénérescence maculaire ou dégradation d'une partie de la rétine (la macula)

Par sa forte teneur en vitamine C et antioxydants, le chou peut être efficace pour réduire le risque de dégénérescence maculaire qui, dans certains cas, engendre la cécité. Alors que le sulforaphane, protège les tissus de la rétine suite au stress oxydatif, il prévient en grande partie l'handicap visuel ainsi que d'autres maladies oculaires comme les cataractes.

II.5. Eviter les dommages causés par la radiation ultraviolette

Le sulforaphane est d'une grande importance pour la protection de la peau des dommages que cause les rayons ultraviolet. Il protège le corps contre l'inflammation, le cancer de la peau induit par les rayons UV, les rougeurs de la peau à cause de l'augmentation de sang dans les capillaires et les dommages cellulaires.

II.6. Prévenir les troubles neurodégénératifs

Le sulforaphane active les enzymes de désintoxication et aide, donc, le cerveau dans le traitement des lésions neuronales causées par l'inflammation et le stress oxydatif, ce qui signifie que des maladies comme Parkinson et Alzheimer auront moins de probabilités à affecter les personnes consommant les Brassicassées.

II.7. Hypertension et cholestérol

Grâce à ses propriétés antioxydante et anti-inflammatoire, il assure la protection des artères, alors que les acides gras oméga-3 et les fibres aident à réduire les niveaux de mauvais cholestérol (LDL).

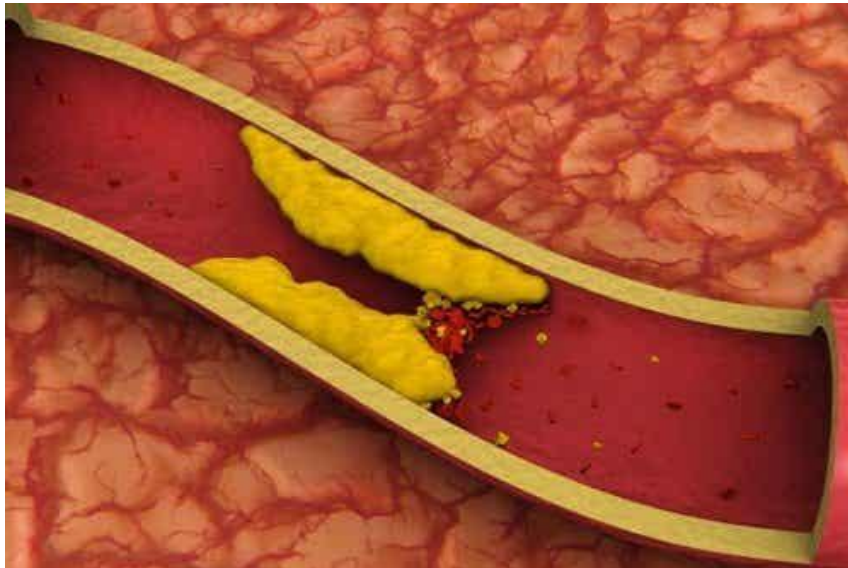


Figure 8. Vaisseau avec cholestérol.

II.8. Il atteint l'équilibre d'électrolytes

Il équilibre les électrolytes du corps ce qui aide le système nerveux à transmettre les impulsions nerveuses et assure les contractions musculaires correctement.

II.9. Préservation de la santé du cerveau et des cellules

La richesse du chou en phosphore est d'une grande aide pour la réparation des membranes cellulaires. Il est indispensable au bon fonctionnement du nerveux, tandis que le potassium et la vitamine B6 favorisent l'activité de ses neurotransmetteurs.

II.10. Manger du chou-fleur contrôle le diabète

Grâce à sa teneur en vitamine C et en potassium, la consommation régulière de chou aide à réduire le risque de développer du diabète, grâce, à la régulation du taux de glucose sanguin. Lorsque le taux du potassium est bas, le glucose peut augmenter tout en provoquant une menace importante si l'on souffre de diabète.

Il faut signaler qu'une interaction entre les crucifères et certains médicaments peut avoir lieu, comme par exemple les indoles, des crucifères, peuvent notamment diminuer l'action de certains analgésiques tels que les produits contenant de l'acétaminophène (Tylenol®, Atasol®, Tempra®) et d'autres médicaments combinant un mélange d'ingrédients actifs (Benylin®, Contact®, Robaxacet®).

Autres indications thérapeutiques des crucifères

Cependant, cette famille a de multiples propriétés médicinales ou pharmacologiques curatives ou préventives comme les enrouements ; affections du larynx et du pharynx ; antirides ; anti-inflammatoire et les extinctions de voix, apaise les inflammations ou les douleurs et cicatrisation des plaies, effets stimulants et antiscorbutiques etc.

III. Les glucosinolates

Les glucosinolates (GSL), β -thiogluco-side-*N*-hydroxysulfates (ou, 1-thio- β -D glucopyranosidiques), sont des métabolites secondaires relatifs dans la majorité des cas aux crucifères avec des taux élevés, (Fahey *et al.*, 2001). Ils sont des hétérosides soufrés, synthétisés par la famille des Brassicacées (chou, navet, moutarde, ...etc.) qui les utilisent comme moyen de défense car ils jouent un rôle important dans la protection de la plante tel un mécanisme de défense contre les agressions externes (organismes pathogènes, ravages des insectes et herbivores), agissant comme des pesticides naturels et de formidables agents de biofumigation (Sarwar *et al.*, 1998; Holst *et al.*, 2004).

La composition et la concentration en GSL, cependant, sont variables d'une espèce à l'autre mais aussi, au sein d'une même espèce en fonction du type de tissu, des conditions environnementales, des conditions de culture, et le stade de développement des plantes (Bennet *et al.*, 2004; Bhandari *et al.*, 2015). Dans la majorité des plantes du genre Brassica, il faut signaler que les GSL sont dans les fleurs et les graines (Gupta *et al.*, 2012; Bhandari *et al.*, 2015).

III.1. Composition des glucosinolates

Ils sont composés d'une molécule de glucose, d'un groupement soufré et d'un acide aminé (Wathelet *et al.*, 1986). Il faut signaler, cependant, que plus d'une centaine de glucosinolates sont identifiés au sein des plantes de la famille des Brassicacées et que la diversité est liée à la multitude des acides aminés précurseurs.

Leur structure présentent d'après les travaux de Etlinger (1956, 1957) et de Marsh & Waser (1970) réalisés sur la sinigrine est confirmée et généralisée pour l'ensemble des glucosinolates par spectroscopie ^1H et ^{13}C -NMR (Olsen et Sørensen, 1981).

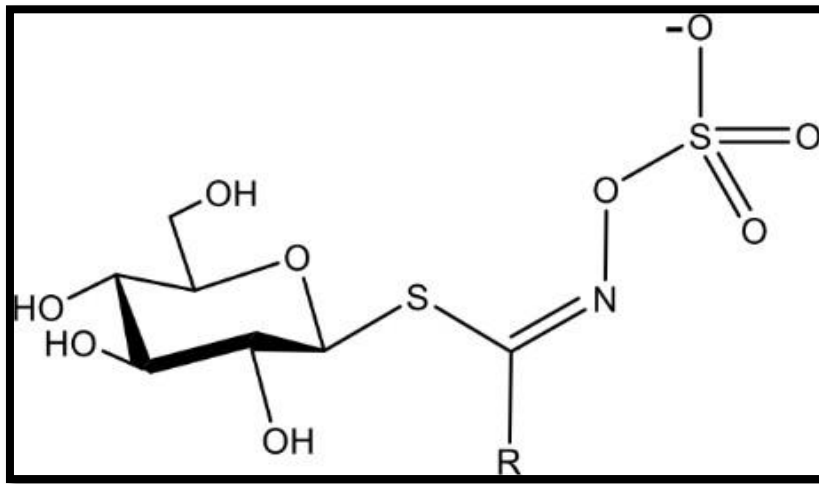


Figure 9. Structure générale des glucosinolates.

Les GSL appartiennent aux glucosides et contiennent trois groupes liés à un carbone central soit un glucose lié à un atome de soufre (groupe thioglucose), un groupe sulfate avec un atome d'azote (formant un aldexime sulfaté), et un groupe latéral R caractéristique du glucosinolate et responsable de la variation de ses propriétés biologiques. En effet, le R peut être aliphatique (alkyl, alkenyl, hydroxyalkenyl, ω -methylthioalkyl, ω -sulfinyl-, and ω -sulfonylalkyl), aromatique (benzyl, substituted benzyl) ou hétérocyclique (indolyl) (Halkier et Gershenzon, 2006; Agerbirk *et al.*, 2012).

Cependant, certains GSL comme la sinigrine et la sinalbine (4-hydroxybenzylglucosinolate) sont les premiers à être isolés, respectivement à des graines des moutardes blanche (*Sinapis alba*) (Robiquet *et al.*, 1831) et noire (*Brassica nigra*) (Bussy, 1840).

III.2. Biosynthèse

Les GSL sont synthétisés en générale à partir de huit acides aminés (alanine, valine, leucine, isoleucine, phénylalanine, méthionine, tyrosine et tryptophane), dont la nature de l'acide aminé parent conditionne le glucosinolate néoformé. A cet effet, ils sont classés en trois catégories à savoir

Les GSL aliphatiques synthétisés à partir d'acides aminés aliphatiques,

Les GSL aromatiques synthétisés à partir de laphénylalanine ou la tyrosine

Les GSL indoliques synthétisés à partir du tryptophane.

Cependant, le mécanisme de leur biosynthèse peut être divisé en trois phases

(Mikkelsen *et al.*, 2002; Glawischnig *et al.*, 2003), dont:

La première étape, qui par hydroxylation, ensuite une décarboxylation d'un acide aminé donne le groupe aldoxime.

Alors que la deuxième étape consiste en la synthèse de l'acide thiohydroxamique, par l'introduction d'un atome de soufre sous l'action de la cystéine.

Cet acide obtenu est ensuite transformé en thioglucoside ceci en réagissant avec l'uridine, réaction de sulfatation, assurée par l'enzyme PAPS, du groupement thiohydroximate, donnant ainsi le noyau de la structure du GSL.

Ainsi, le GSL synthétisé est susceptible de subir des transformations sur la chaîne latérale comme des élongations par addition de groupement méthyle, des oxydation, élimination, hydroxylation etc. expliquant ainsi la grande diversité des GSL (Graser *et al.*, 2000).

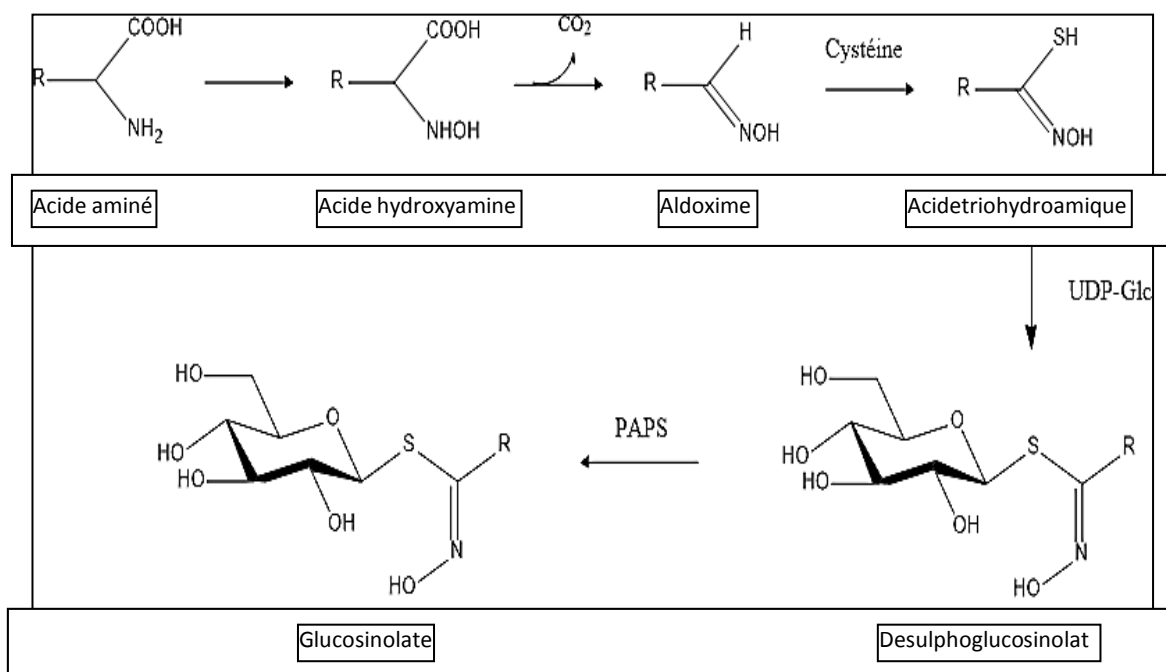


Figure 10. Mécanisme général de biosynthèse des glucosinolates.

III.3. Hydrolyse et produits de dégradation

les GSL sont des composés relativement stables, dans leur état intact et thermique, par contre ils sont sensibles à une hydrolyse enzymatique induite par la myrosinase - β -thioglucosidase (E.C. 3.2.1.147) (Bones *et al.*, 1996 ; Karcher *et al.*, 1999), une enzyme endogène qui co-existe avec les GSL dans la plante mais respectivement stockés dans

des compartiments cellulaires différents (Fahey *et al.*, 2001 ; Bones *et al.*, 2006). Il faut noter que l'hydrolyse se produit seulement après une lésion/dommage (blessure, mastication, congélation ou pâturage), ce qui permet la mise en contact de l'enzyme et du substrat. A ce moment, lors de la réaction, il se produit un clivage de la liaison thioglycoside conduisant à la libération d'une molécule de glucose et d'un aglycone instable, le thiohydroximate-O-sulfonate instable.

Cependant, en fonction du pH, la présence des ions ferreux et la nature de la chaîne latérale du GSL parent (Rask *et al.*, 2000; Fahey *et al.*, 2001 ; Grubb et Abel, 2006) ce dernier va se réarranger en différents produits de dégradation en isothiocyanates (ITC), nitriles, thiocyanates, epithionitriles, et oxazolidine-2-thiones (OT), le vinyl-thio-oxazolidone ou goitrine (Cole, 1976 ; Daxenbichler et Vanetten, 1974 ; Gil et MacLeod, 1980 ; Fenwick *et al.*, 1983; Uda *et al.*, 1986).

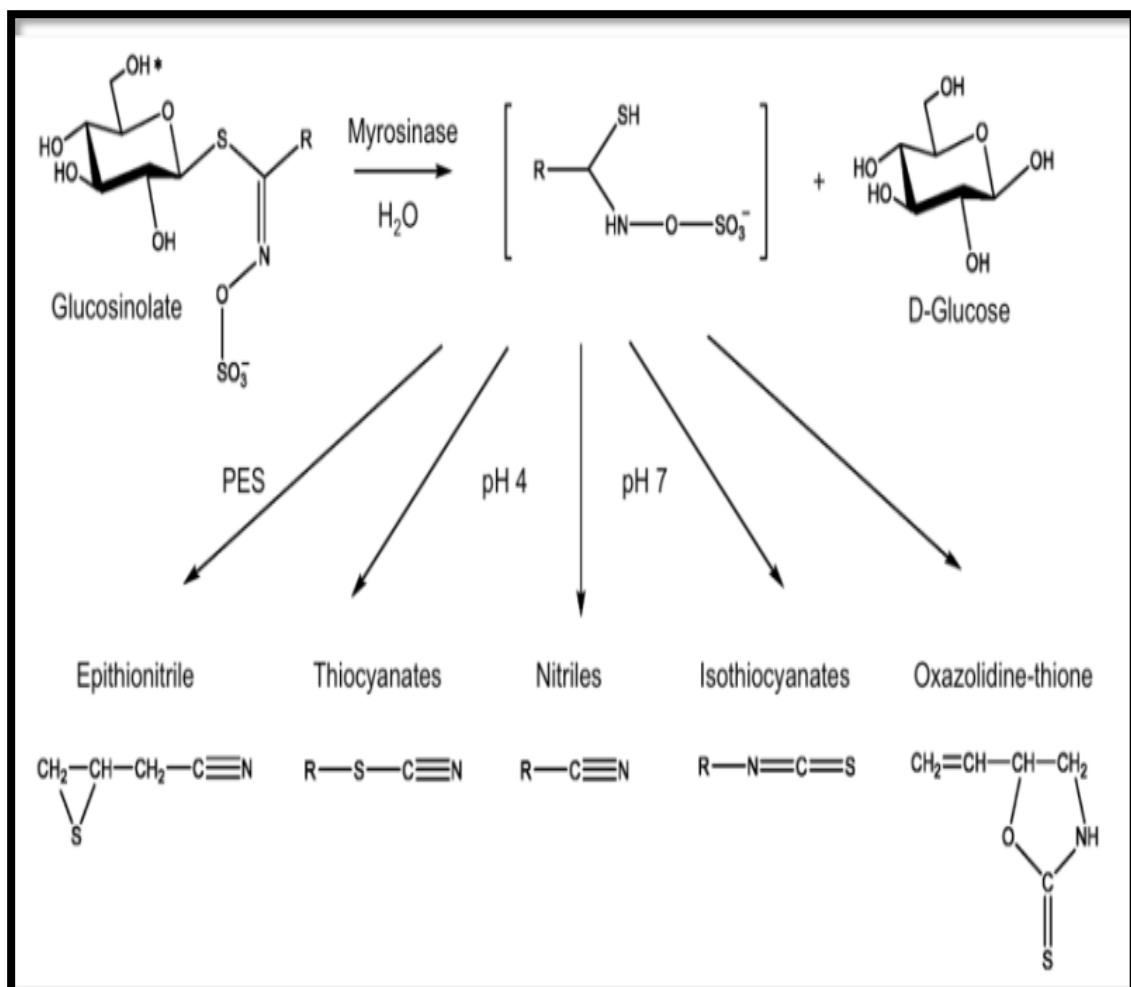


Figure 11. Dégradation des GSL.

III.4. Effets thérapeutiques

Les hormones thyroïdiennes sont un puissant accélérateur métabolique, ainsi, la dégradation des graisses est accélérée avec baisse de LDL et de cholestérol et élimination biliaire des stérols. L'assimilation mitochondriale des acides gras libres est augmentée suite à la lipolyse accrue et le cycle des hydrates de carbone se trouve accéléré dans son ensemble. L'absorption intestinale de glucose est augmentée, ainsi que, sa production endogène.

Les indoles et les isothiocyanates, obtenus par dégradation, ont des propriétés anti-cancérogènes à faible concentration (Conoway *et al.*, 2002). Alors que d'autres études ont démontré qu'une consommation importante de fruits et légumes de crucifères permettrait la réduction drastique du risque d'apparition de cancer (Higdon *et al.*, 2007). Le potentiel de la sinigrine comme agent préventif de la croissance de cellules cancérogènes est mis en évidence par Bhattacharya (2010), sur une expérience menée sur des rats où est montré que la sinigrine a empêché la croissance du cancer de la vessie et a bloqué sa prolifération dans d'autres muscles. Jie *et al.* (2014) ont aussi, démontré son activité antiproliférative des agents cancérogènes de l'hépatocarcinogénèse chez le rat et relèvent son potentiel anti-cancérogène pour le foie. Toutefois, le mécanisme d'action des isothiocyanates demeure inconnu (Hayes *et al.*, 2008).

III.5. Effets indésirables

Cependant les glucosinolates et leurs dérivés sont controversés dans l'exploitation des cultures oléagineuses à cause de leur occurrence dans le tourteau de graines normalement destiné à l'alimentation animale. En effet de par leur caractère ionique, les GSL ne sont pas extraits avec l'huile et restent dans le tourteau. Les différentes opérations qui ont lieu lors du processus de trituration (prétraitements, pressage mécanique) ont pour effet d'hydrolyser une partie notable des GSL et de libérer leurs produits d'hydrolyse très actifs. Les composés les plus indésirables comprennent les ITC, thiocyanates, les nitriles et les OT, Leur effet chez les monogastriques sont particulièrement importants et s'exercent sur le métabolisme thyroïdien (Halkier et Gershenzon, 2006) (OT, ITC, thiocyanates) et sur le foie (nitriles).

III.6. Inactivation de la myrosinase

La myrosinase, enzyme typique des espèces de la famille des Brassicacées, est impliquée

et participe avec les GSL dans le mécanisme de défense de la plante par la réaction d'hydrolyse et ses distribution et concentration (enzyme) varient au même titre que les GSL en fonction de la plante, de l'espèce et du tissu. Il est révélé que la moutarde blanche (*Sinapis alba*) a la myrosinase la plus active (Barba, 2005), avec une activité spécifique parfois dixfois plus élevée que chez *B. napus* et *B. campestris* (Bones, 1990).

Lors de la trituration des graines oléagineuses, la myrosinase est libérée lors du floconnage de la graine et lors de la désolvatation du tourteau à cause de la condensation de la vapeur utilisée. Par conséquent afin d'assurer la récupération et l'exploitation des GSL dans leur état intact, une étape de désactivation de la myrosinase avant l'extraction de l'huile est nécessaire. Les conditions de stabilité de la myrosinase sont spécifiques à l'espèce (Ghawi *et al.*, 2012).

III.7. Effet antithyroïdien

La goitrine est naturellement présente dans les légumes crucifères, comme le chou, les choux de Bruxelles et dans l'huile de colza (Lüthy *et al.*, 1984). La goitrine est formée par hydrolyse d'un glucosinolate, la progoitrine ou 2-hydroxy-3-buténylglucosinolate. L'isothiocyanate (2-hydroxy-3-buténylisothiocyanate) instable dérivé de ce dernier se cyclise spontanément en goitrine, de par la présence du groupe hydroxyle situé à proximité du groupe isothiocyanate, ce qui permet la formation du cycle. L'oxygène de cette molécule provient donc du groupe hydroxyle de l'isothiocyanate instable original.

La goitrine réduit la production des hormones thyroïdiennes telles que la thyroxine (McMillan *et al.*, 1986), résultant en la possible formation d'un goitre, d'où son nom.

Les plantes contenant de la progoitrine (ou un autre glucosinolate tel que la glucobrassicine ou la sinalbine qui peuvent libérer un ion thiocyanate) ont donc un potentiel goitrogène, mais relativement faible, aucune altération des fonctions thyroïdiennes n'ayant été observée pour les quantités d'un régime alimentaire normal (Verhoeven *et al.*, 1997). Bruneton, (2009) a observé chez les lapins, les ovins et les bovins que la consommation de grandes quantités de chou ou de colza entraîne l'apparition d'un goitre accompagné d'avortements et de mortalités fœtales. La goitrine inhibe non seulement le symport Na⁺ Glucose, mais aussi l'incorporation de l'iode dans les tyrosyls.

Conclusion

Conclusion

Notre étude a pour objectif d'évaluer les caractéristiques pharmacologiques de la famille des Brassicassées ou crucifères.

Les plantes utilisées ont au moins une partie possédant des propriétés médicamenteuses. Leur action provient de leurs composés chimiques ou de la synergie entre les différents composés des plants pris comme échantillons.

Les crucifères, principalement le Chou vert ; la Chou fleur et le Moutarde des champs ou sauvage constituant une valeur nutritionnelle ; les indoles et les isothiocyanates obtenus par dégradation des glucosinolates ont des effets bénéfiques, elles sont des métabolites de défense de la famille des alcaloïdes ; seraient responsables du goût amer et de son arôme ; les caroténoïdes et les vitamines ont des effets anti-cancérogène, anti-inflammatoire, anti-oxydant et cardio-protecteurs.

L'apport de quantités élevées de ces crucifères a pour effets toxiques sur plusieurs structures et organes de l'organisme comme l'effet antithyroïdien entraînant une hypothyroïdie ; et autres troubles comme l'anémie hémolytique ; hépatiques ; rénaux ; et problèmes de reproduction.

On peut conclure que les composés les plus indésirables des glucosinolates comprennent les ITC, thiocyanates, les nitriles et les OT, Leur effet chez les monogastriques sont particulièrement importants et s'exercent sur le métabolisme thyroïdien (OT, ITC, thiocyanates) et sur le foie (nitriles).

A cet effet, on préconise qu'une étude pratique soit réalisée sur des monogastriques et les lapins d'une part pour voir l'effet sur la thyroïde (hormones thyroïdiennes) et le foie et d'autre part induire la glycémie par une substance diabétogène et la L. tyroxine hormone goitrigène pour pouvoir comparer les effets des substances bioactives des Brassicassées sur les différents paramètres biochimiques des animaux de l'expérimentation.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- ✚ Abbaoui B., Lucas CR., Riedl KM., Clinton SK., Mortazavi A., Cruciferous vegetables, isothiocyanates, and bladder cancer prevention. *Mol Nutr Food Res*, 2018.
- ✚ Abdel Rahman Abdel Rahman Al-Naqib, « *Avicenne (Ibn Sina)* », *Perspectives : revue trimestrielle d'éducation comparée*, vol. XXIII, n^{os} 1-2, 1993, p. 51-68 (consulté le 25 Aout 2021).
- ✚ AFNOR, 2000 : Huiles essentielles. Ed PARA Graphic.Tome 1 Echantillonnage et méthode d'analyse 471 p.
- ✚ Agerbirk, N. and Olsen, C.E. (2012). 'Glucosinolate structures in evolution', *Phytochemistry*, 77, pp. 16–45.
- Al-Achi A. Herbs that affect blood glucose levels. *Women's Health in Primary Care*. 2005; 8(7): 325-330.
- ✚ Al-Shehbaz, I. A., 1984. The tribes of Cruciferae (Brassicaceae) in the southeastern United States. *J. Arnold Arbor*. 65 : 343–373
- ✚ Al-Shehbaz, I. A., Beilstein, Ma & Kellogg, Ea., 2006. Systematics and phylogeny of the Brassicaceae (Cruciferae): an overview. *Plant Systematics and Evolution* 259, 89-120.
- ✚ Al-Shehbaz, I. A., 1984. The tribes of Cruciferae (Brassicaceae) in the southeastern United States. *J. Arnold Arbor*. 65 : 343–373.
- ✚ Al-Shehbaz, I. A., Beilstein, Ma & Kellogg, Ea., 2006. Systematics and phylogeny of the Brassicaceae (Cruciferae): an overview. *Plant Systematics and Evolution* 259, 89-120.
- ✚ Amić D., Davidović-Amić D., Bešlo D. et Trinajstić N. 2003. Structure–Radical scavenging activity relationships of flavonoids. *CROATICA CHEMICA ACTA CCACAA.*, 76 (1) : 55-61.
- ✚ Amroune S E.2018. Phytotypapie et plantes médicinales. Mémoire de master, Université des Frères Mentouri Costontine, 66 pages.
- ✚ André R., Bailleul F., Delveau P., Paris R. R. et Jaquemin H. 1976. Etude chimique du danais fragrain gaertn (*Rubiaceés*). *Plantes médicinales et phytothérapie.*, 9 (2) : 110-118.

- ✚ Angiosperm Phylogeny Group, 2016: An update of the angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*; 181(2); 1-20.
- ✚ Annie Montaut. L'ÉVOLUTION DU HINDI DANS UNE AIRE MULTILINGUE. *Le Hindi*, 2012, 978-90-429-2630-1.
- ✚ Anonyme, 2005 : OEPP Organisation Européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes. Directives sur la bonne pratique phytosanitaire légumes du genre brassica. PP2/7 (1) Français
- ✚ Appel, O., Al-Shehbaz, I. A., 2003 Cruciferae. In: Kubitzki K., Bayer C. *The families and genera of vascular plants*. Vol. 5. Springer, Berlin, 375. 75–174.. Edition 2009.
- ✚ Appel, O., Al-Shehbaz, I. A., 2003 Cruciferae. In: Kubitzki K., Bayer C. *The families and genera of vascular plants*. Vol. 5. Springer, Berlin, 375. 75–174.
- ✚ Appel, O., Al-Shehbaz, I. A., 2003 Cruciferae. In: Kubitzki K., Bayer C. *The families and genera of vascular plants*. Vol. 5. Springer, Berlin, 375. 75–174. INBN, 978-7-4200-8608-9. Edition 2009.
- ✚ Aurangzeb H. et Muhammed Nawaz T. 2005. Flavonoids from the leaves of *Impatiens bicolor*. *Turkish journal of chemistry.*, 29 : 65-70.
- ✚ Avicenne, ‘Abd al-Wāḥid ibn Muḥammad Jūzajānī (trad. Gohlman WE), *The Life of Ibn Sina : A Critical Edition and Annotated Translation*, State University of New York Press, 1974, 163 p. 17 dans *The Western Medical Tradition, 800 BC to AD 1800*, Wellcome Institute for the History of Medicine, London.
- ✚ B. Holland, I. D. Unwin und D. H. Buss: *Vegetables, Herbs and Spices. The Fifth Supplement to McCance & Widdowson's The Composition of Foods (4th Edition)*. 163 Seiten. Royal Society of Chemistry, Cambridge 1991.
- ✚ Bailey, C. D., Koch, M. A., Mayer M., Mummenhoff, K., O’kane, Jr. SI, Warwick Si, Windham, M. D., & Al-Shehbaz, I. A., 2006. Toward a Global Phylogeny of the Brassicaceae. *Molecular Biology and Evolution* 23, 2142-2160.
- ✚ Bailley C D., Price R, A & Doyle J, J (2002), Systematics of the halimolobine Brassicaceae: Evidence from three loci and morphology. *Syst Bot* 27:318-332
- ✚ Barba, I., Bellostas, N., Peterson, I.L., Puiggros, A., Sørensen, J.C., Sørensen, S. and Sørensen, H. (2005). ‘Myrosinases, glucosinolates and transformation products in Brassica, Raphanus and Sinapis: Physico-chemical properties and activity of myrosinase isoenzymes’, *G.C.I.R.C.*, bulletin n°22.

- ✚ Bazzano LA, Serdula MK, Liu S. Dietary intake of fruits and vegetables and risk of cardiovascular disease. *Curr Atheroscler Rep* 2003 November;5(6):492-9.
- ✚ Bell L, Oloyede OO, Lignou S, Wagstaff C, Methven L. Taste and Flavor Perceptions of Glucosinolates, Isothiocyanates, and Related Compounds. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2018;62(18): 1700990.
- ✚ Bennett, R.N., Mellon, F.A. and Kroon, P.A. (2004). 'Screening crucifer seeds as sources of specific intact glucosinolates using ion-pair high-performance liquid chromatography negative ion electrospray mass spectrometry', *J. Agric. Food Chem.*, 52(3), pp. 428–438.
- ✚ Benoît Patar, *Dictionnaire des philosophes médiévaux*, Québec, éd. Fides, 2006, p. 91
- ✚ Bernier P. et al. Syndrome du côlon irritable. Manuel de nutrition clinique en ligne, Ordre professionnel des diététistes du Québec, 2004.
- ✚ Besle J. M., Lamaison J. L., Pradel P., Fraisse D., Viala D. et Martin B. 2004. Les flavonoïdes des fourrages au lait. *Rencontres Recherches Ruminants.*, 11 : 67-70.
- ✚ Bhandari, S.R., Jo, J.S. and Lee, J.G. (2015). 'Comparison of glucosinolate profiles in different tissues of nine brassica crops', *Molecules*, 20, pp. 15827–15841.
- ✚ Bhattacharya, A., Li, Y., Wade, K.L., Paonessa, J.D., Fahey, J.W. and Zhang, Y.(2010). 'Allyl isothiocyanate-rich mustard seed powder inhibits bladder cancer growth and muscle invasion', *Carcinogenesis*, 31(12), pp. 2105–2110.
- ✚ Bones, A.M. (1990). 'Distribution of β -thioglucosidase activity in intact plants, cell and tissue cultures and regenerant plants of *Brassica napus*', *J. Exp. Bot.*, 41, pp. 737–744.
- ✚ Bones, A.M. and Rossiter, J.T. (1996). 'The myrosinase-glucosinolate system, its organisation and biochemistry', *Physiol. Plant.*, 97, pp. 194–208.
- ✚ Bones, A.M. and Rossiter, J.T. (2006) 'The enzymic and chemically induced decomposition of glucosinolates', *Phytochemistry*, 67(11), pp. 1053–1067.
- ✚ Bouchard C. J., Néron R. & Guay L. (1998). *Guide d'identification des mauvaises herbes du Québec*. Conseil des productions végétales du Québec, Québec. 253 pp.
- ✚ Bouchet C., et Maurin G., 1997-Mauvaises herbes des cultures .Ed le carrousel, CTA, Paris : 56-63.
- ✚ Brennan P, Hsu CC, et al. Effect of cruciferous vegetables on lung cancer in patients stratified by genetic status: a mendelian randomisation approach. *Lancet* 2005 October 29;366 (9496):1558-60.
- ✚ Bruneton J. Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. Ed TEC et DOC, 3ème édition. 1999.

- ✚ Bruneton, J., *Pharmacognosie - Phytochimie, plantes médicinales*, 4^e éd., revue et augmentée, Paris, Tec & Doc - Éditions médicales internationales, 2009, 1288 p.
- B.G. Lake, « *Coumarin Metabolism, Toxicity and Carcinogenicity: Relevance for Human Risk Assessment* », *Food and Chemical Toxicology*, n^o 37, 1999, p. 423-453
- ✚ Bucfhanan G., 1973 -Crop loss assessment methods. F.A.O .Manuel fiche n^o97
- ✚ Bussy, A. (1840) 'Sur la formation de l'huile essentielle de moutarde', *Journal de pharmacie et de chimie*, 27, pp. 464-471.
- ✚ Carvalho CA, Fernandes KM, Matta SL, Silva MB, Oliveira LL, Fonseca CC. Evaluation of antiulcerogenic activity of aqueous extract of *Brassica oleracea* var. capitata (cabbage) on Wistar rat gastric ulceration. *Arq Gastroenterol*. 2011;48(4):276-82.
- ✚ Cavell, Ac, Lydiate, Dc., Parkin, Iap, Dean C. & Trick, M., 1998. Collinearity between a 30-centimorgan segment of *Arabidopsis thaliana* chromosome 4 and duplicated regions within the *Brassica napus* genome. *Genome* 41, 62-69.
- ✚ Chabrier J Y.2010.Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie.Thèse de doctorat, Université Henri Poincare -Nancy 1,184 page.
- ✚ Chalandre, M. C., 2000. *Eléments de Botanique : Cours de première année de Pharmacie*. UFR de Pharmacie et Ingénierie de la Santé - ANGERS
- ✚ Cheung S. et Tai J. 2007. Anti-proliferative and antioxidant properties of rosmariny *Rosmarinus officinalis*. *Oncology reports*., 17 (6) : 1525-1531.
- ✚ Clément R-P. Aux racines de la phytothérapie : entre tradition et modernité (1ère partie) *À Législation* 2005;4:171-5.
- ✚ Cole, R. A. (1976) 'Isothiocyanates, nitriles and thiocyanates as products of autolysis of glucosinolates in Cruciferae', *Phytochemistry*, 15, pp. 759-762.
- ✚ Conaway, C.C., Yang, Y.M. and Chung, F.L. (2002). 'Isothiocyanates as Cancer Chemopreventive Agents: Their Biological Activities and Metabolism in Rodents and Humans', *Curr. Drug Metab.*, 3, pp. 233-255.
- ✚ Cronquist A.(1981).An integrated system of classification of flowering plantes.Columbia University Press, New York.
- ✚ D. Nebih Hadj-Sadok, H. Belkahla et (*)Z. El Aimouche (*) Université Saad Dahlab, Département d'Agronomie, route de Soumaa, B.P. 270, Blida, Algérie.
- ✚ Dauzat Albert, Dubois Jean, Mitterand, Henri. *Nouveau dictionnaire étymologique et historique*, Librairie Larousse, France, 1971.
- ✚ Dauzat Albert, Dubois Jean, Mitterand, Henri. *Nouveau dictionnaire étymologique et historique*, Librairie Larousse, France, 1971.

- ✚ Daxenbichler, M.E. and Vanetten, C.H. (1974). '5,5-Dimethyloxazolidine-2-thione formation from glucosinolate in *Limnanthes alba* Benth. seed', *J. Am. Oil Chem.' Soc.*, 51(10), pp. 449–450.
- ✚ Decloitre F. 1993. Impact des facteurs alimentaires sur les mécanismes de la cancérogénèse : bases d'une prévention des cancers par l'alimentation. *Cahiers de Nutrition et de diététique*.28 (2) : 85-95.
- ✚ Delange F : L'iode, 1991. In Chappuis P. *Oligo-éléments en médecine et en biologie*. Paris : Ed. Lavoisier, 1991, 399-423.
- ✚ Dépeint F., Gee J. M., Williamson G. et Johson I. T. 2002. Evidence for consistent patterns between flavonoid structures and cellular activities. *Proceeding of the Nutrition Society.*, 61 : 97-103.
- ✚ Desaulniers Marguerite, Dubost Mireille. *Table de composition des aliments*, volume 1. Département de nutrition, Université de Montréal, Canada, 2003.
- Dey lucey MD, Anoja S, Attele DDS, Chun-Su Yuan MD. Alternative therapies for type 2 diabetes. *Alternative medicine Review*. 2002; 7(1): 45-58.
- ✚ Domart A., Bourneuf J. *Nouveau Larousse des plantes médicinales*. Librairie Larousse. Paris. 1988.
- ✚ Douville Y. (2002). *Prévention des mauvaises herbes Grandes Cultures*. TECHNIFLORA. 24pp.
- ✚ Dukan P. *Dictionnaire de diététique et de nutrition*. Le cherche midi éditeur, 507p. 1998
- ✚ Duke James A. *Handbook of Energy Crops: Brassica nigra* L. Purdue University, Center for New Crops and Plant Products. *NewCrop* [Consulté le 20 juin 2004]. www.hort.purdue.edu
- ✚ Duke James A. *Handbook of Energy Crops: Brassica juncea* (L.) Czern. Purdue University, Center for New Crops and Plant Products. *NewCrop* [Consulté le 20 juin 2004]. www.hort.purdue.edu
- ✚ Dulger B. et Gonuz A. 2004. Antimicrobial activity of some turkish medicinal plants. *Pakistan journal of biological sciences.*, 7 (9) : 1559-1562.
- ✚ Dupont, F. & Guignard, J. L., 2007. Les Brassicacées (Brassicales). *Botanique: Système moléculaire*. P. 178 à 179.
- ✚ Duval J. (2007). *Moyens de lutte contre les crucifères annuelles en production biologique*. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation Québec. 8pp.

- ✚ E. Bloch-DanoMay, La fabuleuse histoire des légumes, mai 2008, Grasset Chiffres clés 2017, fruits et légumes. France AgriMer, décembre 2018
- ✚ Eleanor Noss Whitney, Corinne Balog Cataldo, Sharon Rady Rolfes. Understanding normal and clinical nutrition, 6th Edition, États-Unis, 2002.
- ✚ Elqaj M., Ahami A. et Belghyti D. 2007. La phytothérapie comme alternative à la résistance des parasites intestinaux aux antiparasitaires. Journée scientifique "ressources naturelles et antibiotiques". Maroc.
- ✚ Encyclopedia Britannica. Mustard. *Britannica.com* [Consulté le 20 juin 2004]. www.britannica.com
- ✚ Engler A.(1924).Syllabus der Pflanzenfamlien. Berlin (10th edition).
- ✚ Éric Birlouez, *Petite et grande histoire des légumes*, Quæ, coll. « Carnets de sciences », 2020, 175 p, Une fabuleuse diversité, « Le chou, star des potagers d'autrefois », p. 44-52.
- ✚ Éric Birlouez, *Petite et grande histoire des légumes*, Quæ, coll. « Carnets de sciences », 2020, 175 p, p. 43-44.
- ✚ Étienne Gilson, « *NOTES POUR L'HISTOIRE DE LA CAUSE EFFICIENTE* », *Archives d'histoire doctrinale et littéraire du Moyen Age*, vol. 29, 1962, p. 7–31.
- ✚ Ettlinger, M.G. and Lundeen, A.J. (1956). 'The Structures of Sinigrin and Sinalbin; an Enzymatic Rearrangement', *J. Am. Chem. Soc.*, 78(16), pp. 4172–4173.
- ✚ Ettlinger, M.G. and Lundeen, A.J. (1957). 'First synthesis of a mustard oil glucoside; The enzymatic Lossen Rearrangement', *J. Am. Chem. Soc.*, 79(7), pp. 1764–1765.
- ✚ Evanno G.Regnaut S.& Goudet J(2005) Detecting the clusters of individuals using. The software STRUCTURE a simulation study.*Mol Ecol* 14;2611-2620
- ✚ Fahey, J.W., Zalcmann, A.T. and Talalay, P. (2001). 'The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants', *Phytochemistry*, 56, pp. 5–51.
- ✚ Farnsworth N. R., Akerele O., Bingel A. S., Soejarto D. D. et Guo Z. 1986. Places des plantes médicinales dans la thérapeutique. *Bulletin de l'organisation mondiale de la santé.*, 64 (2) : 159-164.
- ✚ Fenwick, G.R., Heaney, R.K. and Mullin, W.J. (1983). 'Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants', *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 18(2), pp. 123–201.

- ✚ Ferland G., Bertrand B., Potvin S. *Régime contrôlé en vitamine K*. Dans : Chagnon Decelles D., Daignault Gélinas M., Lavallée Côté L. et coll. *Manuel de Nutrition Clinique*, 3e éd. Montréal, Ordre professionnel des diététistes du Québec, 2000.
- ✚ Fosting Matene S. 2005. Etude phytochimique et activités biologiques de *Maerua angolensis* DC (Capparidaceae). Thèse de docteur en pharmacie de l'université de Bamako. p77-79.
- ✚ François Couplan, Eva Styner, *Guide des plantes sauvages comestibles et toxiques*, Delachaux et Niestlé, 1994, p. 75.
- ✚ Frankton C. (1958). *Les mauvaises herbes du Canada*. Ministère de l'Agriculture du Canada, Ottawa. 198 pp.
- ✚ Ghawi, S.K., Methven, L., Rastall, R.A. and Niranjani, K. (2012). 'Thermal and high hydrostatic pressure inactivation of myrosinase from green cabbage : A kinetic study', *Food Chem.*, 131(4), pp. 1240–1247.
- ✚ Ghedira k. 2005. Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie.*, 3 (4) : 162-169.
- ✚ Gil, V. and MacLeod, A. (1980) 'Studies on glucosinolate degradation in *Lepidium sativum* seed extracts', *Phytochemistry*, 19(7), pp. 1369–1374.
- ✚ Gil, V. and MacLeod, A. (1980) 'The effects of pH on glucosinolate degradation by a thioglucoside glucohydrolase preparation', *Phytochemistry*, 19(12), pp. 2547–2551.
- ✚ Gladis, T. & Hammer, K. 2003. Die Brassica-oleracea-Gruppe. *Schriften des Vereins zur Erhaltung der Nutzpflanzenvielfalt. Lennestadt*. 70 pp.
- ✚ Glawischnig, E., Mikkelsen, M.D. and Halkier, B.A. (2003). 'Glucosinolates: biosynthesis and metabolism', *Sulphur in Plants*, pp. 145–162.
- ✚ Gleason H.A. & Cronquist A.C. (1991). *Manual of Vascular Plants of Northeastern United States and Adjacent Canada*. 2e éd. New York Botanical Garden. 910 pp.
- ✚ Gotthard Strohmaier, *La médecine dans le monde byzantin et arabe*, Paris, Seuil, 1995, 382 p. (ISBN 2-02-022138-1), p. 148-149 dans *Histoire de la pensée médicale en Occident*, vol. 1, Antiquité et Moyen-Age, M.D. Grmek (dir.).
- ✚ Graser, G., Schneider, B., Oldham, N.J. and Gershenzon, J. (2000). 'The Methionine Chain Elongation Pathway in the Biosynthesis of Glucosinolates in *Eruca sativa* (Brassicaceae)', *Arch. Biochem. Biophys.*, 378(2), pp. 411–419.
- ✚ Grubb, C.D. and Abel, S. (2006). 'Glucosinolate metabolism and its control', *Trends Plant Sci.*, 11(2), pp. 89–100.

- ✚ Gupta, S., Sangha, M.K., Kaur, G., Atwal, A.K., Banga, S. and Banga, S.S. (2012). 'Variability for Leaf and Seed Glucosinolate Contents and Profiles in a Germplasm Collection of the *Brassica juncea*', *Biochem. Anal. Biochem.*, 1(7), pp. 1–5.
- ✚ Halkier, B.A. and Gershenzon, J. (2006). 'Biology and biochemistry of glucosinolates', *Annu Rev Plant Biol*, 57(1), pp. 303-333.
- ✚ Hallmann E, Kazimierczak R, Marszałek K, Drela N, Kiernozek E, Toomik P, et al. The Nutritive Value of Organic and Conventional White Cabbage (*Brassica Oleracea* L. Var. *Capitata*) and Anti-Apoptotic Activity in Gastric Adenocarcinoma Cells of Sauerkraut Juice Produced Therof. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2017;65(37): 8171–83.
- ✚ Hans W. K. 2007. 1000 plantes aromatiques et médicinales. Terre édition. p6-7.
- ✚ Hayes, J.D., Kelleher, M.O. and Eggleston, I.M. (2008). 'The cancer chemopreventive actions of phytochemicals derived from glucosinolates', *Eur. J. Nutr.*, 47, pp. 73–88.
- ✚ Hedge, I. C., 1976. A systematic and geographical survey of the Old World Cruciferae. In: MacLeod A. J., Jones B. M. G. (eds.) *The biology and chemistry of the Cruciferae*. Academic Press, London New York San Francisco, pp. 1-45.
- ✚ Hedge, I. C., 1976. A systematic and geographical survey of the Old World *Cruciferae*. In: MacLeod A. J., Jones B. M. G. (eds.) *The biology and chemistry of the Cruciferae*. Academic Press, London New York San Francisco, pp. 1-45.
- ✚ Higdon, J.V., Delage, B., Williams, D.E. and Dashwood, R.H. (2007). 'Cruciferous Vegetables and Human Cancer Risk: Epidemiologic Evidence and Mechanistic Basis', *Pharmacol. Res.*, 55(3), pp. 224– 236.
- ✚ Holland, B., Unwin, I.D. & Buss, D.H., 1991. Vegetables, herbs and spices. The fifth supplement to McCance & Widdowson's *The Composition of Foods*. 4th Edition. Royal Society of Chemistry, Cambridge, United Kingdom. 163 pp.
- ✚ Holst, B. and Williamson, G. (2004). 'A critical review of the bioavailability of glucosinolates and related compounds', *Nat. Prod. Rep.*, 21(3), pp. 425–447.
- ✚ Imran M., Salehi B., Sharifi Rad J., Aslam Gondal T., et al., Kaempferol: a key emphasis to its anticancer potential. *Molecules*, 2019. 24 (12): 2277.
- ✚ Iserin P., Masson M., Restellini J. P., Ybert E., De Laage de Meux A., Moulard F., Zha E., De la Roque R., De la Roque O., Vican P., Deelesalle –Féat T., Biaujeaud M., Ringuet J., Bloth J. et Botrel A. 2001. *Larousse des plantes médicinales : identification, préparation, soins*. Ed Larousse. p10-12.

- ✚ J.C Sournia, *Médecins arabes anciens, Xe et XIe siècles*, Paris, Conseil international de la langue française, 1986, 267 p. (ISBN 2-85319-175-3), p. 197-198.
- ✚ Jauzein PH., 1987 - Monographie des mauvaises herbes, la moutarde des champs. FOGG, 1950 et BUCHLI, 1936.
- ✚ Jauzein PH., 1995 - La flore des champs cultivés. Ed - INRA, Paris .898p
- ✚ Jie, M., Cheung, W.M., Yu, V., Tong, P.H. and Ho, J.W. (2014). 'Anti-proliferative activities of sinigrin on carcinogen-induced hepatotoxicity in rats', PLOS One, 9(10).
- ✚ Johnson Ian, Williamson Gary. Phytochemicals functional foods. Woodhead Publishing limited, Grande-Bretagne, 2003.
- ✚ Jorge J.E. Gracia, T.B. Noone, *A Companion to Philosophy in the Middle Ages*, Blackwell, 2003.
- ✚ JULVE, Ph., 2017 ff. - Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France. Version : 09 février 2017. <http://www.tela-botanica.org> Description collaborative
- ✚ Karcher, A., Melouk, H.A. and El Rassi, Z. (1999). 'High-performance liquid phase separation of glycosides. 5. Determination of individual glucosinolates in cabbage and rapeseed by laser-induced fluorescence capillary electrophoresis via the enzymatically released isothiocyanate aglycon', J. Agric. Food Chem., 47(10), pp. 4267–4274.
- ✚ King G.J. Using Molecular Allelic Variation to Understand Domestication Processes and Conserve Diversity in Brassica Crops. In: Acta Horticulturae (ISHS) no 598, 2003, Belgique. Actahort.org.
- ✚ Kiple Denneth F, Ornelas Kriemhild Coneè (Dir.) *The Cambridge World History of Food*, Cambridge University Press, Grande-Bretagne, 2000.
- ✚ Koch, M., Al-Shehbaz, I. A. & Mummenhoff, K., 2003a. Molecular systematics, evolution, and population biology in the mustard family (Brassicaceae). Ann. Missouri Bot. Gard. 90: 151–171.
- ✚ Koike, ST , Subbar, KV. Broccoli Residues Can Control Verticillium Wilt of Cauliflower In: Frank J. Dainello (ed.) Vegetable Production & Marketing News, vol. 11, no. 2, February 2001, Texas Agricultural Extension Service, Texas A&M University System.
- ✚ Kovalikova Z, Kubes J, Skalicky M, Kuchtickova N, Maskova L, Tuma J, et al. Changes in Content of Polyphenols and Ascorbic Acid in Leaves of White Cabbage after Pest Infestation. Molecules. 2019;24(14): 2622.

- ✚ Krall James M., Koch David W., Gray Fred A., Yun Li Mei. Resistant Radishes and Mustard for Use in Sugar Beet Rotations. In: J. Janick (ed.), Progress in new crops. ASHS Press, États-Unis. *NewCrop* [Consulté le 20 juin 2004]. www.hort.purdue.edu
- ✚ Lahouel M. 2005. Interaction flavonoïdes-mitochondrie et rôle de la propolis dans la prévention de l'apoptose induite par certains médicaments anticancéreux. Thèse de doctorat de l'université Mentouri de Constantine.
- ✚ Lampe JW. Health effects of vegetables and fruit: assessing mechanisms of action in human experimental studies. *Am J Clin Nutr* 1999 September;70(3 Suppl):475S-90S.
- ✚ Lan ,T. H. & Paterson, A. H., 2000. Comparative Mapping of Quantitative Trait Loci Sculpting the Curd of *Brassica oleracea*. *Genetics* 155, 1927-1954.
- ✚ Larousse. Encyclopédie des plantes médicinales : identification, préparation et soins. 2^{ème} Edition, Edition Larousse. Paris. 2001.
- ✚ LECLERE J., ORGIAZZI J., ROUSSET B., SCHLIENGER J.-L., WEMEAU J.-L. La thyroïde : de la physiologie cellulaire aux dysfonctions, des concepts à la pratique clinique. Paris : Expansion scientifique française, 1992, 573p.
- ✚ Lin J. K. et Weng M. S. 2006. The science of flavonoïds : Flavonoïds as nutraceuticals. Ed Springer. p 213.
- ✚ Locong A. et Ruel D. Guide des interactions médicaments, nutriments et produits naturels. Les Presses de l'Université Laval, 2003
- ✚ Lüthy J, Carden B, Friederich U, Bachmann M, « Goitrin--a nitrosatable constituent of plant foodstuffs », *Experientia*, vol. 40, n° 5, mai 1984, p. 4523.
- ✚ Mabuchi R, Tanaka M, Nakanishi C, Takatani N, Tanimoto S. Analysis of Primary Metabolites in Cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) Varieties Correlated with Antioxidant Activity and Taste Attributes by Metabolic Profiling. *Molecules*. 2019;24(23): 4282.
- ✚ MADR, 2014. Ministère de l'agriculture et du Développement Rural et de la pêche.
- ✚ Marles RJ, Farnsworth NR. Plants as sources of antidiabetic agents. *Econ Med Plant Res*. 1994; 6:149-187.
- ✚ Marsh, R.E. and Waser, J. (1970). 'Refinement of the crystal structure of iron oxychloride', *Acta Cryst. B*, 26(8), pp. 1058-1062.
- ✚ Martinez-Villaluenga C, Peñas E, Frias J, Ciska E, Honke J, Piskula MK, Kozłowska H, Vidal-Valverde C. Influence of fermentation conditions on glucosinolates, ascorbigen, and

ascorbic acid content in white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* cv. Taler) cultivated in different seasons. *J Food Sci.* 2009;74(1):C62-7.

✚ McMillan M, Spinks EA, Fenwick GR, « Preliminary observations on the effect of dietary brussels sprouts on thyroid function », *Hum Toxicol*, vol. 5, n° 1, janvier 1986, p. 15–9.

médicinales dans le traitement modernes. Edition Maloine SA. Paris. 1978.

✚ MELAKHESSOU Zohra 2007. Etude de la nuisibilité directe des adventices sur la culture de pois- chiche d’hiver (*Cicer arietinum* L) variété ILC 3279, cas de *Sinapis arvensis* L .

✚ MESSEGUE, M. 1972. Le chou. In : c’est la nature qui a raison. Coédition Robert Laffont Opera Mundi, p. 91-95.

✚ Mikkelsen, M.D., Peterson, B.L., Olsen, C.E. and Halkier, B.A. (2002). ‘Biosynthesis and metabolic engineering of glucosinolates’, *Amino Acids*, 22(3), pp. 279–295.

✚ Millogo H., Guisson I. P., Nacoulma O. et Traore A. S. 2005. Savoir traditionnel et médicaments traditionnels améliorés. Colloque du 9 décembre. Centre européen de santé humaine –Lyon.

✚ Ming H. 2007. Commentary : bioavailability of flavonoids and polyphenols: call to arms. *molecular pharmaceutics.*, 4 (6) : 803-806.

✚ Mulligan G.A. & Bailey L.G. (1975). *The biology of Canadian weeds. 8. Sinapis arvensis* L. *Canadian Journal of Plant Science*, 55(1): 171-183

✚ Narayana K. R., Reddy M. S., Chaluvadi M. R. et Krishna D. R. 2001. Bioflavonoids classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential. *Indian journal of pharmacology.*, 33 : 2-16.

✚ Neveu V, Perez-Jiménez J, Vos F, Crespy V, du Chaffaut L, Mennen L, Knox C, Eisner R, Cruz J, Wishart D, Scalbert A. (2010) Phenol-Explorer: an online comprehensive database on polyphenol contents in foods. *Database*.

✚ Nowitz T., Bottet J. *Encyclopédie des plantes médicinales : identification, préparation, soins.* Edition Larousse. 2000.

✚ O’neill, C. M. & Bancroft, I., 2000. Comparative physical mapping of segments of the genome of *Brassica oleracea* var. *alboglabra* that are homoeologous to sequenced regions of chromosomes 4 and 5 of *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal* 23, 233-243.

✚ Oehme, M. (2010): *Qualitätssicherungskonzept: Analyse von organischen Einzelstoffen sowie von.*

- ✚ Olsen, O. and Sørensen, H. (1981). 'Recent Advances in the Analysis of Glucosinolates', *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 58(9), pp. 857–865.
- ✚ Oplinger E.S. Oelke E.A., Putnam D.H. *et al.* Alternative Field Crops Manual : Mustard. Purdue University. *NewCrop* [Consulté le 20 juin 2004]. www.hort.purdue.edu
- ✚ Pan SY, Ugnat AM, *et al.* A case-control study of diet and the risk of ovarian cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2004 September;13(9):1521-7
- ✚ Panaiva, L., 2006. Les techniques chromatographiques orientées sur les matériaux composites. Conférence Eurocopter, pp 2-24
- ✚ Parker, J . E., Barber, C. E., Fan, M. J. & Daniels, M. J., 1993. Interaction of *Xanthomonas campestris* with *Arabidopsis thaliana*: characterization of a gene from *X. c. pv. raphani* that confers avirulence to most *A. thaliana* accessions. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 6, 216-224.
- ✚ Paterson, A.H., Bowers J. E., Estill, J. C., Osborn, T. C., Pires, J. C., Amasino, R., Quiros, C. F. & Farnham, M., 2006. Evolutionary history of the angiosperms and its relevance to Brassica. In proceeding of the joint meeting of the XIV Crucifer Genetics Workshop and the IV ISHS International Symposium on Brassicas. edited by Y.P. Lim in *Acta Horticulturae* 706, 49-54.
- ✚ Rask, L., Andréasson, E., Ekbom, B., Eriksson, S., Pontoppidan, Bo. and Meijer, J. (2000). 'Myrosinase: Gene family evolution and herbivore defense in Brassicaceae', *Plant Mol. Biol.*, 42(1), pp. 93–113.
- ✚ Robiquet, P.J. and Boutron, F. (1831). 'Sur la semence de moutarde', *Journal de pharmacie et de chimie*, 17, pp. 279–282.
- ✚ Šamec D, Pavlović I, Salopek-Sondi B. White cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*): botanical, phytochemical and pharmacological overview. *Phytochemistry Reviews*. 2017;16(1): 117–35.
- ✚ Sarwar, M., Kirkegaard, J.A., Wong, P.T.W. and Desmarchelier, J.M. (1998). 'Biofumigation potential of brassicas', *Plant Soil*, 201(1), pp. 103–112.
- ✚ Sauer, J. D., 1993. Historical geography of crop plants - a select roster. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- ✚ Shenbaz I.A. (2012). A generic and tribal synopsis of the Brassicaceae (Cruciferae). *Taxon* 61(5) 931-954.
- ✚ Simon J.E., Chadwick A.F., Craker L.E. Herbs: An Indexed Bibliography. In: *The Scientific Literature on Selected Herbs, and Aromatic and Medicinal Plants of the Temperate*

Zone, Archon Books. Purdue University. *NewCrop* [Consulté le 20 juin 2004]. www.hort.purdue.edu.

✚ Slimani O. 2011. Effets d'un aliment à base de graine de colza sur les paramètres de reproduction de la lapine. Mémoire de magister, Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou, 98 pages.

✚ Southern Illinois University Carbondale. Ethnobotanical Leaflets: Mustard. *Siu.edu* [Consulté le 20 juin 2004]. www.siu.edu

✚ Stevens P. F., 2001. Angiosperm Phylogeny Website. Version 7, May 2006 3
Suerbaum S, Achtman M, 1999. Evolution of *Helicobacter pylori*: the role of recombination. *Trends in Microbiology* 7, 182-184.

✚ Stevens P. F., 2001. Angiosperm Phylogeny Website. Version 7, May 2006 3
Suerbaum S, Achtman M, 1999. Evolution of *Helicobacter pylori*: the role of recombination. *Trends in Microbiology* 7, 182-184.

✚ Strang C. 2006. Larousse medical. Ed Larousse. Sakagami, H., Hashimoto, K., Suzuki, F., Ogiwara, T., Satoh, K., Ito, H., Hatano, T., Takashi, Y., Fujisawa, S., 2005. Molecular requirements of lignin-carbohydrate complexes for expression of unique biological activities. *Phytochemistry*, 66, pp 2108 - 2120. (La Société française d'endocrinologie)

✚ Talekar NS, Shelton AM. 1993. Biology, Ecology and management of the diamondback moth. *Annual Review of Entomology* 38: 275-301. 15.

✚ Tannahill Reay. Food in History, Three Rivers Press, États-Unis, 1988.

✚ Teuscher E., Anton R., Lobstein A. Plantes aromatiques : épices, condiments, aromates et huiles essentielles. Edition Tec et Doc. Paris. 2005.

✚ The Arabidopsis Genome Initiative, 2000. Analysis of the genome sequence of the flowering plant *Arabidopsis thaliana*. *Nature* 408: 796-815.

✚ Tiqwari, A. K. 2001. Imbalance in antioxidant defence and human diseases : Multiple approach of natural antioxidants therapy. *Current science*, 81 (9) : 1179-1181.

✚ Touré S., Fall A. S. (2001). Cités horticoles en sursis? L'Agriculture urbaine dans les grandes Niayes au Sénégal. Ottawa (Canada) : CRDI, X - 139p.

✚ Toussaint-Samat Maguelonne. Histoire naturelle et morale de la nourriture, Bordas, France, 1987.

✚ Tsai T. H., Tsai P. G. et Ho S. C. 2004. Antioxidant and anti-inflammatory activities of several commonly used species. *Journal of food science*, 70 (1) : C93-C97.

✚ Uda, Y., Kurata, T. and Arakawa, N. (1986) 'Effects of thiol compounds on the formation of nitriles from glucosinolates', *Agric. Biol. Chem.*, 50(11), pp. 2741-2746.

- ✚ Van Den Broucke C. O., Dommissie R. A., Esmans E. L. et Lemli J. A. 1982. Three methylated flavones from *Thymus vulgaris*. *Phytochemistry*, 21 (10) : 2581-2583.
- ✚ Verbindungs 2010. Verbindungs-Screenings in Oberflächen- und Grundwasser sowie Sickerwasser aus Böden, Version 1.2010.
- ✚ Verdrager J. Ces médicaments qui ne nous viennent des plantes ou les plantes•
- ✚ Verhoeven DT, Verhagen H, Goldbohm RA, van den Brandt PA, van Poppel G, « A review of mechanisms underlying anticarcinogenicity by brassica vegetables », *Chem. Biol. Interact.*, vol. 103, n° 2, février 1997, p. 79–129.
- ✚ VERNE, *Île myst.*, 1874, p. 231 et GUENOT, J. ROSTAND, *Introd. génét.*, 1936, p. 54..
- ✚ Voća S, Šic Žlabur J, Dobričević N, Benko B, Pliestic S, Filipović M, et al. Bioactive compounds, pigment content and antioxidant capacity of selected cabbage cultivars. *Journal of Central European Agriculture*. 2018;19(3):593-606
- ✚ Wang W., Wu N., Zu Y. G. et Fu Y. J. 2008. Antioxidant activity of *Rosmarinus officinalis* L oil compared to its main compounds. *Food chemistry*, 108 (3) : 1019-1022.
- ✚ Warwick S. I., Beckie H. J., Thomas A. G. & McDonald T. (2000). *The Biology of Canadian Weeds. 8. Sinapis arvensis L. (Updated)*. *Canadian Journal of Plant Science*, 80(4): 939-961.
- ✚ Warwick S.I., Sauder C.A., Al-Shehbaz I.A. & Jacquemoud F. (2007). Phylogenetic relationships in the tribes Anthonieae, Chorisporeae, Euclidieae, and Hesperideae (Brassicaceae) based on nuclear ribosomal ITS DNA sequences. *Ann Mo Bot Gard* 94:56-78.
- ✚ Warwick S.I. & Sauder C.A. (2005). Phylogeny of tribe Brassiceae (Brassicaceae) based on chloroplast restriction site polymorphisms and nuclear ribosomal internal transcribed spacer and chloroplast trnL. Intron sequences. *Can J Bot* 83:467-483.
- ✚ Wathelet, J.-P., Marlier, M., Severin, M., Boenke, A. and Wagstaffe, P.J. (1986). 'Measurement of Glucosinolates in Rapeseeds', *Nat. Toxins*, 3(4), pp. 299–304.
- ✚ Wichtl M., Anton R. *Plantes thérapeutiques*. Edition Tec et Doc, 2003.
- ✚ Yang R. Y., Lin S. et Kuo G. 2008. Content and distribution of flavonoids among 91 edible plant species. *Asia of Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 17 (S1) : 275-279..
- ✚ Zunk., Mummenhoff K et Hurka H. (1999). Phylogenetic relationships in tribe Lepidieae (Brassicaceae) based on chloroplast DNA restriction site variation. *Can J Bot* 77:1504-1512.

Sites webs

Site 1 : <http://www-IPI>, l'Institut de phytothérapie international. Consulté le 28.06.2021.

Site 2 : <http://www-Société française d'ethnopharmacologie>, une association pour l'étude et la connaissance des plantes médicinales utilisées comme médicaments. Consulté le 24.08.2021.

Site 3 : <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Marche/chouFleur.htm>

Site 4 : <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Marche/chouFleur.htm>

Site5: https://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=chou_fleur_nu

ملخص

ركز هذا البحث على التوصيف الدوائي للعائلة الكرنبية أو الصليبية. هذا الأخير ، بشكل رئيسي الملفوف الأخضر والقرنبيط والخردل البري أو البري ، يشكل قيمة غذائية لا مفر منها لصحة الإنسان وعلى المستوى الدوائي. ويرتبط الاستهلاك المرتفع لهذه الأدوية بتأثيرات الغدة الدرقية التي يمكن أن تؤثر على وظيفة الغدة الدرقية مما يؤدي إلى قصور الغدة الدرقية ، واضطرابات أخرى مثل فقر الدم الانحلالي. كبدي؛ كلوي. ومشاكل الإنجاب. ومع ذلك ، فإن عائلة الكرنب تمثل كنزاً من المواد النشطة بيولوجياً أو الأدوية النباتية التي يمكن للبشر استخدامها كوقاية أو علاج ضد العديد من الأمراض الحميدة أو المزمنة ، إذا كان المدخول (الجرعة ، المراقبة وتناول الطعام متوازنة ، إلخ..).

الكلمات المفتاحية: الملفوف ، الكرنب ، الحقل أو الخردل البري ، اعدادات البيوكيميائية.

Résumé

Cette recherche bibliographique a porté sur la caractérisation pharmacologique de la famille des Brassicassées ou crucifères. Ces derniers, principalement les Choux vert et le Chou fleur et la Moutarde des champs ou sauvage constituent une valeur nutritionnelle inévitable pour la santé de l'homme et au niveau pharmacologique. La consommation élevée de celles-ci est liée aux effets goitrigènes qui peuvent affecter la fonction thyroïdienne en entraînant une hypothyroïdie, et autres troubles comme l'anémie hémolytique ; hépatiques ; rénaux ; et des problèmes au niveau de reproduction. Cependant, la famille des Brassicassées représente un trésor de substances bioactives ou phytomédicaments que l'homme peut utiliser entant que préventifs ou curatifs contre plusieurs maladies bénignes ou chroniques, si la prise (dose, suivi et la ration alimentaire est équilibrée etc.).

Mots clés : Chou, Brassicassées, Moutarde des champs ou sauvage, Paramètres biochimiques.

Abstract

This literature search focused on the pharmacological characterization of the Brassicasee or cruciferous family. The latter, mainly green cabbage and cauliflower and wild or wild mustard, constitute an unavoidable nutritional value for human health and at the pharmacological level. The high consumption of these is linked to the goitrogenic effects which can affect thyroid function leading to hypothyroidism, and other disorders such as hemolytic anemia; hepatic; renal; and reproductive problems. However, the Brassicasee family represents a treasure house of bioactive substances or phytomedicines that humans can use as preventive or curative against several benign or chronic diseases, if the intake (dose, monitoring and food intake is balanced etc.).

Key words : Cabbage, Brassicas, Field or wild mustard, Biochemical parameters.