

*République Algérienne Démocratique et Populaire*

Université de TLEMCEM  
ABOUBAKR BELKAID

Institut des Sciences de la Nature

Mémoire de Magister en Biologie

**OPTION : BIOLOGIE CELLULAIRE  
ET MOLÉCULAIRE**

*Thèse*

Contribution à l'étude de la  
composition chimique du cardon  
(*Cynara cardunculus*), de la mauve  
(*Malva sylvestris*) et du chou-  
pommé (*Brassica oleracea*) de la  
région de Tlemcen

Présenté par :

M<sup>r</sup> BEGHDAD M<sup>ed</sup> Choukri

Soutenu le 29 Janvier 1997 devant la Commission d'Examen

M <sup>r</sup> . TALEB-BENDIAB S.A.,	Professeur, Président
M <sup>r</sup> . MACHEV N.,	Professeur, Directeur de thèse
M <sup>r</sup> . BENABADJI N.,	Maître de conférence, Examineur
M <sup>r</sup> . CHABANE-SARI D.,	Maître de conférence, Examineur
M <sup>r</sup> . BOUCHERIT K.,	Chargé de cours, Examineur

## DEDICACES

*A mes parents*

*qui n'ont épargné aucun effort pour m'aider à la réalisation de ce travail,  
pour leur amour, leur désintéressement sans réserve et leur sacrifice.*

*A ma femme*

*pour sa compréhension et sa disponibilité.*

*A mes frères*

*pour leur aide précieuse*

*A mes belles soeurs, mes neveux Taha, Amine et Yasser et ma nièce Fatima-  
Zohra .*

*A mes beaux parents*

*pour leur attention*

*A toute ma famille*

*A mes amis(es)*

*A tous ceux qui m'ont soutenu moralement et qui m'ont facilité la réalisation  
de ce modeste travail.*

*Je Dédie cette thèse*

## REMERCIEMENTS

*Une partie du travail qui fait l'objet de cette thèse a été réalisé au laboratoire de phytochimie à l'Institut des Sciences de la Nature de l'Université de Tlemcen Aboubakr BELKAID et une partie à l'Institut Supérieur Agronomique de Plovdiv en Bulgarie sous la direction de **Monsieur MACHEV Nicola**.*

*Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude pour ses encouragements et ses conseils forts judicieux tout le long de la réalisation de cette thèse malgré quelques problèmes à la fin hors de sa volonté .*

*Ma vive reconnaissance va également à **Mr TALEB-BENDIAB S. A.** Professeur à l'Institut des Sciences Exactes de l'Université de Tlemcen Aboubakr BELKAID qui a bien voulu présider ce jury.*

*Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à **Mr BOUCHERIT K.** Chargé de cours et Directeur de l'Institut des Sciences de la Nature de l'Université de Tlemcen Aboubakr BELKAID d'avoir accepté d'être membre du jury.*

*J'exprime ma profonde reconnaissance à **Mr CHABANE-SARI D.** Maître de conférence à l'Institut des Sciences de la Nature de l'Université de Tlemcen Aboubakr BELKAID pour sa participation au jury .*

*Je remercie vivement **Mr BENABADJI N.** Maître de conférence à l'Institut des Sciences de la Nature de l'Université de Tlemcen Aboubakr BELKAID d'avoir accepté de juger ce travail et d'être parmi les membres du jury.*

*Mes remerciements vont enfin à mes collègues de laboratoire pour leur aide précieuse*

# ***RESUME***



### *Résumé*

Actuellement dans les pays développés et dans le but de découvrir de nouvelles ressources végétales naturelles, on exploite les différentes plantes directement comme matière première ou après transformation, tels que les protéines foliaires, les concentrats et les isolats protéiques, etc....Après une étude de leur flore spécifique, ils sélectionnent les plantes importantes et stratégiques pour leur pays ou leurs régions.

Jusqu'à présent en Algérie, les problèmes de l'utilisation de sources nouvelles et la valorisation des ressources végétales ne sont pas encore traités de façon qui correspond à ceux qui existent dans le monde.

Pour cela on a choisi trois espèces de légumes très consommées en Algérie, il s'agit du cardon ( *Cynara cardunculus* ), de la mauve ( *Malva sylvestris* ) et du chou-pommé ( *Brassica oleracea* ) afin de les étudier du point de vue composition chimique, valeur biologique des protéines et substances antinutritionnelles tel que l'inhibiteur trypsique.

On remarque que ces trois espèces se caractérisent par une haute teneur en protéines , en sucres, en matière grasse et en cendres ( matière minérale ) . Ceux-ci les rendent des légumes équilibrés avec des valeurs alimentaires satisfaisantes. La valeur biologique de leurs protéines est présentée pour la première fois. Ainsi que l'étude de leurs acides aminés essentiels et de leurs propriétés telle que l'hydrophobicité. On constate aussi que l'activité de l'inhibiteur trypsique de ces trois espèces est faible comparée aux différentes espèces végétales étudiées en bibliographie/

Enfin, il faut remarquer que tous ces paramètres étudiés varient suivant le stade de végétation ou l'âge, l'espèce végétale et les facteurs écologiques ( sol, climat, etc....).

### MOTS CLES :

- Composition Chimique
- Inhibiteur Trypsique
- Valeur Biologique
- Mauve ( *Malva sylvestris* )
- Région de Tlemcen
- Protéines Foliaires
- Valeur Alimentaire
- Cardon ( *Cynara cardunculus* )
- Chou-pommé ( *Brassica oleracea* )
- Ouest algérien

### *Summary*

At présent, in the developed countries and in order to discover new natural resources plants, they exploit the different plants directly like starting material or after transformation such as leaf proteins, proteinic concentrates and isolates. After a study of their specific flora, they select the important and strategic plants for their country or their regions.

Up to now Algeria, the problems of the utilisation of new sources and the valorisation of plant resources are not again treated of way which corresponds to those what exists in the world.

For that reason, we chose three species of vegetables which are consumed in Algeria, there are cardoon ( *Cynara cardunculus* ), mallow ( *Malva sylvestris* ) and cabbage ( *Brassica oleracia* ), in order to study them of point of view chemical composition, biologic value of their proteins and their antinutritional substances like trypsin inhibitor.

We are noticed that these species are characterised by a high content in proteins, in sugars, in fats and in ashes ( mineral matter ). These make them balanced vegetables with satisfactory alimentary value. The biologic value of their proteins is presented for the first time, in the same way the study of their essential amino acids and of their properties such as hydrophobicity. We are established also that the trypsin inhibitor activity in these three species is weak compared with the different plants studied in bibliography.

Finally, it is necessary to notice that all these studied parameters are varied following the vegetation stage or the age, the plant species and the ecological factors ( soil, climate,.....).

### KEYS WORDS :

- Chemical Composition
- Trypsin Inhibitor
- Biologic Value
- Mallow ( *Malva sylvestris* )
- Region of Tlemcen
- Leaf Proteins
- Alimentary Value
- Cardoon ( *Cynara cardunculus* )
- Cabbage ( *Brassica oleracia* )
- West algerian



## SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
<b>CHAPITRE I : VALEUR NUTRITIONNELLE DES PROTEINES VEGETALES</b>	
1- INTRODUCTION :.....	3
2- LES DIFFERENTS TERMES LIES A LA QUALITE ALIMENTAIRE DES LEGUMES .....	3
3- ESTIMATION DE LA VALEUR NUTRITIONNELLE DES PROTEINES VEGETALES :.....	5
3.1- METHODES CHIMIQUES :.....	5
a- <u>Indice basé sur l'acide aminé limitant</u> :.....	7
b- <u>Indice prenant compte tous les acides aminés indispensables</u> :.....	7
<b>CHAPITRE II - FACTEURS ANTI-NUTRITIONNELS NATURELS</b>	
1- INTRODUCTION :.....	11
2- DEFINITION ET DELIMITATION DE LA NOTION DE SUBSTANCES ANTINUTRITIVES NATURELLES : .....	11
3- CLASSIFICATION DES FACTEURS ANTINUTRITIONNELS :.....	12
4- SUBSTANCES ANTI-TRYPSIQUES .....	15
4.1- INTRODUCTION .....	15
4.2- PLACE DES FACTEURS ANTI-TRYPSIQUES PAR RAPPORT AUX AUTRES SUBSTANCES ANTINUTRITIONNELLES : .....	16
4.3- ROLES DES SUBSTANCES ANTI-TRYPSIQUES :.....	16
4.4- PROPRIETES ET STRUCTURE : .....	17
a- Propriétés :.....	17
b- Structure et composition .....	18
4.5- EFFETS ANTINUTRITIONNELS : .....	22
a) Mécanisme d'interaction avec la trypsine et répercussions nutritionnelles	22
b- Effets biologiques et physiologiques .....	23
5- CONCLUSION .....	23
CONCLUSION ET BUT DU TRAVAIL .....	25
<b>CHAPITRE III - MATERIEL BIOLOGIQUE ET METHODES D'ANALYSES</b>	
1-MATERIEL BIOLOGIQUE :.....	26
1.1- MALVA SYLVESTRIS (MAUVE) :.....	26
a- Caractères botaniques .....	26
b- Caractères écologiques .....	26
c- Utilité .....	26
1.2- CYNARA CARDUNCULUS (CARDON) :.....	27
a- Caractères botaniques .....	27
b- Caractères écologiques .....	27
c- Utilité .....	27

1.3- BRASSICA OLERACEA (CHOU POMME) : .....	27
a- Caractères botaniques .....	27
b- Caractères écologiques .....	28
c- Utilité.....	28
1.4- COLLECTE ET STOCKAGE: .....	28
2- METHODES D'ANALYSES : .....	28
2.1- PREPARATION DE L'ECHANTILLON POUR L'ANALYSE : .....	28
2.2- TENEUR EN EAU ET HUMIDITE : .....	29
2.3- DOSAGE DE L'AZOTE TOTAL : .....	29
2.4- DOSAGE DE L'AZOTE PROTEIQUE: .....	32
2.5- DOSAGE DES PROTEINES SOLUBLES: .....	32
2.6- DOSAGE DES ACIDES AMINES TOTAUX : .....	33
2.7- DOSAGE DES GLUCIDES : .....	34
a- Hydrolyse .....	34
b- Titrage .....	34
2.8- DOSAGE DES LIPIDES .....	37
2.9- DOSAGE DE LA CELLULOSE : .....	38
2.10- DOSAGE DE LA MATIERE MINERAL (CENDRES) .....	39
2.11- DOSAGE DES SUBSTANCES ANTI-TRYPSIQUES : .....	39
2.12- ELECTROPHORESE : .....	42
2.13- METHODE STATISTIQUE : .....	44
CHAPITRE IV - INTERPRETATION ET DISCUSSION DES RESULTATS	
1- COMPOSITION CHIMIQUE ET VALEUR ALIMENTAIRE .....	45
2- PROTEINES, ACIDES AMINES ET VALEUR BIOLOGIQUE .....	54
3- SUBSTANCE ANTINUTRITIONNELLE ET VALEUR DE L'INHIBITEUR TRYPSIQUE .....	76
CONCLUSION GENERALE .....	81
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	84

# *Introduction*



## *Introduction*

Dans la riche flore algérienne, il existe des plantes pérennes ou vivaces cultivées ou sauvages, probablement dû au climat méditerranéen, qui sont utilisées par l'homme et l'animal pendant toute l'année comme source d'aliment ou de fourrage.

Actuellement dans les pays développés et dans le but de découvrir de nouvelles ressources végétales naturelles, on exploite les différentes plantes directement comme matière première ou après transformation comme protéines foliaires, concentrats protéiques ou jus protéique, etc... Après une étude de leur flore spécifique, ils sélectionnent les plantes importantes et stratégiques pour leur pays et leurs régions.

En général le problème de la composition chimique et la qualité des protéines des légumes est lié avec le problème de trouver une nouvelle source naturelle renouvelable pour combler le déficit en protéines dans l'alimentation causé par la démographie galopante (COSTES, 1981, GASTINEAU, 1981).

Il existe beaucoup d'études sur la potentialité des feuilles des plantes pour l'utiliser comme source alimentaire et de fourrage (NAGY et coll., 1978 ; CARLSSON, 1984 ; HUMPHRIES, 1980 ; SAVANGIKAR et OHSHIMA, 1987 ; GUPTA et WAGLE, 1988 ).

Jusqu'à présent en Algérie les problèmes de l'utilisation de sources nouvelles et la valorisation des ressources végétales cultivées ne sont pas encore traités de façon qui correspond à ceux qui existent dans le monde.

Beaucoup de légumes utilisés traditionnellement dans la cuisine algérienne comme par exemple le cardon, la mauve, le chou-pommé, etc..., ne sont pas bien étudiés pour leur utilisation directe comme aliment ou comme matière première pour la transformation en différents produits des protéines foliaires, ni du point de vue composition chimique, ni qualité des protéines, ni valeur nutritionnelle et ni substances antinutritionnelles, à l'exception de quelques études faites à l'Institut de Biologie de Tlemcen.

La plupart des travaux réalisés en Algérie traitent les graines des céréales et des légumineuses (LAUMONT, 1960 ; ANTHELM et coll., 1975 et 1978 ; AZOUT et coll., 1978 ; HAMIDOUCHE, 1982 ; MANSOURI,

1983 ). Il existe des travaux sur la composition chimique et la qualité protéique foliaire des plantes réalisés au niveau de l'Institut des Sciences de la Nature de Tlemcen (BOUCHERIT et coll., 1989 ; TALEB-BENDIAB et coll., 1989 ; BENMANSOUR et coll., 1990 ; TALEB-BENDIAB et coll., 1991 ; DJAZIRI et coll., 1994 ; BOUCHERIT et coll., 1996) et dans ce contexte afin de compléter et d'élargir ces études, on a choisi trois espèces de légumes très utilisés en Algérie à savoir le cardon (*Cynara cardunculus*), la mauve (*Malva sylvestris*) et le chou-pommé (*Brassica oleracea*) pour les étudier du point de vue composition chimique, les valeurs nutritionnelle et biologique des protéines et leurs substances antinutritionnelles comme l'inhibiteur trypsique

# ***Chapitre I***

## ***Valeur Nutritionnelle des protéines végétales***



## ***1- Introduction :***

Les protéines foliaires ont été mises en évidence en 1773 par Hilaire Marin ROUELLE, démonstrateur au jardin du Roi (l'actuel Jardin des Plantes à Paris) .

Leur première caractéristique est d'être présentes partout où poussent des végétaux. La localisation foliaire, ou plus précisément aérienne (feuilles plus tiges) confère à ces protéines certaines particularités.

Parmi les différents nutriments, les protéines tiennent une place particulièrement importante : pour toutes les espèces animales et pour l'homme, le besoin en protéines est élevé (14 à 25% de la matière sèche du régime suivant l'espèce et l'état physiologique) ; les protéines ne peuvent pas être remplacées par un autre nutriment (glucides, lipides). Leur importance tient essentiellement à leurs fonctions dans l'organisme :

- les protéines constituent le revêtement extérieur des organismes et, en association avec des polysaccharides, les mucus protecteurs ;
- elles forment les matières contractiles des muscles ;
- elles constituent les enzymes qui règlent les synthèses, les catabolismes et les transferts dans l'organisme ;
- elles ont un rôle dans l'équilibre des minéraux. En particulier, elles assurent l'hydratation constante des cellules et elles règlent les mouvements d'eau dans l'organisme ;
- elles ont également des fonctions spécifiques (anticorps, hormones, etc...) .

Ces protéines sont fournies essentiellement par les graines de céréales et, à un moindre degré, par les graines de légumineuses (oléagineuses ou non), par les organes de réserve (racines, tubercules) et par l'appareil végétatif des plantes . Elles sont de qualité nutritionnelle très variable. (NAGY et coll., 1978)

## ***2- Les différents termes liés à la qualité alimentaire des légumes***

Aujourd'hui beaucoup d'auteurs soulignent que pour avoir une valeur alimentaire d'une matière première, il est indispensable d'avoir sa

composition chimique, ses facteurs antinutritionnels, la qualité ou la valeur énergétique, biologique et nutritionnelle de ses protéines, etc... Pour cela, il est nécessaire de déterminer ces différents termes qui sont liés à la qualité alimentaire et qui sont utilisés actuellement dans la littérature scientifique.

La valeur énergétique caractérise les formes d'énergie qui se libèrent des aliments dans les processus d'oxydation biologique, et qui sont utilisées dans les différentes fonctions physiologiques de l'organisme. Il est déterminé que les valeurs énergétiques des protéines, des lipides et des glucides sont 4, 9 et 4 Kcal respectivement (BOUSLOVITCH et DOUBENSKAYA, 1986).

La valeur biologique représente la qualité des protéines, leurs transformations et leurs utilisation dans l'organisme. Ce terme est lié à la teneur en acides aminés essentiels des protéines c'est à dire à la balance ou l'équilibre de ces acides aminés qui sont au nombre de 8 à 11 et dépendent de l'espèce considérée, et du stade physiologique. (BOUSLOVITCH et DOUBENSKAYA, 1986).

La valeur nutritionnelle des protéines d'un aliment est l'aptitude de cet aliment à faire face aux besoins quantitatifs et qualitatifs de l'organisme en matières azotées (VIROBEN et BERTRAND, 1985).

Dans la bibliographie, on traite aussi le problème des facteurs antinutritionnels et en particulier de l'inhibiteur trypsique. Il faut savoir que les végétaux sont riches en substances antinutritionnelles, c'est pourquoi sur 400 000 espèces seulement certaines sont consommées directement ou après un traitement technologique. Les facteurs antinutritionnels sont examinés en détail dans un autre chapitre.

Il existe dans la littérature beaucoup de travaux de recherches sur la composition chimique des différents légumes en déterminant leur valeur nutritionnelle, biologique, énergétique et les facteurs nutritionnels et antinutritionnels.

Les légumes sont très riches en eau (75 à 96%), ceci implique qu'ils sont de valeur énergétique basse. Par contre cette teneur en eau augmente l'utilisation de leurs composés chimiques qui se trouvent à l'état soluble. Pour cette raison, les légumes sont très importants dans l'alimentation humaine et animale. Leur valeur alimentaire est due principalement à leur



contenu en sucres, protéines, lipides, cellulose, vitamines, sels minéraux, etc... Les différents composés chimiques de différents légumes sont illustrés dans le tableau n°1.

### ***3- Estimation de la valeur nutritionnelle des protéines***

#### ***végétales :***

De nombreuses méthodes biologiques ou biochimiques ont été proposées pour estimer la valeur nutritionnelle des protéines. Elles ont été discutées par plusieurs auteurs et notamment BODWELL (1977), SATTERLEE et collaborateurs (1979).

Les méthodes biologiques sont coûteuses, longues à mettre en œuvre et demandent des quantités importantes d'échantillons. Les résultats obtenus sont rarement transposables d'une espèce à l'autre.

Or, l'industrie alimentaire a besoin de méthodes simples, reproductibles, peu coûteuses, rapides et qui pourraient être appliquées à une grande variété de produits. C'est pourquoi de nombreux travaux ont été effectués pour essayer d'apprécier cette valeur nutritionnelle au moyen de méthodes chimiques ou microbiologiques plus adaptables aux déterminations en routine.

#### **3.1- Méthodes chimiques :**

La composition globale en acides aminés est assez constante d'une espèce à l'autre (Tableau n°2) malgré des variations considérables de teneur en protéines (Tableau n°3). Ceci reflète vraisemblablement le fait que les protéines foliaires constituent l'appareil photosynthétique et que leurs fonctions mais aussi leurs structures varient peu d'une espèce à l'autre.

Puisqu'il est bien établi que la valeur nutritionnelle dépend, dans une large mesure, de la composition en acides aminés et notamment en acides aminés indispensables (AAI), il est normal que plusieurs méthodes soient basées sur ce critère. Ces méthodes supposent que les acides aminés soient dosés avec précision

*Tableau n° 1 : Composition chimique de quelques légumes en % de matière fraîche (POKROVSKI, 1976).*

Composition	Chou-Blanc	Oignon vert	Concombre	Carotte	Tomate	Pomme de terre
Eau	90.0	92.5	95.0	88.5	93.5	75.0
Protéines brutes	1.8	1.3	0.8	1.3	1.1	2.0
Matière grasse	0.1	-	0.0	0.1	0.0	0.4
Sucres						
Solubles	4.5	3.5	2.5	7.0	3.5	1.3
Amidon	0.1	-	0.1	0.1	0.5	16.0
Celluloses	1.0	0.9	0.7	1.2	0.8	1.0
Matière minérale totale :	0.7	1.0	0.5	1.0	0.7	1.1
Sodium (mg)	13.0	10.0	8.0	21.0	40.0	78.0
Potassium (mg)	185.0	259.0	141.0	200.0	290.0	568.0
Calcium (mg)	48.0	100.0	23.0	51.0	14.0	10.0
Magnésium (mg)	16.0	18.0	14.0	48.0	20.0	23.0
Phosphore (mg)	31.0	26.0	42.0	55.0	26.0	58.0
Fer (mg)	0.6	1.0	0.6	0.7	0.9	0.9
Energie (Kcal)	27	19	13	33	20	82



**a- Indice basé sur l'acide aminé limitant :**

L'indice chimique (chemical score), de MITCHELL et BLOCK (1946), repose sur l'idée que l'absence totale d'un acide aminé indispensable a pour conséquence l'indisponibilité complète de la protéine pour la synthèse des protéines corporelles.

La composition de la protéine en acides aminés (exprimés en g pour 16g d'azote) est comparée à celle d'une protéine de référence, l'œuf entier, dont les acides aminés indispensables sont entièrement disponibles et dont les autres ont prouvé la capacité à assurer la croissance optimale du rat. On calcule les pourcentages de chaque acide aminé indispensable de la protéine étudiée par rapport aux teneurs correspondantes dans la protéine de référence. Le plus faible de ces pourcentages est retenu comme indice chimique. Cet indice dépend uniquement de la teneur en acide aminé indispensable limitant et ne prend en compte ni la disponibilité des acides aminés, ni les éventuels excès par rapport aux besoins.

Comme il a été indiqué précédemment, la valeur nutritionnelle des protéines dépend aussi de l'équilibre des acides aminés indispensables. Il existe un autre mode de calcul de l'indice chimique tenant compte de la participation de chaque acide aminé indispensable à l'apport total d'acide aminé indispensable, proposé par la F.A.O. L'indice est définie, pour l'acide aminé limitant (exprimé en % de la somme des acides aminés indispensables) comme le rapport de la valeur trouvée dans la protéine étudiée à la valeur correspondante pour la protéine de référence (œuf entier, lait de femme). (VIROBEN et BERTRAND, 1985).

**b- Indice prenant compte tous les acides aminés indispensables :**

Pour améliorer l'exactitude des méthodes de prévision de la valeur nutritionnelle, il faut considérer d'une part que les acides aminés indispensables sont aussi utilisés dans des processus métaboliques autres que la synthèse des protéines, et d'autre part, que tous les acides aminés nécessaires doivent être disponibles à l'endroit et au moment précis où s'effectue la synthèse des protéines tissulaires. Il s'ensuit que l'utilisation d'une protéine n'est pas restreinte par la seule déficience d'un acide aminé

particulier et que tous les acides aminés indispensables doivent être pris en compte.

L'index d'OSER (1951) est basé sur l'idée que la probabilité pour tous les acides aminés indispensables d'être disponibles au niveau du site de synthèse des protéines tissulaires est une fonction de leur produit et non de leur somme. La protéine de référence est ici l'œuf, comme dans le "chemical score" de MITCHELL et BLOCK. L'index est la moyenne géométrique des rapports de chaque acide aminé indispensable dans la protéine à sa valeur correspondante dans l'œuf, chaque rapport étant au minimum égal à 1 et au maximum égal à 100. Le nombre d'acides aminés indispensables à prendre en considération peut varier selon l'espèce à laquelle la protéine est destinée. (VIROBEN et BERTRAND, 1985).

*Tableau n° 2 : Composition de protéines foliaires totales de différentes espèces en g pour 100g d'acides aminés analysés (NAGY et coll., 1978)*

Acides aminés	Luzerne	Chenopode	Orge	<u>Brassica chinensis</u>	Manioc	<u>Miscanthus floridulus</u>
<i>Essentiels</i>						
Lysine	6.4	7.2	6.6	7.1	6.7	5.5
Phénylalanine	5.9	5.8	6.2	6.2	5.9	5.8
Méthionine	2.0	2.0	2.2	1.9	1.6	1.2
Thréonine	5.1	5.2	5.1	5.2	4.8	4.5
Leucine	9.1	9.2	9.3	9.3	9.9	10.9
Isoleucine	5.3	5.2	5.0	4.6	5.2	5.0
Valine	6.5	6.4	6.4	6.1	6.6	5.9
Tryptophane	1.7	1.6	-	-	-	-
<i>Non essentiels</i>						
Arginine	6.3	6.6	6.9	6.4	6.7	7.2
Histidine	2.5	2.8	2.3	2.4	2.4	2.3
Tyrosine	4.7	4.4	4.5	4.7	4.0	3.5
Cystine	1.3	0.9	2.0	2.1	-	-
Acide aspartique	10.6	9.7	9.6	10.0	10.3	9.9
Sérine	4.5	4.9	4.4	4.5	4.2	5.8
Acide glutamique	11.4	11.0	11.4	11.9	13.0	12.4
Proline	4.8	5.3	4.7	4.7	5.3	7.0
Glycine	5.3	5.6	5.6	5.4	5.8	5.9
Alanine	6.2	6.3	6.7	6.1	7.5	7.4



**Tableau n° 3 : Teneurs en protéines de feuilles de différentes espèces en % de la matière sèche (NAGY et coll., 1978)**

Non latin	Nom français	Teneur en protéines (%)
<i>Coriandrum sativum</i>	Coriandre	61
<i>Amaranthus gangeticus</i>	Amarante	58
<i>Atriplex rosea</i>	Arroche rosée	57
<i>Ricinus communis</i>	Ricin	37 - 41
<i>Cucurbita maxima</i>	Potiron	35
<i>Vigna sinensis</i>	Dolique morgette	28 - 32
<i>Manihot esculenta</i>	Manioc	24 - 32
<i>Canavalia ensiformis</i>	Haricot sabre	27
<i>Ipomoea batatas</i>	Patate douce	27
<i>Brassica chinensis</i>	Chou chinois ou chou pak-chaï	26
<i>Sechium edule</i>	Chayotte	24
<i>Brassica oléracéa</i>	Chou fleur	24
<i>Glycine max</i>	Soja	24
<i>Dolichos Lablab</i>	Dolique lablab	23
<i>Cajanus cajan</i>	Pois cajan	23
<i>Musa paradisiaca</i>	Banane	19 - 21
<i>Lactuca sativa</i>	Laitue	21
<i>Bambusa vulgaris</i>	Bambou	20
<i>Medicago sativa</i>	Luzerne	16 - 22

## ***Chapitre II***

### ***Facteurs Antinutritionnels Naturels***

### ***1- Introduction :***

La discordance entre la valeur biologique des aliments, définie à partir de leur composition chimique, ou à l'aide des modèles animaux, a conduit à la découverte des substances antinutritionnelles (MANSOURI, 1983).

Diverses substances présentes à des doses variables dans les matières premières végétales sont susceptibles de provoquer des effets indésirables lorsqu'elles sont ingérées à un taux élevé ou de façon prolongée par un organisme animal. Ces substances sont appelées substances antinutritionnelles, leur présence diminue la qualité nutritionnelle des aliments auxquels elles sont associées (TOME et coll., 1985).

Les substances ou les facteurs antinutritionnels présentent trois caractéristiques fondamentales à savoir : leur diversité, l'origine de leurs effets, et les notions de toxicité intrinsèque et de risque d'effet antinutritionnel (MONTIES, 1981).

Selon leur nature et leurs propriétés biologiques, les substances antinutritives peuvent manifester leurs activités à divers stades (MITJAVILA, 1986) :

- Au cours de l'ingestion, par exemple, lorsqu'il s'agit d'enzymes libérées par la mastication qui détruisent certains nutriments.
- Pendant la digestion, quand ces substances inhibent les hydrolases digestives.
- Au cours du métabolisme, lorsque leur détoxification entraîne une perte de molécules endogènes.

### ***2- Définition et délimitation de la notion de substances***

#### ***antinutritives naturelles :***

L'animal dans un environnement est confronté à un monde de substances chimiques d'une incroyable complexité : plus de 12 000 molécules sont connues dans les végétaux.

Au niveau des chémorécepteurs, cette richesse permet indubitablement à l'animal de localiser sa nourriture, d'en reconnaître le danger potentiel ; la vue, l'odorat aident à ce choix et lorsque l'animal a



ingéré tout ou une partie d'une plante, commence la phase post-ingestive dans laquelle interviennent à la fois les nutriments et nombre d'autres composés dits allélochimiques, sans valeur nutritive.

DELORT-LAVAL (1981), définit :

- Un nutriment comme étant une substance nécessaire à la croissance, au développement et à l'entretien des fonctions d'un organisme. Dans cette définition interviennent donc les notions d'espèce animale concernée, de stade physiologique de développement, de dose aussi, car en trop grande concentration, l'élément le plus utile à faible dose peut devenir nocif ou même toxique.
- Un composé allélochimique comme toute substance non nutritive affectant la croissance, la santé, le comportement ou la biologie de l'espèce consommatrice. Ici encore, la définition ne couvre pas une propriété intrinsèque du produit, mais dépend du nombre de paramètres.

On entend par toxique toute réaction physiologique adverse produite chez l'homme ou les animaux par un aliment déterminé ou une substance tirée de celui-ci .

Le mot n'est donc pas utilisé dans le sens strict, tel que les toxicologues l'appliquent aux substances létales.

En l'occurrence, les toxines présentes à l'état naturel peuvent être, par exemple, des composés qui influent sur la qualité protéique (tels que la inhibiteurs de la trypsine) ou qui provoquent de la flatulence (sucres du type raffinose).

### *3- Classification des facteurs antinutritionnels :*

On peut classer les substances antinutritionnelles naturelles selon plusieurs critères. Etant donné qu'il s'agit de substances chimiques, il paraîtrait indiqué de les classer selon la chimie.

Leur constitution étant très différente et, pour nombre d'entre elles, inconnue ou peu connue, cette classification paraît impossible en ce qui nous concerne, et nous nous plaçons strictement au point de vue alimentation, on croit la systématisation la plus rationnelle des substances antinutritionnelles naturelles doit tenir compte, d'une part, de la nature des

nutriments sur lesquels elles agissent, et d'autre part, de l'effet nutritif du produit, car ceci a une importance particulière du point de vue pratique (MANSOURI, 1983).

En se basant sur ces critères, D. TOME, et collaborateurs (1985) ont groupé les principales familles de composés indésirables présents dans les grains de protéagineux selon le tableau n° 4

Il nous est difficile d'aborder en détail toutes ces substances, de chaque grand groupe, les plus importantes sur le plan nutritionnel et les plus caractéristiques sont notamment, les inhibiteurs trypsiniques qui appartiennent au groupe des substances qui dépriment l'utilisation digestive ou métabolique des protéines ; les glucosides cyanogénétiques et l'acide cyanhydrique appartenant au groupe des glucosides qui provoquent un blocage au niveau des chaînes respiratoires, goitre, cancer digestif et trouble neurologiques ; les  $\alpha$  galactosides, glucosides qui provoquent le phénomène de flatulence ; l'acide phytique qui appartient au groupe des substances qui insolubilisent ou interfèrent avec l'utilisation de certains éléments minéraux (calcium, phosphore, fer, magnésium, zinc, iode).

*Tableau N°4 : Principales familles de composés indésirables présents dans les graines de protéagineux (Tome et coll., 1985).*

Familles	Principales actions
<u>Protéines</u>	
➤ Inhibiteurs de protéases	Inhibition des protéines
➤ Lectines (hémagglutinines)	Troubles de l'absorption
➤ Protéines allergènes	Allergie
➤ Acides aminés toxiques	Troubles neurologiques
➤ Lipoxydase	Destruction de la vitamine A
<u>Polyphenols</u>	
➤ Flavonoïdes	Altération du goût et de la couleur des aliments
➤ Tanins	Complexation des protéines, inhibition des enzymes
	Activité oestrogénique, action antivitaminique K, action sur la mobilité des muscles lisses.
<u>Glycosides</u>	
➤ Saponines	Altération du goût, inhibition des enzymes, hyperfertilité
➤ Glycosides cyanogénétiques	Troubles neurologiques
➤ Glucosinolates	Altération du goût, action goitrigène et carcinogène
➤ $\alpha$ -Galactosides	Flatulence
➤ Agents de favisme	Anémie hémolytique
<u>Alcaloïdes</u>	
➤ Phytates	Chélation des minéraux



#### **4- Substances anti-trypsiques**

##### **4.1- Introduction**

L'activité protéolytique a été mesurée comme la capacité à hydrolyser les protéines d'origine animale telles que la caséine ou l'hémoglobine et végétale telle que la globine se produisant dans un organisme.

La découverte de substances inhibant la protéolyse trypsique remonte au début du siècle. En effet, c'est en 1917 que OSBORNE et MENDEL observent, que des rats nourris avec un régime incorporant de la farine de soja autoclavée ont une meilleure croissance que ceux dont le régime comportait de la farine de soja cru.

Puis en 1936, KUNITZ et NORTHROP procédèrent, pour la première fois, à l'isolement dans le pancréas de bovins, de la substance responsable de l'inactivation de la trypsine sous la forme d'un polypeptide cristallisé auquel on a attribué le nom d'inhibiteur de KUNITZ.

Les inhibiteurs protéiques identifiés sont des proteases à sérine, cystéine, métallo et aspartyl (RAMASARMA et coll., 1994), et appartiennent à deux groupes d'inhibiteurs : inhibiteur de KUNITZ et de BOWMAN-BIRK (KUNITZ, 1945 ; BIRK et coll., 1963).

Les inhibiteurs tryptiques largement distribués dans la nature, se présentent dans une large variété des constituants végétaux et animaux du régime alimentaire humain.

Ces inhibiteurs, on les retrouve dans les graines, les feuilles, les racines, les tubercules et même les tissus végétatifs des différentes plantes telles que les légumineuses, les légumes, la luzerne, les Solanaceae et Graminaceae (AMBE et SOHONIE, 1956 ; RYAN, 1973 ; WALKER-SIMMONS et RYAN, 1977 ; HUMPHRIES, 1980 ; CHAVAN et HEJGAARD, 1981 ; MENEGATTI et coll., 1985 ; BROADWAY, 1989), mais leur quantité, leur thermorésistance, leurs propriétés physico-chimiques sont différentes d'une plante à une autre.

#### **4.2- Place des facteurs anti-trypsiques par rapport aux autres substances antinutritionnelles :**

Parmi les substances antinutritionnelles, on considère les facteurs anti-trypsiques, comme étant ceux qui sont le plus largement distribués dans le règne végétal.

De plus, leur importance quantitative aussi bien que leur effet ont attiré l'attention des chercheurs, plus particulièrement, sur ces substances antinutritives (les facteurs anti-trypsiques participent à un taux de 30 à 60% dans la dépression de la croissance et à la presque totalité de la réponse hypertrophique de pancréas) (RACKIS, 1974).

Les facteurs anti-trypsiques sont placés parmi les substances anti-protéinogénétiques, c'est à dire parmi les substances qui dépriment l'utilisation métabolique des protéines parmi celles-ci, on peut aussi inclure les tanins, du moins les formes les plus condensées, car ce sont celles-là, qui exercent une puissante inhibition sur la trypsine (KOSSA, 1975), en considération de la nature polyphénolique des tanins et la faculté de reconnaissance de plusieurs phénols à former des complexes avec les protéines et à inhiber l'action des enzymes (PRIDHAM, 1963 ; DAVIES, 1981 ; TAN et coll., 1983).

D'autres substances antinutritionnelles comme les hémagglutinines, l'acide phytique et certains sucres fermentescibles, n'ayant pas d'effet inhibiteur sur la protéolyse mais ayant pour résultat, un ralentissement de la croissance ont été signalés.

#### **4.3- Rôles des substances anti-trypsiques :**

- Les anti-protéases interviennent dans la régulation du métabolisme protéique des tissus jeunes en croissance (AMBE et SOHONIE, 1956).
- Le rôle protecteur de l'embryon est également attribué aux anti-protéases puisqu'ils sont situés essentiellement dans les couches périphériques de la graine et opposent ainsi une barrière à toute tentative de protéolyse enzymatique (BIRK et coll., 1963).
- Les plantes ont développé des systèmes de défense chimique contre certains herbivores (STEFFENS et coll., 1978 ; ROSENTHAL et



des protéases telles que la trypsine ont été récemment reconnues (RAMASARMA et coll., 1994). En effet le mâchage des feuilles par les herbivores et les insectes, la blessure mécanique des feuilles, la pathogénie des plantes et les stress biologiques augmentent significativement les teneurs de l'inhibiteur tryptique (GREEN et RYAN, 1972 et 1973 ; ROSS et DETLING, 1983 ; BROWN et RYAN, 1984 ; KRAEMER et coll., 1987). Cependant, si ces inhibiteurs fonctionnent comme des agents défensifs chimiques, ils doivent être présents au site d'attaque à des concentrations efficaces, ainsi il est important de déterminer la phénologie de ces inhibiteurs chez la plante, leur teneur d'activité et le mécanisme qui régule leur synthèse (BROADWAY et MISSURELLI, 1990).

- Les inhibiteurs tryptiques ont des teneurs plus élevées d'acides aminés essentiels que quelques protéines de réserve et paradoxalement les inhibiteurs de BOWMAN-BIRK et de KUNITZ contribuent à la qualité nutritionnelle du soja en vertu de leurs teneurs relativement élevées de cystéine (TAN-WILSON et coll., 1987).
- Il a été reconnu que les inhibiteurs protéiques des plantes ont une forte activité anti-carcinogénique dans des systèmes modèles de cancer in-vivo et in-vitro et peuvent servir comme agents chémopréventifs dans les traitements de cancer (BIRK, 1976).
- Les inhibiteurs protéiques ont été utilisés dans les études relatives à la compréhension des maladies d'ALZHEIMER et auto-immunes (BROWN, 1992).

#### **4.4- Propriétés et structure :**

##### ***a- Propriétés :***

KUNITZ en 1947 a été le premier à montrer que l'inhibition de la trypsine par un inhibiteur cristallisé, isolé du soja, était directement proportionnelle à la quantité d'inhibiteur ajouté et que l'inhibiteur neutralisait approximativement un poids égal de trypsine cristallisée.

Comme le précise ZELTER (1971) dans une revue bibliographique sur le tourteau de soja, il a pu être montré que ces substances, remarquablement résistantes à l'action de la pepsine réduisent le taux et la



vitesse de libération de certains acides aminés essentiels, notamment de la méthionine, facteur limitant de la qualité des protéines de la plupart des produits végétaux.

La forte dépression de la croissance qui résulte de l'ingestion de graines ou de tourteau de soja cru paraît en partie liée, à la présence, dans le contenu intestinal, d'une importante fraction protéique soluble, mais précipitable à l'acide trichloroacétique et résistant à l'action des enzymes. Cette accumulation de protéines solubilisées résulterait d'un accroissement des dépenses endogènes.

#### *b- Structure et composition*

La structure tridimensionnelle par cristallographie aux rayons X de quelques inhibiteurs de type BOWMAN-BIRK aide à comprendre la relation structure - fonction de ces inhibiteurs.

Les inhibiteurs protéiques sont généralement des polypeptides ou des protéines à faible poids moléculaire (PM=4000 à 80000) et ont une ou plusieurs liaisons disulfures ceux-ci permet leur stabilité envers la dénaturation thermique, les attaques protéolytiques et le pH (MENEGATTI et coll., 1985).

En effet les liaisons disulfures (S-S) stabilisent les conformations natives des protéines, le clivage des liaisons disulfures peut entraîner les inhibiteurs protéiques plus susceptibles aux différentes dénaturations. Il a été constaté que les inhibiteurs tryptiques étaient de deux types principaux : ceux d'un poids moléculaire de 20000 à 25000, portant deux liaisons S-S et ayant une activité spécifique sur la trypsine, et ceux d'un poids moléculaire plus faible (5000 à 10000) et présentent sept liaisons S-S, une faible teneur en acides aromatiques et exerçant une action inhibitrice à la fois sur la trypsine et la chymotrypsine, autre enzyme protéolytique libérée par le pancréas (RAMASARMA et coll.,1994). On les appelle, respectivement, inhibiteurs de KUNITZ et inhibiteurs de BOWMAN-BIRK, et des inhibiteurs correspondant à ceux-ci ont été découverts dans de nombreuses plantes (BROWN et RYAN, 1984 ; BROADWAY, 1989). Il n'est pas encore possible d'apprécier pleinement l'importance des inhibiteurs tryptiques dans l'alimentation humaine.

Il existe deux formes de trypsine humaine, un élément majeur et un élément mineur (10% à 20% de l'activité). Alors que la trypsine mineure est totalement inhibée par l'inhibiteur du soja, l'autre ne l'est que faiblement (LIENER, 1979).

La composition en acides aminés de l'inhibiteur du haricot ainsi que celui de la luzerne figurent dans les tableaux n°5 et 6.

Cette composition est importante à noter parce qu'elle fait ressortir dans les deux cas, d'une part l'absence de tryptophane, d'autre part et surtout, les teneurs particulièrement importantes en cystéine, l'absence de groupes sulfidriques libres qui indiquent que probablement tous les résidus de cystéine participent à la constitution des ponts S-S pour former la molécule protéique de l'inhibiteur, donne une structure compacte qui doit demeurer intacte pour que la combinaison inhibiteur-trypsine puisse avoir lieu.

PORATH et BELLEW (1975) ont extrait l'inhibiteur trypsique du pois chiche : sa teneur en résidus cystéine est de 22%, son poids moléculaire est de 10000. L'inhibiteur trypsique de la moutarde blanche est une protéine avec un poids moléculaire de 18000 et possède 142 résidus d'acides aminés avec une teneur relativement élevée de résidus sérine (12 - 13), lysine (13 - 15), glycine (15) et acide aspartique (11 - 12) (MENEGATTI et coll., 1985).

Celui de Dolichos biflorus a un poids moléculaire de 15500 et contient 2 résidus tyrosine, 2 résidus phénylalanine, pas de tryptophane et éventuellement 7 ponts di-sulfures (RAMASARMA et RAJAGOPAL. RAO, 1991).

**Tableau n°5** : Composition en acides aminés de l'inhibiteur protéasique du haricot (*Phaseolus vulgaris*) d'après LIENER et JAFFE (1969)

Acide Aminé	Nombre de résidus par mole de protéine
Acide aspartique	30
Thréonine	14
Sérine	35
Acide glutamique	17
Proline	16
Glycine	5
Alanine	8
Valine	2
Cystéine	15
Méthionine	1
Isoleucine	9
Leucine	6
Tyrosine	4
Phénylalanine	4
Tryptophane	0
Lysine	11
Arginine	7
Histidine	10
Total	209
Poids Moléculaire	23030



*Tableau n°6 : Composition en acides aminés de l'inhibiteur trypsique de luzerne d'après BROWN et RYAN (1984)*

Acide Aminé	Nombre de résidus par mole de protéine
Acide aspartique	6
Thréonine	8
Sérine	5
Acide glutamique	4
Proline	8
Glycine	2
Alanine	3
Cystéine	12
Valine	0
Méthionine	0
Isoleucine	4 - 5
Leucine	1
Tyrosine	1
Phénylalanine	3
Histidine	2
Lysine	3
Arginine	4
Tryptophane	0
Total	67 - 68
Poids Moléculaire	7370



La nature du complexe trypsine inhibiteur n'est pas définitive, mais on pense qu'elle doit impliquer la formation d'un pont ester entre le site actif de la sérine de la trypsine et le carbone terminal du résidu arginine de l'inhibiteur.

La présence des inhibiteurs tryptiques à l'état natif dans les aliments provoque chez les animaux un retard de croissance, une hypertrophie pancréatique et une carence anormalement élevée en acides aminés soufrés (MANSOURI, 1983).

#### *b- Effets biologiques et physiologiques*

LIENER (1980) signale que les substances antiprotéasiques abaissent le taux et la vitesse de libération de certains acides aminés essentiels, elles influencent la disponibilité de la méthionine qui est le facteur limitant de la plupart des produits végétaux et stimulent la fonction exocrine du pancréas, d'où l'hypertrophie observée chez certaines espèces monogastriques et chez le poulet (STRUTHERS et coll., 1982), ce qui engendre une double déficience en acides aminés soufrés. Chez le poulet, l'hypertrophie du pancréas serait due surtout à une hyperplasie (KAKADE et coll., 1969), cependant d'autres études utilisant les animaux tels que chien, veau, porc et singe n'ont pas produit les effets pancréatiques dus aux inhibiteurs protéiques (KAKADE et coll., 1976). Ainsi que le fait remarquer BESANCON (1978) les inhibiteurs de protéase ne seraient pas les seuls responsables de l'hypertrophie pancréatique. Selon KAKADE et collaborateurs (1974), les inhibiteurs tryptiques participaient à un taux de 40% dans l'effet de la dépression de la croissance et dans la réponse hypertrophique de pancréas, ce taux varierait de 30 à 40% selon RACKIS (1974).

#### *5- Conclusion*

On trouve dans les matières premières végétales de nombreux types de substances indésirables dont la présence ne doit pas être négligée.

Cependant, les effets de ces divers composés ne sont pas toujours connus avec précision, plus particulièrement chez l'homme. Le plus souvent, les données disponibles concernent l'alimentation animale et on observe généralement des différences notables entre les espèces, de plus, il



---

est important d'évaluer les risques d'actions toxiques ou indésirables en fonction des quantités ingérées de ces substances.

Parmi ces divers composés, certains n'ont qu'une action gênante alors que d'autres sont des facteurs antinutritionnels et parfois toxiques. Dans tous les cas, il est certain que le problème de ces facteurs indésirables est excessivement complexe, comme en témoigne la bibliographie très abondante sur le sujet. Cette complexité est due à la fois à la diversité de ces substances et à la difficulté à analyser avec précision leurs différentes actions, sur les diverses espèces animales (TOME et coll., 1985).

## ***Conclusion et But du travail***

### *Conclusion et but du travail*

On a pas trouvé beaucoup de travaux faits sur les légumes algériens exception faite de quelques études réalisées à l'Institut des Sciences de la Nature de Tlemcen (TALEB-BENDIAB et coll., 1989 et 1991 ; BOUCHERIT et coll., 1989 et 1996 ; BENMANSOUR et coll., 1990 ; DJAZIRI et coll., 1994).

Dans la plupart de ces travaux cités ci-dessus, il est noté que le cardon, la mauve et le chou pommé sont très importants dans l'alimentation algérienne. Cependant jusqu'à présent, ils ne sont pas suffisamment étudiés en ce qui concerne leur valeur alimentaire, particulièrement la valeur biologique de leurs protéines et éventuellement leurs substances antinutritionnelles .

Pour cela notre but principal dans cette modeste contribution est de valoriser la qualité alimentaire et nutritionnelle de ces trois plantes, qui sont apparemment très riches en protéines, en substances extractibles non azotées et aussi en acides aminés essentiels.

C'est à l'avenir que ceci jusqu'à présent inexploité, devrait être mis à profit par une véritable sélection végétale destinée à accroître la qualité, la quantité et l'extractibilité des protéines du cardon, mauve et chou pommé.



## ***Chapitre III***

### ***Matériel Biologique et Méthodes d'Analyses***

### ***1-Matériel biologique :***

Notre choix qui s'est porté sur quelques espèces de légumes, une espèce spontanée (mauve) et deux espèces cultivées (cardon et chou-pommé) était guidé par le double intérêt que présentent celles-ci.

En effet, il y a un grand intérêt à utiliser les espèces spontanées qui représentent une économie pour l'agriculture par leur faible coût de production, mais aussi à exploiter ces trois espèces à cause de leur valeur nutritionnelle qui est très appréciable.

#### **1.1- *Malva sylvestris* (mauve) :**

##### ***a- Caractères botaniques***

C'est une plante bisannuelle ou vivace, herbacée de la famille des Malvacées. Elle a une racine pivotante, pulpeuse ; feuilles pentalobées, dentelées sur les bord verts foncés à pétiole souvent plus court ; le fruit est une capsule contenant des graines réniformes.

Cette espèce se présente partout à l'état sauvage dans les prairies les pâturages, les lisières des forêts et dans les clairières (QUEZEL et SANTA, 1963 ; KOLEV, 1976 ; OZENDA, 1983 ; GREUTER et coll., 1989)

##### ***b- Caractères écologiques***

La mauve se développe dans les régions humides, par contre elle redoute la chaleur de l'été. En général elle se développe dans les climats tempérés.

La mauve pousse dans les terres de consistance moyenne légèrement argileuse. (QUEZEL et SANTA, 1963 ; ANONYME, 1977 ; OZENDA, 1983 ; GREUTER et coll., 1989).

##### ***c- Utilité***

La mauve est une plante très connue dans nos régions, elle est consommée comme légume, elle servait autrefois à soigner les inflammations internes ou externes. En médecine ces feuilles sont utilisées surtout pour le mucilage qu'elles contiennent, comme substance de base pour la fabrication de dentifrice, des acides et de la vitamine C. La mauve est employée comme un excellent laxatif pour les enfants et aussi comme contre-poison en cas d'absorption d'acide ou de base. (QUEZEL et

SANTA, 1963 ; KOLEV, 1976 ; OZENDA, 1983 ; GREUTER et coll., 1989).

### **1.2- *Cynara cardunculus* (cardon) :**

#### ***a- Caractères botaniques***

C'est une plante herbacée pérenne de la famille des Composés. Cette plante est cultivée partout dans les régions méditerranéennes.

Le cardon représente un système racinaire bien développé les racines peuvent pénétrer à une profondeur de 1m à 1,20m, les feuilles sont grosses, d'une longueur de plus de 1,20m ; elles sont profondément découpées, d'un vert-grisâtre, à côtés épaisses et larges. Les tiges florales atteignent 1,5m à 2m de hauteur, sont cannelées et portent à leurs extrémités des capitules terminales. (GUBB, 1913 ; TRABUT, 1935 ; KOLEV, 1976 ; OZENDA, 1983).

#### ***b- Caractères écologiques***

Le cardon est cultivé convenablement dans toutes les régions de la méditerranée, il est plus résistant à la chaleur.

Le cardon est cultivé dans les terres profondes riches en humus qui lui conviennent le mieux, alors qu'un sol riche en calcaire ne permet pas de produire du cardon de valeur. (ANONYME, 1977 ; OZENDA, 1983)

#### ***c- Utilité***

Le cardon est utilisé comme légume, on récolte aussi pour la médecine les feuilles du cardon qui contiennent un suc amer, la cynarine du mucilage, des tanins, des acides organiques et de la vitamine C.

Cette plante est bénéfique dans le traitement des maladies des voies biliaires et hépatiques. Une consommation importante des feuilles de cardon abaisse le sucre sanguin, pour cela elles sont employées comme adjuvant dans le traitement du diabète. (GUBB, 1913 ; TRABUT, 1935 ; KOLEV, 1976 ; OZENDA, 1983)

### **1.3- *Brassica oleracea* (chou pommé) :**

#### ***a- Caractères botaniques***

C'est une plante bisannuelle ou vivace mais cultivée le plus souvent comme annuelle dans les exploitations maraîchères de la famille des crucifères. Sa pomme ronde est ferme, bien serrée et entourée de peu de feuilles extérieures qui sont moyennes. l'ensemble de la plante est de couleur vert jaune, porté sur un pied court. (GUBB, 1913 ; TRABUT,



1935 ; MAIRE, 1965 ; LAUMONNIER, 1978 ; OZENDA, 1983 ; GREUTER et coll., 1989).

### ***b- Caractères écologiques***

Le chou pommé se développe sous les climats frais, doux et humides, il redoute énormément la sécheresse alors que l'humidité représente le facteur marquant de son développement.

Le chou présente la particularité de réussir à peu près dans tous les terrains. Cependant, dans l'ensemble, ce sont les terres argileuses qui sont considérées comme les plus favorables. Le chou redoute les sols acides, qui sont à l'origine des baisses dans les rendements (GUBB, 1913 ; TRABUT, 1935 ; MAIRE, 1965 ; LAUMONNIER, 1978 ; OZENDA, 1983 ; GREUTER et coll., 1989).

### ***c- Utilité***

Le nombre des variétés de choux se révèle très élevé, on en connaît 237, dont seulement quelque 80 sont inscrites au catalogue officiel des variétés.

En raison même du caractère d'extrême variabilité que nous venons de signaler, le chou possède beaucoup d'avantages : il favorise la digestion, combat l'ivresse, cicatrise les plaies, etc... (GUBB, 1913 ; TRABUT, 1935 ; MAIRE, 1965 ; LAUMONNIER, 1978 ; OZENDA, 1983 ; GREUTER et coll., 1989).

### **1.4- Collecte et stockage:**

La récolte de la mauve est effectuée à partir du mois d'octobre jusqu'au mois d'avril. Les plants de mauve sont collectés dans les champs de la région de Tlemcen.

Cependant le cardon et le chou-pommé, sont collectés auprès des commerçants du marché municipal de Tlemcen et ceci du mois de septembre jusqu'au mois de juin.

Au laboratoire, les échantillons sont étuvés pour qu'ils sèchent rapidement, puis sont stockés dans des bocaux de plastique ou de verre, d'autres échantillons sont broyés avant d'être stockés

## ***2- Méthodes d'analyses :***

### **2.1- Préparation de l'échantillon pour l'analyse :**

Chaque échantillon est en premier lieu lavé, ensuite découpé en petits morceaux. Ces derniers sont broyés pour obtenir une farine la plus fine possible.

Ces farines permettent de doser l'humidité, la cellulose, les cendres et les éléments nécessaires pour déterminer la valeur alimentaire : matière grasse, protéines, glucides et inhibiteur trypsique.

Chaque analyse effectuée au laboratoire est répétée trois fois, c'est la moyenne des trois valeurs qui est représentée sur les tableaux des résultats.

### **2.2- Teneur en eau et humidité :**

Que se soit la teneur en eau ou l'humidité, la quantité d'eau est déterminée par une dessiccation jusqu'à poids constant à l'étuve (100°C-105°C).

Pour éviter toute reprise d'eau, il convient d'opérer dans les vases émeris, placés dans un dessiccateur.

La teneur en eau est définie comme la perte de masse subie dans les conditions de mesure.

Le taux d'humidité atmosphérique que peuvent absorber les échantillons permet d'exprimer les résultats en pourcentage de matière sèche.

### **2.3- Dosage de l'azote total :**

L'azote total est réalisé par la méthode de KJELDAHL qui s'effectue en trois phases : minéralisation, distillation et titration ( BRADSTREET, 1965).

Le principe de la minéralisation consiste en la transformation de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique à chaud. elle présente certaines difficultés qui sont essentiellement dues aux causes suivantes :

- un certain nombre des substances organiques azotées échappe à cette minéralisation pour des raisons diverses ;
- par ailleurs la minéralisation ne s'effectue que très lentement, il est indispensable d'ajouter des adjuvants de nature forte diverse afin d'accélérer l'opération tels que les oxydants, les réducteurs métalliques ;
- lors de notre manipulation nous avons utilisé un mélange catalyseurs sulfate de cuivre, sulfate de potassium, sélénium.



Une quantité de 2g d'échantillon est introduite dans un matras de 250ml avec 1g de catalyseur à partir du mélange (10g de sulfate de cuivre + 1g de sélénium) et 10ml d'acide sulfurique concentré. Le matras est chauffé jusqu'à décoloration du liquide en vert stable. Il est ensuite complété dans une fiole de 100ml.

Le principe de la distillation consiste en la libération de l'ammoniac par action de la soude qui est retenue dans l'acide sulfurique. Cette distillation se fait dans l'appareil de PARNAS-WAGNER. (Fig. n°1).

10ml du contenu de la fiole sont transversés dans l'appareil de PARNAS WAGNER auxquels sont ajoutés 10 ml de soude. le distillat est ensuite recueilli dans 10ml d'acide sulfurique composé de quelques gouttes d'indicateur de TASHIRO ( 10ml de méthyle rouge à 0,03% dans l'éthanol 70% et 1,5ml de bleu de méthylène 0,1% aqueux).

Le recueilli est titré par la soude à 0,1N avec facteur de correction de 0,9750 ou 1,0309 jusqu'à réobtention de la couleur initiale de l'indicateur vert.

Le calcul d'azote total (N total) est réalisé suivant la formule :

$$\text{Azote total (N\%)} = \frac{(V_B - V_A) \cdot F_{NaOH} \cdot 0,0014 \cdot 10 \cdot 100}{m}$$

$V_B$  : volume (ml) de Na OH 0,1N utiliser pour un essai blanc.

$V_A$  : volume (ml) de Na OH 0,1N utiliser pour la solution à doser.

F : facteur de conversion de Na OH 0,1N.

m : poids de la prise d'essai.

10 : coefficient du volume total de la solution à doser.

100 : coefficient du pourcentage.

A 100g de protéines correspondent 16g d'azote dans la majorité des cas. On utilise un facteur de conversion F ( $F = \frac{100}{16}$ ) et la conversion du taux d'azote total en taux de protéines brutes est fait comme suit :

$$\text{Protéines brutes(\%)} = N \text{ total (\%)} \times 6,25$$



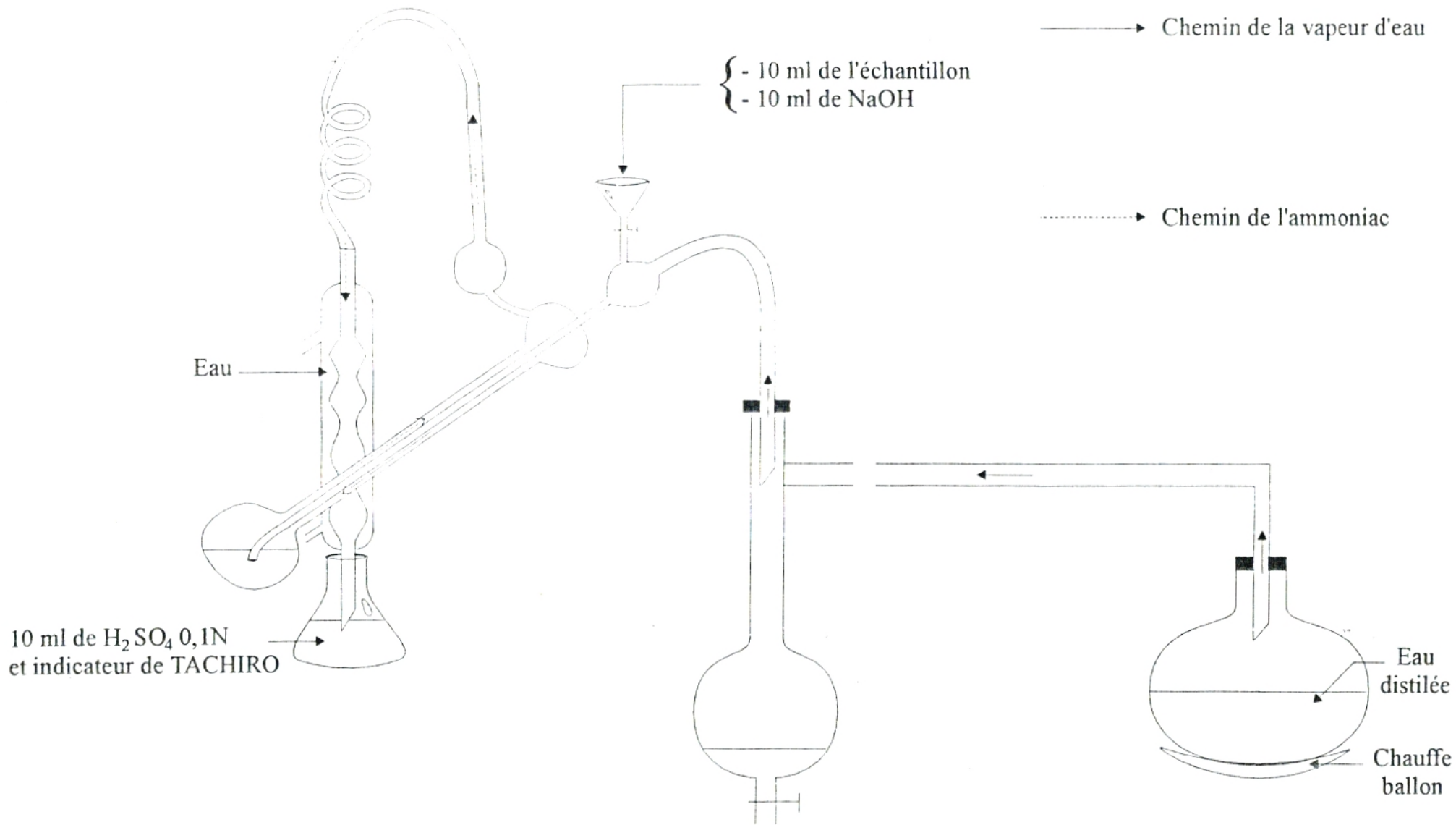


Figure n° 1 : Appareil a distiller PARNAS WAGNER

#### 2.4- Dosage de l'azote protéique:

Il est réalisé par à la fois la méthode de BARNSTEIN et la méthode de KJELDAHL (BRADSTREET, 1965).

Le principe de cette méthode consiste à traiter le matériel d'analyse avec une solution aqueuse de sulfate de cuivre basique [ $\text{CuSO}_4 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ].

On dépose les substances protéiques, on les lave et on élimine les substances azotées non protéiques. On détermine l'azote protéique dans le dépôt (le sédiment), le filtre et le dépôt sont minéralisés dans un matras de KJELDAHL.

2 à 3g d'échantillon sont transférés dans un bêcher (150 à 200 ml), on ajoute 50ml d'eau distillée et on le chauffe jusqu'à ébullition.

On ajoute 25ml de solution de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  à 6% et 25ml de Na OH à 1,25%, cette dernière solution est transversée par petites quantités de 2ml chacune tout en mélangeant avec une baguette de verre.

La solution est décantée et lavée dans le même bêcher avec de l'eau distillée chaude (60°C). On lave le dépôt jusqu'à une réaction négative des ions  $\text{SO}_4^{2-}$ . On transfère le dépôt quantitativement avec l'eau distillée sur un filtre puis on lave le dépôt.

On sèche le filtre avec le dépôt dans une étuve pendant 30mn à 50-60°C, puis ils sont minéralisés dans le matras de KJELDAHL et l'azote protéique est dosé d'après la méthode de KJELDAHL. La conversion de l'azote protéique ( $N_{\text{prot}}$ ) en protéine pure est effectuée de la façon suivante:

$$\text{Protéines pures (\%)} = N_{\text{prot}} (\%) \times 6,25$$

#### 2.5- Dosage des protéines solubles:

Il est réalisé par la méthode de LOWRY (LOWRY et coll., 1951).

Il consiste à complexer par le cuivre en milieu alcalin environ un quart des acides aminés constituant les protéines (réaction de biuret). L'addition du réactif FOLIN-CIOCALTEAU qui interagit avec cette protéine cuivrique est suivie du développement en 30mn d'une réaction colorée strictement proportionnelle à la quantité des protéines présentes. L'analyse colorimétrique ou spectrophotométrique à 660nm de l'intensité de la coloration, permet la détermination de la quantité des protéines présentes



par rapport à la coloration développée après un temps de contact identique de quantités connues d'une protéine étalon (sérum albumine bovine).

2 à 5g d'échantillon frais sont broyés et lavés avec 10ml de TCA à 10% et 10ml de TCA à 5%, puis le mélange est filtré. Le filtre et le dépôt sont transférés dans un bêcher avec 15ml de Na OH 1N et chauffés à 50°C pendant 5mn. Après décantation, on lave deux fois avec 15ml de NaOH 1N, ensuite on filtre, on recueille le filtrat dans une fiole jaugée et enfin on dilue jusqu'à 100ml avec NaOH 1N.

Un mélange de 5ml d'une solution A ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  2% + tartarate de Na, K 0,02%) et 0,1ml d'une solution B ( $\text{CuSO}_4$  0,5% + citrate de Na 1%) sont ajoutés à 1ml de la solution à doser. Après homogénéisation et 10mn d'attente on ajoute 0,5ml de réactif de Folin dilué 4 fois dans l'eau distillée.

30mn sont nécessaires au développement de la coloration puis on lit la densité optique à 660nm. contre un blanc préparé dans les mêmes conditions ci-dessus sauf à la place de 1ml de la solution à doser on ajoute 1 ml d'eau distillée. On calcule les protéines en utilisant la courbe d'étalonnage effectuée grâce à des concentrations connues de sérum albumine bovine .

## 2.6- Dosage des acides aminés totaux :

Il est déterminé par chromatographie d'échange d'ions avec un analyseur automatique après hydrolyse acide (HCl 6N)(MACHEV, 1987).

L'échantillon mis à l'analyse est hydrolysé par l'acide chlorhydrique 6N à 100°C pendant 24 heures, les acides aminés sont déterminés par un analyseur automatique. Pour la solution éluante on utilise trois tampons avec pH : 3.25, 4.25, 5.28 (Voir schéma). On utilise en réacteur les réactions de coloration avec une solution (réactif de ninhydrine).

L'identification des acides aminés est effectuée à l'aide d'un acide aminé témoin. La mesure de la quantité de chaque acide aminé est réalisée en comparant la surface du pic de chaque acide aminé avec celle du pic de l'acide témoin (Voir graphe).

On dépose 100mg du matériel de farine de l'échantillon dans un tube à essai, l'hydrolyse est réalisée par 10ml de l'acide chlorhydrique 6N, le tube est flambé sur un bec bunsen puis placé dans une étuve à 105°C pendant 24 heures.



Ensuite le bout du tube est cassé et l'hydrolysate est filtré à l'aide d'un filtre de silice W6G4. Le filtrat est évaporé, le résidu est dissout dans 10ml d'acide chlorhydrique 0,125M. Cette solution est utilisée pour l'élution des acides aminés, leur identification se fait en comparant les pics des étalons à ceux enregistrés lors de la manipulation.

### **2.7- Dosage des glucides :**

On prend 2 à 5g du matériel de farine de l'échantillon broyé dans un mortier avec une petite quantité de quartz (facilité le broyage). Le broyat est transversé avec 80ml d'eau distillée dans une fiole de 100ml.

Les sucres sont extraits pendant 30mn dans un bain-marie à une température de 70 à 80°C. Après refroidissement de la solution, on ajoute 3ml d'acétate de plomb Pb (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> (élimination des substances non sucrées) et 5ml de phosphate de sodium Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (élimination du plomb).

Le contenu de la fiole dilué à 100ml est mélangé et filtré, le filtrat est utilisé pour déterminer les sucres totaux

Les sucres totaux sont déterminés par la méthode de HAGEDORN et JENSEN(MACHEV et coll., 1989).

Le principe consiste en la réduction des K<sub>3</sub>Fe (CN)<sub>6</sub> en K<sub>4</sub>Fe (CN)<sub>6</sub> par les monosaccharides dans un milieu alcalin chaud.

#### ***a- Hydrolyse***

5ml de l'extrait avec 0,8ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,75N sont chauffés à 100°C pendant 13 mn, puis 3ml de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> sont additionnés

#### ***b- Titrage***

On verse 10ml de ferricianite 0,05N dans un tube à essai spécifique (25 x 100) auxquels sont ajoutés 5ml de la solution à analyser. On place ensuite le tube à essai dans un dispositif métallique que l'on plonge dans un bain-marie bouillant pendant 20mn. Après refroidissement le contenu du tube est transversé dans un erlenmeyer de 100ml à 150ml. A l'aide d'une pipette de 25ml on ajoute des solutions des réactifs d'acide acétique (20g ZnSO<sub>4</sub> + 70g KCl + 20ml d'acide concentré qui est utilisé pour le rinçage du tube à essai). On ajoute aussi 0,5g d'iode de potassium (KI) et 1ml de solution d'amidon; 2mn après on titre la solution de thiosulfate de potassium 0,05N jusqu'au virage du bleu au blanc, on pratique simultanément

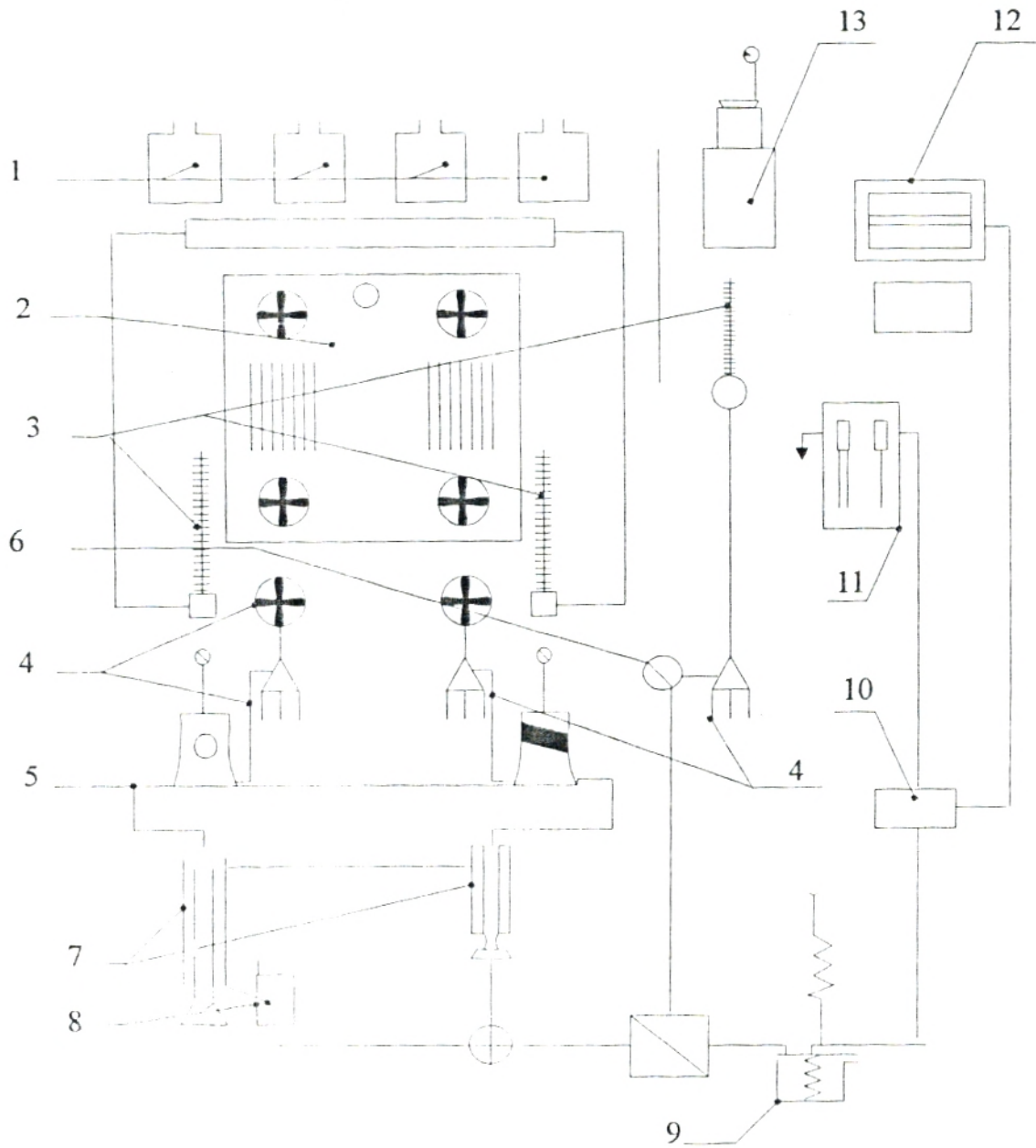
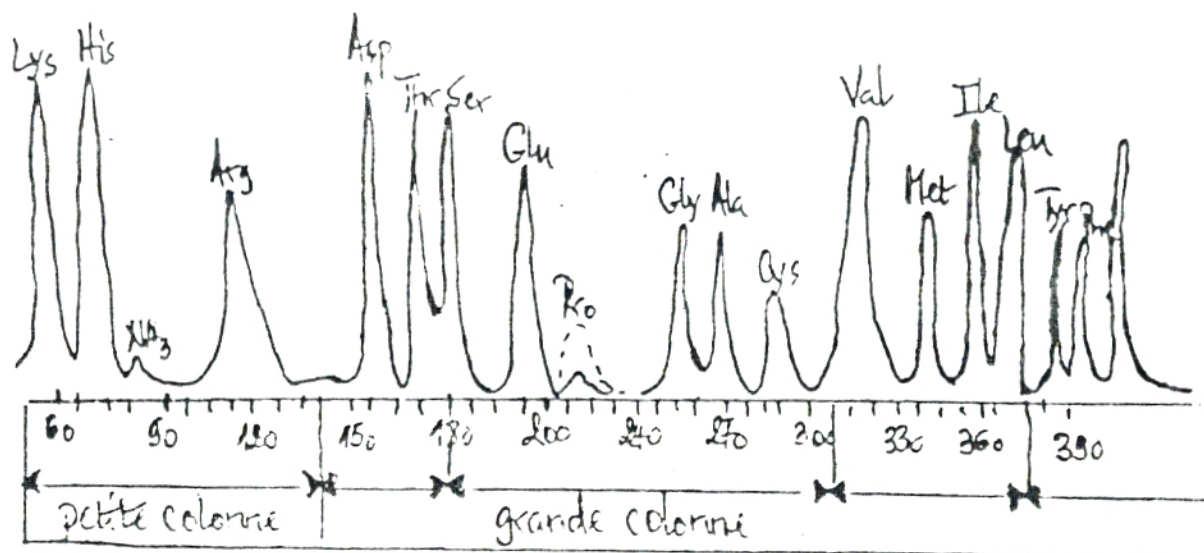


Schéma: Analyseur automatique

- 1 : Boîtes des solutions .
- 2 : Système de pipetage des solutions .
- 3 : Mesure du débit des solutions .
- 4 : Pompe triplet .
- 5 : Amortisseur de pression
- 6 : Manomètre .

- 7 : Colonne
- 8 : Thermostat .
- 9 : Réacteur capillaire.
- 10 : Photomètre
- 11 : Mamostale .
- 12 : Enregistreur automatique
- 13 : Réservoir de la solution ninhydrine



Graphes : Aminogramme des acides aminés des étalons



un essai à blanc, la différence entre ces deux volumes donne le volume de  $K_3Fe(CN)_6$  réduit.

Le volume utilisé par les sucres totaux permet de déterminer la quantité de sucre.

La quantité de sucre exprimé en glucose, d'après la formule suivante :

$$\% \text{ Sucres totaux} = \frac{A \cdot V \cdot 100}{B \cdot J \cdot 1000}$$

A : Quantité de sucre en mg.

V : Volume initial (100ml) pour l'obtention d'extrait pour la détermination du sucre

B : Volume pris pour la détermination des sucres totaux

J : Masse de l'échantillon

100 : Pourcentage

1000 : Conversion en mg

### 2.8- Dosage des lipides

Les huiles sont extraites à l'aide d'un solvant organique. Après évaporation du solvant, le taux de matière grasse est déterminé gravimétriquement. L'extraction est réalisée dans l'appareil de Soxhlet.

Le taux de matière grasse brute est déterminé selon la méthode indirecte ou des résidus (AUDIGIE et DUPONT, 1982).

Un vase de tare et l'enveloppe préparée spécialement sont séchés et pesés (poids a) ; 1 ou 2g de matériel à analyser est placé dans l'enveloppe. Le vase de tare est séché pendant 2h à une température de 100°C à 105°C, on met ensuite l'enveloppe dans le vase ; on les place dans un dessiccateur pendant 15mn et on les pèse (poids b).

L'enveloppe est placée dans l'appareil de Soxhlet, on réalise l'extraction dont la durée dépend de la qualité d'huile dans l'échantillon 3 à 10h (pauvre en huile), 10 à 12h (riche en huile).

Après extraction on retire l'enveloppe et on la place dans un vase de tare ; elle est séchée à une température de 30°C pendant 15mn puis à 100°C - 105°C jusqu'au poids constant, l'enveloppe et le vase de tare sont placés dans un dessiccateur pendant 15mn et ensuite sont pesés (poids c).

On calcule le pourcentage de matière grasse d'après la formule suivante:

$$\text{Matière grasse en \%} = \frac{b - c}{b - a} \times 100$$

a : poids de l'enveloppe + vase de tare en gramme.

b : poids de l'échantillon

(b - a) : poids de l'échantillon sec en gramme

c : poids de l'échantillon + enveloppe + vase de tare après extraction en gramme

### 2.9- Dosage de la cellulose :

Il est réalisé par la méthode d'HENERBERG et STOMA (HENERBERG et STOMA, 1979).

La cellulose brute constitue le résidu organique après l'action d'une double hydrolyse, la première hydrolyse se fait dans un milieu acide avec 200ml d'une solution d'acide sulfurique concentré durant 30mn après ébullition. Alors que la deuxième hydrolyse se fait dans un milieu basique avec 200ml d'une solution contenant de la soude concentré pendant 30mn après ébullition. Les résidus sont récupérés dans un creuset à filtre, puis placés dans une capsule à 105°C pendant 24<sup>h</sup>.

La cellulose brute représente une grande partie de la cellulose vraie, une partie de la lignine et des résidus d'hémicellulose.

L'hydrolyse acide solubilise l'azote, les oses-osides, les polyholosides simples et certaines hémicelluloses.

L'hydrolyse basique solubilise les composés pectiques, la plupart des hémicelluloses est une partie de la lignine.

Le résultat est exprimé de la façon suivante :

$$X = \frac{m_2 - m_1}{a} \times 100$$

X : % de cellulose dans la matière sèche

m<sub>2</sub> : matière sèche avant traitement

m<sub>1</sub> : matière résiduelle après traitement

a : masse de l'échantillon

### 2.10- Dosage de la matière minéral (cendres)

On brûle 5g d'échantillon pendant quelques minutes sur un bec bunsen dans une capsule de platine jusqu'à carbonisation complète. On



retire la capsule et on la place dans un four électrique comportant une aération continue .

On porte à la température  $525^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ , si la combustion des particules carbonées n'est pas terminée en 15mn, on recommence la même opération puis on laisse refroidir dans le dessiccateur (AUDIGIE, 1980).

Le pourcentage de cendres est calculé comme suit :

$$X = \frac{a - b}{c} \times 100$$

X : % de cendre dans la matière sèche

a : masse de capsule + cendre

b : masse de capsule

c : masse de l'échantillon

### 2.11- Dosage des substances anti-trypsiques :

La méthode la plus largement utilisée pour mesurer l'activité de l'inhibiteur trypsique a été développé à partir de la méthode de KUNITZ (1947) dans laquelle l'hydrolyse de la caséine par la trypsine est mesurée par spectrophotométrie en présence et en absence de l'inhibiteur (CHARPENTIER et LEMMEL, 1984).

ERLANGER et collaborateurs (1961) ont introduit l'utilisation d'un substrat synthétique, benzoyl arginine -p- nitroanilide (B.A.P.N.A.) à la place de la caséine. Un travail de KAKADE et collaborateurs (1969) a montré que la méthode utilisant le B.A.P.N.A. s'avérait intéressante et ceci à cause de sa simplicité et de sa précision. (CHARPENTIER et LEMMEL, 1984).

Une étude collaborative réalisée par le Comité d'Analyse de l'Inhibiteur Trypsique de Soja (KAKADE et coll., 1974 ; RACKIS et coll., 1974) a abouti à plusieurs modifications dans la technique, désignées à améliorer à la fois sa précision et sa reproductibilité (CHARPENTIER et LEMMEL, 1984).

HAMERSTRAND et collaborateurs (1981) ont introduit d'autres modifications qui produisent une teneur d'inhibition trypsique dans une marge de 40 à 60% alors que LEHNHARDT et DILLS (1982) ont montré



que leur technique est applicable dans une marge d'inhibition de 10 à 80% (CHARPENTIER et LEMMEL, 1984). D'autres méthodes standards (méthodes A.O.C.S. et I.N.R.A.) ont été dérivées et améliorées à partir de la méthode de KAKADE et collaborateurs (1969).

L'inhibiteur trypsique est dosé selon la méthode de KAKADE (KAKADF et coll., 1969). L'hydrolyse par la trypsine d'un substrat tel que le benzoyl arginine -p- nitroanilide (B.A.P.N.A.) donne une relation linéaire entre la quantité de -p-nitroanilide (couleur jaune) libérée et la concentration en trypsine. L'intensité de la coloration est lue à une longueur d'onde de 410 nm.

1g d'échantillon broyé est suspendu dans 19ml d'eau distillée, le pH de la solution est ajusté à 7,6. Après une agitation mécanique d'une heure, la suspension est centrifugée et 1ml du surnageant est dilué dans 50ml de tampon (Tampon tris : pH 8,2 ; 0,05 M).

Pour différentes concentrations de trypsine, on détermine la quantité de substrat hydrolysé par la mesure de la densité optique.

Les densités optiques obtenues nous permettent de tracer la courbe standard et de vérifier l'activité de la trypsine. (Fig n°2)

La détermination de l'activité antitrypsique dans l'extrait des échantillons, est réalisée comme suit :

Des tubes contenant des quantités croissantes d'extrait des échantillons sont ajustés avec de l'eau distillée jusqu'à 1ml, puis 1ml de la solution de trypsine est ajouté dans chaque tube et le mélange est incubé à 37°C.

7ml de BAPNA ultérieurement chauffés à 37°C sont additionnés dans chaque tube. La réaction dure exactement 10 mn, elle est arrêtée par addition de 1 ml d'acide acétique à 30% dans chaque tube. La trypsine n'ayant pas réagi, est dosée par son action sur le benzoyl DL-arginine p-nitroanilide (BAPNA).

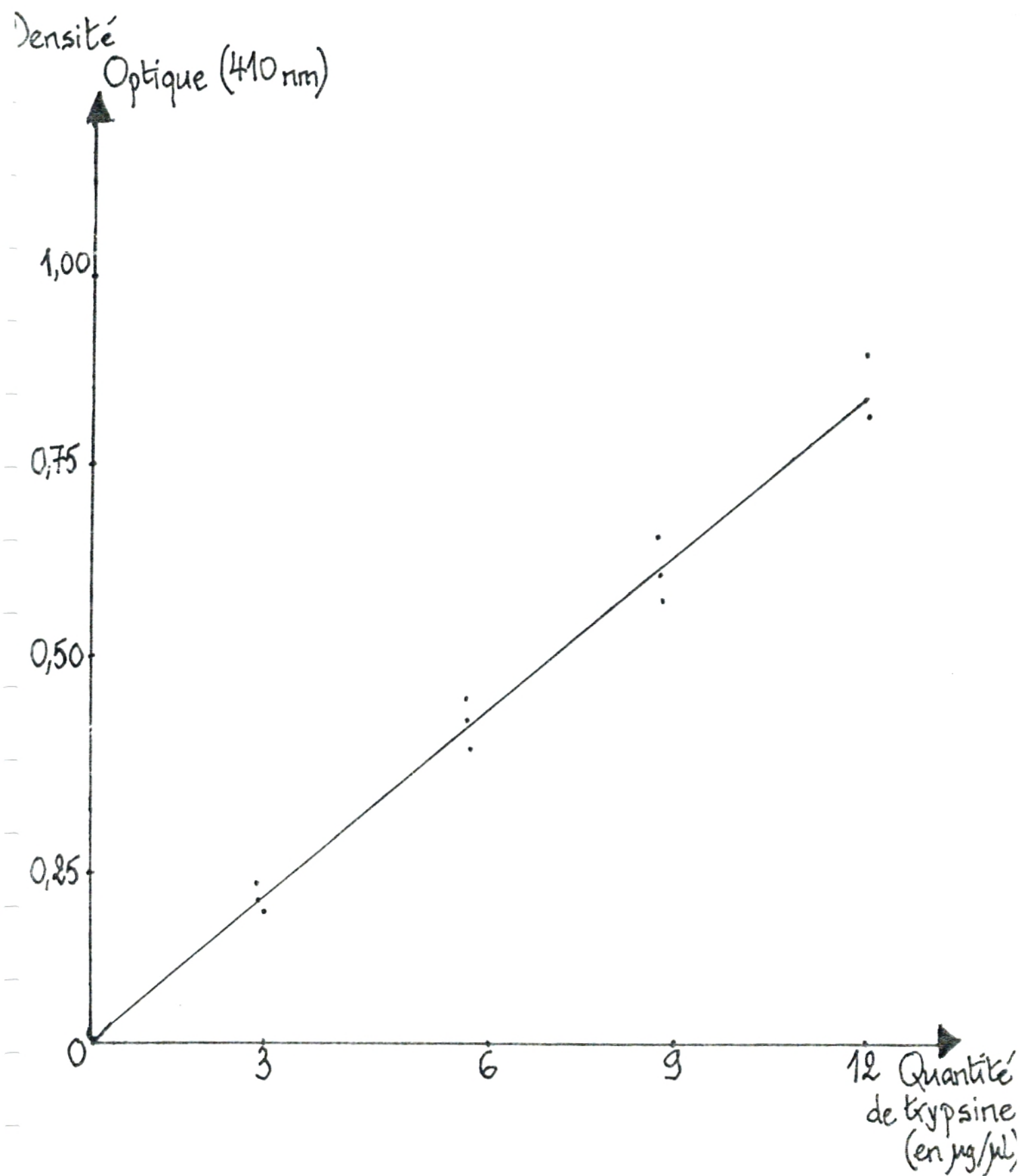


Figure n° 2 : Courbe standard d'évaluation de l'activité trypsique

Après un mélange complet l'absorbance est mesurée à 410 nm contre un blanc préparé dans les mêmes conditions que les autres tubes, sauf que l'acide acétique à 30% est ajouté avant le BAPNA. Chaque essai d'échantillon est réalisé en triple exemplaire.

Une unité de trypsine (U.T.) est arbitrairement définie comme une augmentation de 0,01 unité de densité optique à 410 nm et à la température ambiante pour 10 ml de milieu réactionnel. L'activité d'inhibiteur trypsique est alors considérée comme le nombre d'unités trypsiques inhibées et s'exprime en T.U.I./ mg de farine sèche ou en mg T.I./ mg de matière sèche (1,9 T.U.I. est équivalent à 1 mg de T.I.) (KAKADE et coll., 1969).

### 2.12- Électrophorèse :

On a utilisé l'électrophorèse sur gel de polyacrylamide avec focalisation isoélectrique, d'après la méthode décrite par GAAL, (1982) et LAEMMLI (1970) exprimée par l'abréviation SDS-PAGE. On a utilisé le gel de séparation des protéines avec un poids moléculaire de 8 KDa à 100KDa.

- Préparation de l'extrait pour l'électrophorèse : comme pour celui de la détermination de l'inhibiteur trypsique, on a préparé l'extrait avec NaOH 0,01 N et à pH = 9. Le rapport matériel biologique - solution de l'extrait est de 1 : 10. Le volume de la solution de l'extrait utilisé est de 2µl à 10µl, ceci dépend de la quantité de protéines dans l'échantillon déterminé avant par la méthode de LOWRY. La concentration de l'extrait optimale pour l'étude est de 1µg de protéine / µl
- Préparation du gel à 4% pour la concentration des protéines : pour 4 plaques (dim : 10 à 7cm) est réalisé le mélange des solutions suivantes :

6,1 ml	H <sub>2</sub> O
2,5 ml	Tris-HCl 0,5 M (pH = 6,8)
100µl	SDS 10%
1,3 µl	Acrylamide 30%
50 µl	APS 10%
10 µl	TEMED



## ➤ Préparation du gel à 12% pour la séparation des protéines

3,35ml	H <sub>2</sub> O
2,5 ml	Tris-HCl 1,5 M (pH = 8,8)
100µl	SDS 10%
4 µl	Acrylamide-bis (29 : 1)
50 µl	APS 10%
8 µl	TEMED

## ➤ Préparation du tampon de l'électrode (pH = 8,3) : pour la manipulation on utilise 100ml de la solution concentrée jusqu'à 500 ml.

Tris-Base 15 g/l	
Glycine 72 g/l	
SDS 5g/l	jusqu'à 1l

## ➤ Préparation du tampon pour le gel de séparation :

3,35 ml	Tris-HCl ( pH = 8,8)
2,5 ml	SDS 10% (w/v)

## ➤ Mode opératoire :

On dépose sur le gel 2 à 10µl de la solution étudiée (10 échantillons en parallèle). L'électrophorèse qui est verticale, est réalisée dans l'appareil de BIORAT (200V, 20 mA) pendant une heure, pour l'indicateur de la fin de l'électrophorèse, on utilise le bleu de méthylène.

Après électrophorèse, le gel est coloré par le bleu de Comassi R 250 0,1% dans méthanol - acétate - eau distillée (4 : 1 : 5), puis l'agitation est réalisée soit avec un agitateur soit avec la main.

La décoloration est effectuée en premier lieu avec la solution utilisée pour la coloration mais sans colorant puis à la fin avec l'eau distillée.

Le gel est séché sous vide avec de l'air chaud, fixé sur un papier convenable et utilisé pour la détermination des quantités et qualités des protéines séparées.

**2.13- Méthode statistique :**

Tous les résultats ont été obtenus à partir de la moyenne de trois échantillons parallèles. Les résultats qui ont été obtenus dans plus de 3 échantillons ou sont présentés comme la moyenne de plus de 5 répétitions sont traités d'après le test de STUDENT. On détermine la valeur t pour trouver le seuil de signification p. d'après la table de t. Pour le calcul des résultats significatifs on a utilisé la formule suivante :

$$t = \frac{\overline{X}_c - \overline{X}_E}{\sqrt{\frac{S_C}{N} + \frac{S_E}{N}}}$$

avec  $\overline{X}_c$  : moyenne du contrôle

$\overline{X}_E$  : moyenne de l'échantillon

SC : écart type du contrôle

SE : écart type de l'échantillon

N : nombre de l'échantillon.

## ***Chapitre IV***

### ***Interprétation et discussion des résultats***



La composition chimique et la valeur alimentaire d'un produit végétal varient suivant la famille botanique, l'espèce végétale et le stade de végétation ou l'âge. Il s'agit de valeurs moyennes dont certaines sont plus variables ou sont plus difficiles à estimer à travers une analyse chimique que d'autres, parmi les valeurs moyennes assez variables on peut trouver :

- Les teneurs en différents minéraux et oligo-éléments ; elles dépendent en effet non seulement de l'espèce, du stade de végétation ou de l'âge du produit végétal mais aussi des conditions du milieu, du sol, de la fertilisation, de l'année, etc. .
- La teneur en matière azotée qui dépend en partie de l'importance de la fertilisation et aussi de l'année.

En revanche, certaines valeurs sont beaucoup moins variables parce qu'elles dépendent peu du milieu, de la fertilisation et de l'année ; c'est le cas notamment pour la valeur énergétique du produit végétal. Ce sont également ces valeurs qui sont les plus difficiles à prévoir à partir de l'analyse chimique.

Pour une meilleure compréhension de ce chapitre, on a préféré le répartir en trois parties :

- Composition chimique et valeur alimentaire
- Protéines, acides aminés et valeur biologique
- Substance antinutritionnelle et valeur de l'inhibiteur trypsique

### *1- Composition chimique et valeur alimentaire*

Le tableau n°7 représente les valeurs moyennes de la teneur en eau des matières fraîches du cardon, de la mauve et du chou-pommé étudiées pendant un cycle végétal (1993 et 1994) de la région de Tlemcen.

Les trois plantes sont très riches en eau comme tous les légumes qui ont été étudiés auparavant dans la bibliographie. Cette richesse en eau entraîne deux conséquences, en effet elle permet d'une part au cardon, à la mauve et au chou-pommé d'utiliser au maximum leurs composés chimiques qui se trouvent à l'état soluble, mais d'autre part elle ne leur permet pas

d'être stockés, pour cela ils doivent être transformés et conservés dans les plus brefs délais .

*Tableau n°7 : Teneur en eau des matières fraîches des échantillons de cardon, mauve et chou-pommé.*

Echantillons	(Cardon) Cynara cardunculus	(Mauve) Malva sylvestris	(Chou-pommé) Brassica oleracea
Caractéristique			
Teneur en eau (en %)	86 ± 2	83 ± 2	91 ± 2

On a étudié les éléments qui caractérisent la valeur alimentaire d'un produit et qui sont nécessaires pour le calcul de la valeur énergétique, à savoir la protéine totale, la protéine pure, la cellulose, la matière grasse, les sucres solubles et les cendres.

Les tableaux n°8, 9 et 10 représente les résultats de ces composés chimiques exprimés en % de la matière fraîche.

*Tableau n°8 : Composition chimique du cardon en % de matière fraîche .*

Echantillons	N°1 Juin 1993	N°2 Novembre 1993	N°3 Janvier 1994	N°4 Mai 1991	N°5 Juin 1994
Caractéristiques					
Protéines totales	2.30	3.15	3.68	2.68	2.36
Protéines pures	1.34	2.66	3.30	2.49	2.33
Cellulose	1.41	1.57	1.56	1.90	1.67
Matière grasse	0.42	0.35	0.35	0.40	0.30
Sucres solubles totaux	2.11	1.84	1.96	2.10	1.96
Cendres	1.71	1.68	1.78	1.84	1.65



*Tableau n°9 : Composition chimique de la mauve en % de matière fraîche*

Echantillons	N°1 Septembre 1993	N°2 Décembre 1993	N°3 Mars 1994	N°4 Avril 1994	N°5 Mai 1994
Caractéristiques					
Protéines totales	5.97	5.95	5.60	5.84	5.14
Protéines pures	4.13	4.23	4.36	5.04	3.80
Cellulose	1.72	1.65	1.51	1.72	1.52
Matière grasse	0.53	0.47	0.50	0.56	0.60
Sucres solubles totaux	1.21	1.23	1.34	1.17	1.38
Cendres	2.17	2.16	2.02	1.83	2.33

*Tableau n°10 : Composition chimique du chou-pommé en % de matière fraîche .*

Echantillons	N°1 Novembre 1993	N°2 Janvier 1994
Caractéristiques		
Protéines totales	1.65	1.60
Protéines pures	1.05	0.83
Cellulose	0.82	0.82
Matière grasse	0.20	0.20
Sucres solubles totaux	3.16	2.94
Cendres	0.73	0.70

A premier abord, on constate que la teneur des protéines totales du cardon est plus élevée pendant les mois de novembre 1993 et janvier 1994 (tableau n°8) comparée à ceux des mois de juin 1993 et 1994 qui sont des mois chauds et secs au niveau de la région de Tlemcen.

La comparaison des teneurs en protéines totales et protéines pures du cardon avec celles des différents légumes, montre que celles du cardon sont plus élevées (POKROVSKY, 1976 ; GUY, 1981). Ces valeurs qu'on a trouvées confirment les résultats des protéines du cardon de la région de Tlemcen analysé du mois de mars au moins de juin 1989 (BOUCHERIT et coll., 1996). Nos résultats montrent que la différence entre protéines totales



et protéines pures pendant l'été est négligeable, ceci implique que les quantités d'azote non protéique sont aussi négligeables et dans ce cas, on peut dire, que le cardon a une valeur alimentaire plus convenables comparée à celle du chou pommé et de l'épinard (NAGY et coll., 1978 ; BOUCHERIT et coll., 1996).

Les autres composés chimiques (cellulose, matière grasse, sucres solubles et cendres) ne varient pas pendant l'année et au cours des saisons. Lorsqu'on fait une comparaison entre les trois espèces étudiées, on ne remarque pas des variations notables, cependant seules les teneurs en sucres solubles présentent des différences entre ces trois espèces (tableaux n° 8, 9 et 10). Par contre les variations dans la composition chimique du cardon, de la mauve et du chou-pommé sont plus visibles quand on extrapole les résultats de la composition chimique de la matière fraîche sur la matière sèche (m.s.).

Les compositions chimiques du cardon, de la mauve et du chou-pommé (exprimées en % de la m.s.) sont représentées dans les tableaux n°11, 12 et 13 respectivement.

*Tableau n°11: Composition chimique du cardon exprimée en % de m.s.*

Echantillons	N°1 Juin 1993	N°2 Novembre 1993	N°3 Janvier 1994	N°4 Mai 1994	N°5 Juin 1994
Caractéristiques					
Matière sèche (Humidité)	13.59	12.98	15.81	10.72	10.79
Protéines totales	16.38	22.50	26.31	19.19	16.87
Protéines pures	09.60	19.06	23.62	17.81	16.67
Cellulose	10.11	11.21	11.20	13.64	11.98
Matière grasse	03.05	02.50	02.50	02.91	02.15
Sucres solubles totaux	15.10	13.20	14.07	14.99	14.05
Cendres	12.24	12.00	12.76	13.21	11.80
Substances extractibles non azotées	45.91	48.11	43.66	44.53	49.23

• Protéine totale = Azote totale x 6,25.

• Protéine pure = Azote protéique x 6.25

*Tableau n°12 : Composition chimique de la mauve exprimée en % de m.s.*

Echantillons	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5
Caractéristiques	Septembre 1993	Décembre 1993	Mars 1994	Avril 1994	Mai 1994
Matière sèche (Humidité)	10.13	10.28	12.34	10.36	08.17
Protéines totales	35.12	35.00	32.97	34.40	30.26
Protéines pures	24.31	24.88	25.65	29.66	22.31
Cellulose	10.15	09.75	08.90	10.12	08.97
Matière grasse	03.12	02.80	02.95	03.30	03.50
Sucres solubles totaux	07.12	07.24	07.90	06.90	08.15
Cendres	12.80	12.75	11.90	10.78	13.70
Substances extractibles non azotées	56.68	57.18	56.01	58.54	57.50

- Protéine totale = Azote totale x 6,25.
- Protéine pure = Azote protéique x 6.25

*Tableau n°13 : Composition chimique du chou-pommé exprimée en % de m.s.*

Echantillons	N°1	N°2
Caractéristiques	Novembre 1993	Janvier 1994
Matière sèche (Humidité)	13.15	10.28
Protéines totales	18.43	17.87
Protéines pures	11.66	09.25
Cellulose	09.12	09.13
Matière grasse	02.17	02.18
Sucres solubles totaux	35.20	32.70
Cendres	08.12	07.68
Substances extractibles non azotées	32.24	38.03

- Protéine totale = Azote total x 6,25.
- Protéine pure = Azote protéique x 6.25.



La tendance de la variation des taux de protéines totales et des protéines pures exercés sur la matière fraîche est aussi remarquée sur ceux exprimés sur la matière sèche. Les teneurs des protéines totales chez le cardon varient dans l'année 1993 (juin - novembre) de 16,38% à 22,50% et dans l'année 1994 (janvier - juin) de 26,31% à 16,87% . D'où comme on peut le remarquer les teneurs des protéines totales dans le cardon pendant le mois de juin sont plus basses et avec un taux de variation de 31,54% comparées à celles de l'hiver 1993 / 1994. La même remarque est observée en ce qui concerne les teneurs des protéines pures du cardon avec un taux de variation de 39,54%. La différence entre les teneurs de protéines totales et celles des protéines pures chez le cardon suit la même tendance que celle remarquée sur les valeurs exprimées sur la matière fraîche .

En ce qui concerne la cellulose, la matière grasse, les sucres solubles et la matière minérale (cendres), on constate que le cardon peut facilement trouver une place parmi les légumes très communément utilisés dans le monde comme par exemple le chou, l'épinard, la laitue, etc... (NAGY et coll., 1978 ; GUPTA et WAGLE, 1988) et sur cette base on peut conclure que le cardon est un légume très important et qui doit être exploité de façon plus intensive.

En examinant la composition chimique de la mauve (tableau n°12), on observe que la mauve est une plante très riche en protéines totales et protéines pures. D'après la classification réalisée par NAGY et collaborateurs, (1978), la mauve peut être classée dans le premier groupe des plantes qui sont riches en protéines avec un taux supérieur à 30%.

On a étudié la mauve pendant trois saisons, du mois de septembre 1993 au mois de mai 1994 (on ne peut pas la trouver au cours de l'été car c'est une plante sauvage) et on a remarqué que les teneurs en protéines totales et en protéines pures varient aussi, mais à un degré moindre que le cardon au cours de cette période, avec un taux de variation de 13,83% pour la protéine totale et 25,07% pour la protéine pure. On a remarqué aussi que chez la mauve la différence entre teneurs des protéines totales et protéines pures est plus élevée que celle constatée chez le cardon.



En ce qui concerne les autres composés chimiques de la mauve, les valeurs obtenues confirment les résultats de BOUCHERIT K. et collaborateurs (1996) et que ces résultats viennent contribuer et étoffer la bibliographie concernant l'étude des légumes algériens.

Contenu de sa teneur élevée en protéines, la mauve peut être exploitée et peut constituer une matière première pour la transformation et la préparation des produits des protéines foliaires comme les concentrats et les isolats protéiques, etc... (NAGY et coll., 1978 ; PIRIE, 1980 ; COSTES, 1981).

Au tableau n°13 est représentée la composition chimique du chou-pommé des mois de novembre 1993 et janvier 1994. On n'a pas suivi le même schéma qu'avec le cardon et la mauve à savoir travailler avec cinq échantillons, ceci pour deux raisons :

- Il existe beaucoup d'études et de travaux sur le chou dans la bibliographie
- Le chou-pommé est utilisé mondialement comme légume et dans ce contexte il peut être considéré comme une référence par sa composition chimique pour les différents légumes qui ne sont pas étudiés du point de vue composés chimiques, par exemple le cardon et la mauve.

Nos résultats affirment que du point de vue teneur en protéines, le chou-pommé est classé dans le troisième groupe des plantes ayant un taux de protéines totales inférieur à 20% selon NAGY et collaborateur (1978), et sont en accord avec les résultats d'autres auteurs (BOUSLOVITCH et DOBENSKAYA, 1986 ; MACHEV, 1987 ; GUPTA et WAGLE, 1988 ).

La différence entre teneurs en protéines totales et protéines pures est plus prononcée chez le chou-pommé et prend une valeur d'environ 50%. D'après cette propriété le chou-pommé n'est pas différent de l'épinard ou de la luzerne (BISCOFF et coll., 1972 ; POKROVSKY, 1976). Comparé au cardon et à la mauve, le chou-pommé est plus riche en azote non protéique et présente une valeur de 1,29 % alors que pour le cardon et la mauve on a des valeurs de 0,43% et 1,17% respectivement (tableau n°14, 15 et 16).

**Tableau n°14** : Teneur en matières azotées des échantillons du cardon

Echantillons	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5
	Juin 1993	Novembre 1993	Janvier 1994	Mai 1994	Juin 1994
Caractéristiques					
Azote total en % de m.s.	2.62	3.60	4.21	3.07	2.70
Protéines totales en % de m.s.	16.38	22.50	26.31	19.19	16.87
Azote Protéique en % de m.s.	1.53	3.05	3.78	2.85	2.66
Protéines pures en % de m.s.	09.60	19.06	23.62	17.81	16.67
Azote non Protéique en % de m.s.	1.09	0.55	0.43	0.22	0.04
Azote Protéique/ Azote total	0.58	0.84	0.89	0.92	0.98
Azote non Protéique/ Azote total	0.41	0.15	0.10	0.07	0.01
Protéines solubles	6.26	0.32	--	2.25	1.32

**Tableau n°15** : Teneur en matières azotées des échantillons de la mauve

Echantillons	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5
	Septembre 1993	Décembre 1993	Mars 1994	Avril 1994	Mai 1994
Caractéristiques					
Azote total en % de m.s.	5.62	5.60	5.27	5.50	4.84
Protéines totales en % de m.s.	35.12	35.00	32.97	34.40	30.26
Azote Protéique en % de m.s.	3.90	3.98	4.10	4.74	3.57
Protéines pures en % de m.s.	24.31	24.88	25.65	29.66	22.31
Azote non Protéique en % de m.s.	1.72	1.62	1.17	0.76	1.27
Azote Protéique/ Azote total	0.69	0.71	0.77	0.86	0.73
Azote non Protéique/ Azote total	0.30	0.28	0.22	0.13	0.26
Protéines solubles	2.65	2.00	4.40	6.90	3.80



*Tableau n°16 : Teneur en matière azotées des échantillons du chou-pommé*

Echantillons	N°1	N°2
Caractéristiques	Novembre 1993	Janvier 1994
Azote total en % de m.s.	2.95	2.86
Protéines totales en % de m.s.	18.43	17.87
Azote Protéique en % de m.s.	1.86	1.48
Protéines pures en % de m.s.	11.66	9.25
Azote non Protéique en % de m.s.	1.29	1.38
Azote Protéique/ Azote total	0.63	0.51
Azote non Protéique/ Azote total	0.43	0.48
Protéines solubles	--	1.52

La composition chimique du chou-pommé concernant la teneur en sucres solubles est visiblement différente de celles du cardon et de la mauve, avec un taux en sucres solubles de 40% de cardon par rapport au chou-pommé et de 22% de la mauve par rapport au chou-pommé.

On peut dire que malgré les teneurs inférieures en sucres solubles chez le cardon et la mauve par rapport au chou-pommé, leur valeur alimentaire respective est suffisante et acceptable, ceci grâce aux autres teneurs de leurs composés chimiques comparées à celles du chou-pommé, et c'est la teneur en substances extractibles non azotées qui peut nous confirmer ce qu'on vient d'affirmer et qui est d'environ 35% chez le chou-pommé, cependant chez le cardon et la mauve elle est supérieure à 45% et 56% respectivement.

✂ Enfin pour une estimation plus complète et plus précise de la valeur alimentaire de ces trois espèces de légumes, il est nécessaire d'ajouter une étude complémentaire des substances minérales et des vitamines ce qu'on espère réaliser dans l'avenir.



de chloroplastes par cellule foliaire et la quantité de protéines dans la feuille et la tige.

Il est noté dans la bibliographie que quelque soit l'origine des protéines foliaires, les profils protéinogrammes de l'électrophorèse se ressemblent par deux ou trois pics qui ont probablement la même quantité de protéine. Ceci est dû au fait que les protéines foliaires sont issues en général du même groupe de protéines à savoir les carboxylases, chromoprotéines des photosystèmes, les protéines de la chaîne de transfert d'électrons, etc... On n'a pas fait l'étude liée avec la caractérisation des différentes protéines du cardon, de la mauve et du chou-pommé mais on a les résultats qui confirment et sont voisins des protéines des différentes plantes étudiées dans la littérature (Voir électrophorégramme ; Fig. n° 3).

Fig n° 3 : Electrophorégramme des protéines du cardon, mauve et chou-pommé

Dans cet électrophorégramme on remarque que quelques protéines ont une grande quantité et se ressemblent dans les espèces étudiées. On peut noter que les protéines qui se trouvent en plus grande quantité chez le cardon et la mauve ont un poids moléculaire de 143KDa .

Les protéines que l'on a étudiées dans les trois espèces ont les mêmes propriétés que les protéines foliaires, donc cette constatation nous est valable pour dire qu'elles sont des protéines fonctionnelles, c'est-à-dire qu'elles peuvent être utilisées immédiatement dans le métabolisme. (COSTES, 1981).

Ceci souligne que les protéines foliaires en général et celles du cardon, de la mauve et du chou-pommé en particulier, se caractérisent par une valeur biologique comparable à celle des protéine animales, cependant cela sera plus visible lorsqu'on fait l'analyse des acides aminés et l'équilibre des acides animés essentiels et non essentiels.

Dans les tableaux n° 18, 19, 20, 21 et 22 sont représentés la composition des acides animés totaux du cardon (deux échantillons de l'année 1993 et trois échantillons de l'année 1994), de la mauve (deux échantillons de l'année 1993 et trois échantillons de l'année 1994) et du chou-pommé (deux échantillons l'un en décembre 1993 et l'autre en janvier 1994) exprimée en % de la matière sèche et en % de la protéine totale.

On peut remarquer chez les trois espèces étudiées qu'entre les différents échantillons de la même espèce existent des variations entre les différents acides aminés, ceci est dû aux différents âges des plantes et différentes compositions chimiques des protéines qui assurent les différentes fonctions physiologiques des plantes. On peut constater aussi que chez les trois espèces étudiées la quantité des acides aminés en général suit la quantité en protéines totales exception faite :

- Chez le cardon, les teneurs de proline et d'acide aspartique sont de 3,57% et 16,26% respectivement dans l'échantillon de janvier 1994 (protéine totale = 26,31%) et dans l'échantillon de juin de même année (protéine totale = 16,87%) les teneurs de proline et acide aspartique sont de 4,09% et 24,18% respectivement. Cette tendance est aussi remarquée pour l'arginine et l'acide glutamique.

- Chez la mauve , la teneur de proline est de 2,51% dans l'échantillon de décembre 1993 (protéine totale = 35%) et dans l'échantillons de mai 1994 (protéine totale = 30,26%) la teneur de proline est de 4,32%
- Chez le chou-pommé, la teneur de proline est de 3,30% dans l'échantillons de décembre 1993 (protéine totale = 18,43%) et cette même teneur est de 8,84% dans l'échantillon de janvier 1994 (protéine totale = 17,87%).

*Tableau n°18 : Composition en acides aminés totaux du cardon récolté l'année 1993 (en %)*

Echantillons et Caractéristiques	N°1 : Juin		N°2 : Novembre	
	% en m.s.	% en Protéine Totale	% en m.s.	% en Protéine Totale
Lysine	0.32	1.95	0.76	3.37
Histidine	0.18	1.09	0.40	1.77
Arginine	0.40	2.44	0.85	3.77
Acide aspartique	3.70	22.58	4.17	18.53
Thréonine	0.38	2.31	1.12	4.97
Sérine	0.45	2.74	1.08	4.80
Acide glutamique	1.38	8.42	1.80	8.00
Proline	0.49	2.99	0.80	3.55
Glycine	0.36	2.19	0.85	3.77
Alanine	0.58	3.54	0.68	3.02
Cystéine	0.09	0.54	0.15	0.66
Valine	0.51	3.11	0.93	4.13
Méthionine	0.18	1.09	0.18	0.80
Isolencine	0.43	2.62	0.68	3.02
Leucine	0.80	4.88	0.92	4.08
Tyrosine	0.24	1.46	0.58	2.57
Phénylalanine	0.58	3.54	1.09	4.84
Total	11.07	67.49	17.04	75.65
Protéine totale	16.38		22.50	



**Tableau n°19 : Composition en acides aminés totaux du cardon récolté  
l'année 1994 (en %)**

Echantillons et Caractéristiques	N°3 : Janvier		N°4 : Mai		N°5 : Juin	
	% en m.s.	% en Protéine Totale	% en m.s.	% en Protéine Totale	% en m.s.	% en Protéine Totale
Lysine	0.88	3.34	0.61	3.17	0.43	2.54
Histidine	0.35	1.33	0.24	1.25	0.15	0.91
Arginine	0.71	2.69	0.71	3.69	0.35	2.07
Acide aspartique	4.28	16.26	3.38	17.61	4.08	24.18
Thréonine	0.92	3.49	0.75	3.90	0.47	2.78
Sérine	1.05	3.99	0.52	2.70	0.56	3.31
Acide glutamique	2.03	7.71	1.61	8.38	1.66	9.831
Proline	0.94	3.57	0.74	3.85	0.69	4.09
Glycine	1.03	3.91	0.53	2.76	0.42	2.48
Alanine	1.10	4.18	0.62	3.23	0.59	3.49
Cystéine	0.22	0.83	0.05	0.26	0.13	0.77
Valine	0.98	3.72	0.67	3.49	0.61	3.61
Méthionine	0.28	1.06	0.14	0.72	0.12	0.71
Isolencine	0.96	3.64	0.46	2.39	0.43	2.54
Leucine	1.80	6.84	0.91	4.74	0.71	4.20
Tyrosine	0.60	2.28	0.29	1.51	0.17	1.01
Phénylalanine	1.38	5.24	0.74	3.85	0.51	3.02
Total	19.51	74.08	12.97	67.50	12.08	71.54
Protéine totale	26.31		19.19		16.87	

*Tableau n°20 : Composition en acides aminés totaux de la mauve récolté l'année 1993 (en %)*

Echantillons et Caractéristiques	N°1 : Septembre		N°2 : Décembre	
	% en m.s.	% en Protéine Totale	% en m.s.	% en Protéine Totale
Lysine	1.70	4.84	1.50	4.28
Histidine	0.80	2.27	0.58	1.65
Arginine	1.60	4.55	1.60	4.57
Acide aspartique	3.50	9.96	3.50	10.00
Thréonine	1.28	3.64	1.05	3.00
Sérine	1.40	3.98	1.32	3.77
Acide glutamique	10.20	29.04	8.30	23.71
Proline	1.15	3.27	0.88	2.51
Glycine	1.40	3.98	1.40	4.00
Alanine	2.00	5.69	1.70	4.85
Cystéine	0.19	0.54	0.17	0.48
Valine	1.50	4.27	1.38	3.94
Méthionine	0.36	1.02	0.35	1.00
Isolencine	1.28	3.64	1.15	3.28
Leucine	2.30	6.54	2.05	5.85
Tyrosine	0.95	2.70	0.69	1.97
Phénylalanine	1.32	3.75	1.21	3.45
Total	32.93	93.68	28.83	82.31
Protéine totale	35.12		35.00	

*Tableau n°21 : Composition en acides aminés totaux de la mauve récolté l'année 1994 (en %)*

Echantillons et Caractéristiques	N°3 : Mars		N°4 : Avril		N°5 : Mai	
	% en m.s.	% en Protéine Totale	% en m.s.	% en Protéine Totale	% en m.s.	% en Protéine Totale
Lysine	1.65	5.00	1.60	4.65	1.05	3.46
Histidine	0.58	1.75	0.60	1.74	0.41	1.35
Arginine	1.40	4.24	1.54	4.47	0.98	3.23
Acide aspartique	3.40	10.31	3.14	9.12	2.06	6.80
Thréonine	1.35	4.09	1.15	3.34	0.91	3.01
Sérine	1.21	3.67	1.26	3.66	0.80	2.64
Acide glutamique	7.90	23.96	2.85	8.28	2.55	8.42
Proline	1.10	3.33	0.99	2.87	1.31	4.32
Glycine	1.70	5.15	1.36	3.95	0.88	2.90
Alanine	2.00	6.06	1.69	4.91	1.17	3.86
Cystéine	0.14	0.42	0.17	0.49	0.06	0.19
Valine	1.35	4.09	1.33	3.86	1.09	3.60
Méthionine	0.20	0.60	0.28	0.81	0.32	1.05
Isolencine	1.20	3.63	1.13	3.28	0.80	2.64
Leucine	1.85	5.61	1.99	5.78	1.67	5.51
Tyrosine	0.90	2.72	0.73	2.12	0.64	2.11
Phénylalanine	1.40	4.24	1.25	3.63	1.06	3.50
Total	29.33	88.87	23.06	66.96	17.76	58.59
Protéine totale	32.97		34.40		30.26	



*Tableau n°22 : Composition en acides aminés totaux du chou-pommé (en %)*

Echantillons et Caractéristiques	N°1 : Décembre 93		N°2 : Janvier 94	
	% en m.s.	% en Protéine Totale	% en m.s.	% en Protéine Totale
Lysine	0.42	2.27	0.37	2.07
Histidine	0.30	1.62	0.37	2.07
Arginine	0.92	4.99	0.89	4.98
Acide aspartique	1.42	7.70	1.09	6.10
Thréonine	0.40	2.17	0.38	2.12
Sérine	0.56	3.03	0.40	2.23
Acide glutamique	3.04	16.49	2.48	13.87
Proline	0.61	3.30	1.58	8.84
Glycine	0.50	2.71	0.38	2.12
Alanine	0.76	4.12	0.55	3.07
Cystéine	0.08	0.43	0.07	0.39
Valine	0.64	3.47	0.55	3.07
Méthionine	0.13	0.70	0.13	0.72
Isolencine	0.55	2.98	0.38	2.12
Leucine	0.62	3.36	0.58	3.24
Tyrosine	0.29	1.57	0.26	1.45
Phénylalanine	0.31	1.68	0.38	2.12
Total	11.55	62.59	10.84	60.58
Protéine totale	18.43		17.87	

D'autres observations peuvent être notées, comme par exemple chez le cardon les teneurs en acide aspartique et glutamique sont en proportions élevées suivies de celles de leucine, alanine et phénylalanine, par contre les teneurs en cystéine, méthionine et histidine sont en proportions faibles. La mauve est riche en acide aspartique, acide glutamique, leucine, lysine, alanine et arginine, et pauvre en cystéine, méthionine et histidine. Les taux en acide aspartique, acide glutamique, arginine, alanine et proline sont

élevés chez le chou-pommé mais ceux de cystéine, tyrosine, et méthionine sont faibles .

On peut conclure que ces trois plantes étudiées ne diffèrent pas en général du point de vue composition des acides aminés totaux et aussi ne sont pas différents des autres plantes étudiées par d'autres auteurs (NAGY et coll., 1978 ; PIRIE, 1980 ; GUPTA et WAGLE, 1988 ). Cette similitude des acides aminés dans les différentes plantes s'explique que, d'une part, dans les plantes se trouvent de grandes quantités de protéines fonctionnelles qui se ressemblent entre elles et d'autre part, les enzymes spécifiques dans les plantes sont présents en faibles quantités et donc influencent peu la composition chimique des acides aminés. On peut aussi ajouter que cette similitude des acides aminés est due à l'utilisation de la même méthode pour la détermination des acides aminés (analyseur automatique).

Malgré la précision de cette analyse, il est nécessaire de mentionner qu'on n'obtient pas les valeurs de l'ensemble des acides aminés puisque le tryptophane et cystéine plus cystine sont respectivement, complètement et partiellement détruits pendant l'hydrolyse acide .

On veut analyser afin de trouver les variations entre les différents acides aminés dans les espèces étudiées, pour cela on va étudier les quantités d'acides aminés réparties d'après les groupes chimiques .

Dans les tableaux n°23, 24, 25, 26 et 27 sont représentées les teneurs par groupes chimiques des acides aminés chez le cardon, la mauve et le chou-pommé.

Le groupe le plus présent dans les trois plantes étudiées est celui des acides dicarboniques (acide aspartique et acide glutamique), ce qui explique le rôle de ces deux acides aminés dans le métabolisme de la cellule végétale (rôle dans les différents processus lié avec la biosynthèse des différents acides aminés ; transport et stockage de l'ammoniaque ; liaison avec l'acide  $\alpha$ -cétoglutarate, l'oxaloacétate et donc avec le cycle de KREBS ; etc...).



*Tableau n°23 : Teneur par groupe chimique des acides aminés du carbon récolté l'année 1993 (en %)*

Echantillons et Caractéristiques	N°1 : Juin		N°2 : Novembre	
	% en m.s.	% en Protéine Totale	% en m.s.	% en Protéine Totale
<b>Mono-amino carboniques :</b>				
Glycine	0.36	2.19	0.85	3.77
Alanine	0.58	3.54	0.68	3.02
Valine	0.51	3.11	0.93	4.13
Total	1.45	8.84	2.46	10.92
<b>Acides dicarboniques :</b>				
Acide aspartique	3.70	22.58	4.17	18.53
Acide glutamique	1.38	8.42	1.80	8.00
Total	5.08	31.00	5.97	26.53
<b>Acides aminés soufrés :</b>				
Cystéine	0.09	0.54	0.15	0.66
Méthionine	0.18	1.09	0.18	0.80
Total	0.27	1.63	0.33	1.46
<b>Acides aminés basiques :</b>				
Lysine	0.32	1.95	0.76	3.37
Histidine	0.18	1.09	0.40	1.77
Arginine	0.40	2.44	0.85	3.77
Total	0.90	5.48	2.01	8.91
<b>Acides aminés hydroxylés:</b>				
Sérine	0.45	2.74	1.08	4.80
Thréonine	0.38	2.31	1.12	4.97
Total	0.83	5.05	2.20	9.77
<b>Acides aminés leuciniques</b>				
Leucine	0.80	4.88	0.92	4.08
Isoleucine	0.43	2.62	0.68	3.02
Total	1.23	7.50	1.60	7.10
<b>Acides aminés aromatiques</b>				
Phénylalanine	0.58	3.54	1.09	4.84
Tyrosine	0.24	1.46	0.58	2.57
Proline	0.49	2.99	0.80	3.55
Total	1.31	7.99	2.47	10.96



*Tableau n°24 : Teneur par groupe chimique des acides aminés du cardon récolté l'année 1994 (en %)*

Echantillons caractéristiques	et	N°3 Janvier		N°4 Mai		N°5 Juin	
		% en m.s.	% en Protéine Totale	% en m.s.	% en Protéine Totale	% en m.s.	% en Protéine Totale
<b>Acides Aminés</b>							
Mono-amino carboniques		1.03	3.91	0.53	2.76	0.42	2.48
Glycine		1.10	4.18	0.62	3.23	0.59	3.49
Alanine		0.98	3.72	0.67	3.49	0.61	3.61
Valine							
Total		3.11	11.81	1.82	9.48	1.62	9.58
<b>Acides dicarboniques</b>							
:Ac. Aspartique		4.28	16.26	3.38	17.61	4.08	24.18
Ac. Glutamique		2.03	7.71	1.61	8.38	1.66	9.83
Total		6.31	23.97	4.99	25.99	5.74	34.01
<b>Acides aminés soufrés</b>							
Cystéine		0.22	0.83	0.05	0.26	0.13	0.77
Méthionine		0.28	1.06	0.14	0.72	0.12	0.71
Total		0.50	1.89	0.19	0.98	0.25	1.48
<b>Acides aminés basiques</b>							
Lysine		0.88	3.34	0.61	3.17	0.43	2.54
Histidine		0.35	1.33	0.24	1.25	0.15	0.91
Arginine		0.71	2.69	0.71	3.69	0.35	2.07
Total		1.94	7.36	1.56	8.11	0.93	5.52
<b>Acides aminés hydroxylés:</b>							
Sérine		1.05	3.99	0.52	2.70	0.56	3.31
Thréonine		0.92	3.49	0.75	3.90	0.47	2.78
total		1.97	7.48	1.27	6.60	1.03	6.09
<b>Acides aminés leuciniques:</b>							
Leucine		1.80	6.84	0.91	4.74	0.71	4.20
Isoleucine		0.96	3.64	0.46	2.39	0.43	2.54
Total		2.76	10.48	1.37	7.13	1.14	6.74
<b>Acides aminés aromatiques</b>							
Phénylalanine		1.38	5.24	0.74	3.85	0.51	3.02
Tyrosine		0.60	2.28	0.29	1.51	0.17	1.01
Proline		0.94	3.57	0.74	3.85	0.69	4.09
Total		2.92	11.09	1.77	9.21	1.37	8.04

*Tableau n°25 : Teneur par groupe chimique des acides aminés de la mauve récolté l'année 1993 (en %)*

Echantillons et Caractéristiques	N°1 : Septembre		N°2 : Décembre	
	% en m.s.	% en Protéine Totale	% en m.s.	% en Protéine Totale
<b>Mono-amino carboniques :</b>				
Glycine	1.40	3.98	1.40	4.00
Alanine	2.00	5.69	1.70	4.85
Valine	1.50	4.27	1.38	3.94
Total	4.90	13.94	4.48	12.79
<b>Acides dicarboniques :</b>				
Acide aspartique	3.50	9.96	3.50	10.00
Acide glutamique	10.20	29.04	8.30	23.71
Total	13.70	39.00	11.80	33.71
<b>Acides aminés soufrés :</b>				
Cystéine	0.19	0.54	0.17	0.48
Méthionine	0.36	1.02	0.35	1.00
Total	0.55	1.56	0.52	1.48
<b>Acides aminés basiques :</b>				
Lysine	1.70	4.84	1.50	4.28
Histidine	0.80	2.27	0.58	1.65
Arginine	1.60	4.55	1.60	4.57
Total	4.10	11.66	3.68	10.50
<b>Acides aminés hydroxylés :</b>				
Sérine	1.40	3.98	1.32	3.77
Thréonine	1.28	3.64	1.05	3.00
Total	2.68	7.62	2.37	6.77
<b>Acides aminés leuciniques :</b>				
Leucine	2.30	6.54	2.05	5.85
Isoleucine	1.28	3.64	1.15	3.28
Total	3.58	10.18	3.20	9.13
<b>Acides aminés aromatiques :</b>				
Phénylalanine	1.32	3.75	1.21	3.45
Tyrosine	0.95	2.70	0.69	1.97
Proline	1.15	3.27	0.88	2.51
Total	3.42	9.72	2.78	7.93



*Tableau n°26 : Teneur par groupe chimique des acides aminés de la mauve récolté l'année 1994 (en %)*

Echantillons	N°3 Mars		N°4 Avril		N°5 Mai	
	% en m.s.	% en Protéine Totale	% en m.s.	% en Protéine Totale	% en m.s.	% en Protéine Totale
<b>Mono-amino carboniques</b>						
Glycine	1.70	5.15	1.36	3.95	0.88	2.90
Alanine	2.00	6.06	1.69	4.91	1.17	3.86
Valine	1.35	4.09	1.33	3.86	1.09	3.60
Total	5.05	15.30	4.38	12.72	3.14	10.36
<b>Acides dicarboniques</b>						
Ac. Aspartique	3.40	10.31	3.14	9.12	2.06	6.80
Ac. Glutamique	7.90	23.96	2.85	8.28	2.55	8.42
Total	11.30	34.27	5.99	17.40	4.61	15.22
<b>Acides aminés soufrés</b>						
Cystéine	0.14	0.42	0.17	0.49	0.06	0.19
Méthionine	0.20	0.60	0.28	0.81	0.32	1.05
Total	0.34	1.02	0.45	1.30	0.38	1.24
<b>Acides aminés basiques</b>						
Lysine	0.58	1.75	0.60	1.74	0.41	1.35
Histidine	1.40	4.24	1.54	4.47	0.98	3.23
Arginine						
Total	3.63	10.99	3.74	10.86	2.44	8.04
<b>Acides aminés hydroxylés</b>						
Sérine	1.21	3.67	1.26	3.66	0.80	2.64
Thréonine	1.35	4.09	1.15	3.34	0.91	3.01
total	2.56	7.76	2.41	7.00	1.71	5.65
<b>Acides aminés leucinique</b>						
Leucine	1.85	5.61	1.99	5.78	1.67	5.51
Isoleucine	1.20	3.63	1.13	3.28	0.80	2.64
Total	3.05	9.24	3.12	9.06	2.47	8.15
<b>Acides aminés aromatiques</b>						
Phénylalanine	1.40	4.24	1.25	3.63	1.06	3.50
Tyrosine	0.90	2.72	0.73	2.12	0.64	2.11
Proline	1.10	3.33	0.99	2.87	1.31	4.32
Total	3.40	10.29	2.97	8.62	3.01	9.93



*Tableau n°27 : Teneur par groupe chimique des acides aminés du chou-pommé (en %)*

Echantillons et Caractéristiques	N°1 : Décembre 1993		N°2 : Janvier 1994	
	% en m.s.	% en Protéine Totale	% en m.s.	% en Protéine Totale
<b>Acides Aminés</b>				
<b>Mono-amino carboniques :</b>				
Glycine	0.50	2.71	0.38	2.12
Alanine	0.76	4.12	0.55	3.07
Valine	0.64	3.47	0.55	3.07
Total	1.90	10.30	1.48	8.26
<b>Acides dicarboniques :</b>				
Acide aspartique	1.42	7.70	1.09	6.10
Acide glutamique	3.04	16.49	2.48	13.87
Total	4.46	24.19	3.57	19.97
<b>Acides aminés soufrés :</b>				
Cystéine	0.08	0.43	0.07	0.39
Méthionine	0.13	0.70	0.13	0.72
Total	0.21	1.13	0.20	1.11
<b>Acides aminés basiques :</b>				
Lysine	0.42	2.27	0.37	2.07
Histidine	0.30	1.62	0.37	2.07
Arginine	0.92	4.99	0.89	4.98
Total	1.64	8.88	1.63	9.12
<b>Acides aminés hydroxylés:</b>				
Sérine	0.56	3.03	0.40	2.23
Thréonine	0.40	2.17	0.38	2.12
Total	0.96	5.20	0.78	4.35
<b>Acides aminés leuciniques:</b>				
Leucine	0.62	3.36	0.58	3.24
Isoleucine	0.55	2.98	0.38	2.12
Total	1.17	6.34	0.96	5.36
<b>Acides aminés aromatiques</b>				
Phénylalanine	0.31	1.68	0.38	2.12
Tyrosine	0.29	1.57	0.26	1.45
Proline	0.61	3.30	1.58	8.84
Total	1.21	6.55	2.22	12.41

On peut remarquer aussi que d'une part les trois espèces étudiées sont pauvres en acides aminés soufrés (cystéine et méthionine), et que d'autre part, il y a une relation intéressante entre les groupes d'acides aminés basiques et acides dicarboniques entre le cardon et la mauve seulement car ils sont étudiés plus longuement dans le temps par rapport au chou-pommé ; la mauve est riche en acides dicarboniques (40%) comparée au cardon qui a une teneur d'environ 31%, mais pendant la saison sèche cette tendance change et c'est le cardon qui a une teneur d'acides dicarboniques plus élevée (34%) que celle de la mauve (15%). En ce qui concerne le groupe d'acides aminés basiques, pendant toute la période d'étude sa teneur dans la mauve reste plus élevée que celle dans le cardon (Fig. n°4).

Il nous est difficile de discuter toutes ces observations et ces variations des quantités d'acides dicarboniques et d'acides aminés basiques car on n'a pas trouvé l'étude des acides aminés sur ces plantes dans les bibliographies algérienne et étrangère, une étude adaptée pour la confirmation de cette conclusion serait nécessaire.

Pour la précision de la valeur biologique des légumes étudiés, on s'est intéressé à la quantité et à la variation des acides aminés essentiels. Dans les tableaux n°28, 29, 30, 31 et 32 sont illustrés les données de la composition des acides aminés essentiels dans le cardon, la mauve et le chou-pommé.

On constate que sur l'ensemble des échantillons des trois espèces étudiées l'acide aminé limitant (chemical score) calculé selon MITCHELL et BLOCK est la méthionine. La valeur totale des acides aminés essentiels varie chez le cardon de 19,50% à 27,33%, chez la mauve de 22,77% à 32,87% et chez le chou-pommé de 15,46% à 16,63%. Le deuxième acide aminé essentiel qui a une teneur faible après la méthionine chez les trois plantes étudiées est en général l'isoleucine. Les teneurs d'acides aminés essentiels élevés sont phénylalanine et thréonine chez le cardon ; thréonine, leucine et lysine chez la mauve ; thréonine et valine chez le chou-pommé. On remarque aussi que la valeur biologique des protéines des trois espèces étudiées exprimée en indice d'acides aminés essentiels (E.A.A. index) d'après OSER varie de 38 à 53 chez le cardon, de 45,34 à 54 chez la mauve et elle est entre 31 et 32 chez le chou-pommé.



Teneur des acides dicarboniques et des acides aminés basiques (en % de Protéines brutes)

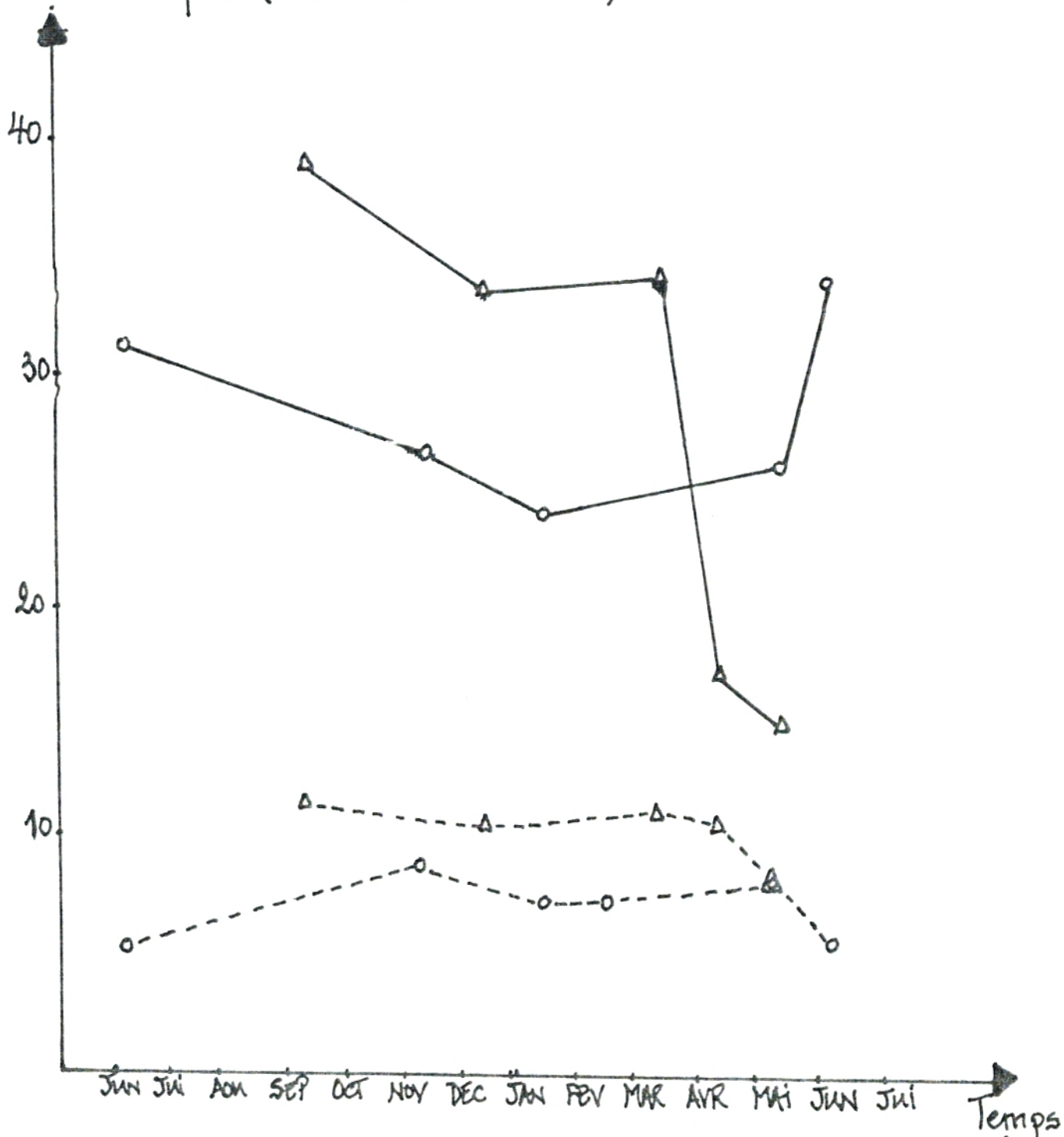


Figure n° 4 : Teneur des acides dicarboniques (-) et des acides aminés basiques (--) en fonction du temps, du carbon (o) et de la mauve (Δ)



*Tableau n°28 : Composition des acides aminés essentiels du carbon de l'année 1993 comparée à celle de l'œuf (en %)*

Echantillons et Caractéristiques	% d'acides aminés dans la protéine de l'œuf (1)	N°1 : Juin		N°2 : Novembre	
		% d'acides aminés dans la protéine étudiée totale (2)	(2) par rapport à (1)	% d'acides aminés dans la protéine étudiée totale (3)	(3) par rapport à (1)
Leucine	9.2	4.88	53.04	4.08	44.34
Isoleucine	8.0	2.62	32.75	3.02	37.75
Lysine	7.2	1.95	27.08	3.37	46.80
Méthionine	4.1	1.09	26.58	0.80	19.51
Phénylalanine	6.3	3.54	56.19	4.84	76.82
Thréonine	4.9	2.31	47.14	4.97	100
Valine	7.3	3.11	42.60	4.13	56.57
Total	47.00	19.50	-	25.21	-
Facteur limitant		Méthio -nine	26.56	Méthio -nine	19.51
F. A. A. index			38.97		48.70

**Tableau n°29 :** Composition des acides aminés essentiels du carbon de l'année 1994 comparée à celle de l'œuf (en %)

Echantillons et Caractéristiques	% d'acides aminés dans la protéine de l'œuf (1)	N°3 : Janvier		N°4 : Mai		N°5 : Juin	
		% d'acides aminés dans la protéine étudiée totale (2)	(2) par rapport à (1)	% d'acides aminés dans la protéine étudiée totale (3)	(3) par rapport à (1)	% d'acides aminés dans la protéine étudiée totale (4)	(4) par rapport à (1)
Leucine	9.2	6.84	74.34	4.74	51.52	4.20	45.65
Isoleucine	8.0	3.64	45.50	2.39	29.87	2.54	13.75
Lysine	7.2	3.34	46.38	3.17	44.02	2.54	35.27
Méthionine	4.1	1.06	25.85	0.72	17.56	0.71	17.31
Phénylalanine	6.3	5.24	83.17	3.85	61.11	3.02	47.93
Thréonine	4.9	3.49	71.22	3.90	79.59	2.78	56.73
Valine	7.3	3.72	50.95	3.49	47.80	3.61	49.45
Total	47.00	27.33	-	22.26	-	19.40	-
Facteur limitant		Méthio- nine	25.85	Méthio- nine	17.56	Méthio- nine	17.31
E.A.A. index			53.06		42.88		38.03

*Tableau n°30 : Composition des acides aminés essentiels de la mauve de l'année 1993 comparée à celle de l'œuf (en %)*

Echantillons et Caractéristiques	% d'acides aminés dans la protéine de l'œuf (1)	N°1 : Septembre		N°2 : Décembre	
		% d'acides aminés dans la protéine étudiée totale (2)	(2) par rapport à (1)	% d'acides aminés dans la protéine étudiée totale (3)	(3) par rapport à (1)
Leucine	9.2	6.54	71.08	5.85	63.58
Isoleucine	8.0	3.64	45.50	3.28	41.00
Lysine	7.2	4.84	67.22	4.28	53.50
Méthionine	4.1	1.02	24.87	1.00	24.39
Phénylalanine	6.3	3.75	59.52	3.45	54.76
Thréonine	4.9	3.64	74.28	3.00	61.22
Valine	7.3	4.27	58.49	3.94	53.97
Total	47.00	27.70	-	24.80	-
Facteur limitant		Méthionine	24.87	Méthionine	24.39
E.A.A. index			53.97		48.07



*Tableau n°31 : Composition des acides aminés essentiels de la mauve de l'année 1994 comparée à celle de l'œuf (en %)*

Echantillons et Caractéristiques	% d'acides aminés dans la protéine de l'œuf (1)	N°3 : Mars		N°4 : Avril		N°5 : Mai	
		% d'acides aminés dans la protéine étudiée totale (2)	(2) par rapport à (1)	% d'acides aminés dans la protéine étudiée totale (3)	(3) par rapport à (1)	% d'acides aminés dans la protéine étudiée totale (4)	(4) par rapport à (1)
Leucine	9.2	5.61	60.97	5.78	62.82	5.51	59.89
Isoleucine	8.0	3.63	45.37	3.28	41.00	2.64	33.00
Lysine	7.2	5.00	69.44	4.65	64.58	3.46	48.05
Méthionine	4.1	0.60	14.63	0.81	19.75	1.05	25.60
Phénylalanine	6.3	4.24	67.30	3.63	57.61	3.50	55.55
Thréonine	4.9	4.09	83.46	3.34	68.16	3.01	61.42
Valine	7.3	4.09	56.02	3.86	52.87	3.60	49.31
Total	47.00	32.87	-	25.35	-	22.77	-
Facteur limitant		Méthionine	14.63	Méthionine	19.75	Méthionine	95.60
E.A.A. index			50.68		48.84		45.34

*Tableau n°32 : Composition des acides aminés essentiels du chou-pommé comparée à celle de l'œuf (en %)*

Echantillons et Caractéristiques	% d'acides aminés dans la protéine de l'œuf (1)	N°1 : Décembre 1993		N°2 : Janvier 1994	
		% d'acides aminés dans la protéine étudiée totale (2)	(2) par rapport à (1)	% d'acides aminés dans la protéine étudiée totale (3)	(3) par rapport à (1)
Leucine	9.2	3.36	36.52	3.24	35.21
Isoleucine	8.0	2.98	37.25	2.12	26.50
Lysine	7.2	2.27	31.52	2.07	28.75
Méthionine	4.1	0.70	17.07	0.72	17.56
Phénylalanine	6.3	1.68	26.66	2.12	33.65
Thréonine	4.9	2.17	44.28	2.12	43.26
Valine	7.3	3.47	47.53	3.07	42.05
Total	47.00	16.63	-	15.46	-
Facteur limitant	-	Méthionine	17.07	Méthionine	17.56
E.A.A. index	-	-	32.69	-	31.01

Le facteur limitant du cardon, de la mauve et du chou-pommé est le même (méthionine) que celui trouvé dans les différentes plantes étudiées dans la bibliographie telles que soja, blé, gland des chênes, noyaux de dattes, caroube, résidu après extraction des huiles essentielles d'Artémisia, etc... (BOUCHERIT et coll., 1989 ; TALEB-BENDIAB et coll., 1989 ; BENMANSOUR et coll., 1990 ; TALEB-BENDIAB et coll., 1991).

On peut conclure que les trois plantes étudiées se caractérisent par des valeurs biologiques différentes exprimées sur indice d'acide aminés essentiels, la mauve détient la valeur biologique la plus élevée suivie de celle du cardon alors que le chou-pommé a la valeur la plus faible. On peut ajouter aussi que les valeurs biologiques des protéines du cardon, de la mauve sont suffisamment élevées pendant la saison humide et sont égales, aux valeurs biologiques des protéines de farine de l'orge, soja, blé, etc... (SANDEV, 1979 ; BOUCHERIT et coll., 1989 ; TALEB-BENDIAB et coll.,



1989 ; BENMANSOUR et coll., 1990 ; TALEB-BENDIAB et coll., 1991 ; etc.).

Pour une étude plus approfondie, il existe aujourd'hui différents critères pour préciser la qualité des protéines de différentes origines, comme l'hydrophobicité, la polarité, etc... (DINEV et coll., 1995). On a comparé l'hydrophobicité des protéines du carдон, mauve et chou-pommé (Tableau n°33, 34 et 35) et on a trouvé que l'hydrophobicité varie dans les échantillons du carдон de 0,30 à 0,51, dans ceux de la mauve de 0,34 à 0,58 et dans ceux du chou-pommé de 0,35 à 0,52.

*Tableau n°33 : Taux d'hydrophobicité des protéines du carдон*

Echantillons et	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5
Caractéristique	Juin 1993	Novembre 1993	Janvier 1994	Mai 1994	Juin 1994
Hydrophobicité (HPS)	0.38	0.41	0.51	0.41	0.30

*Tableau n°34 : Taux d'hydrophobicité des protéines de la mauve*

Echantillons et	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5
Caractéristique	Septembre 1993	Décembre 1993	Mars 1994	Avril 1994	Mai 1994
Hydrophobicité (HPS)	0.34	0.34	0.34	0.47	0.58

*Tableau n°35 : Taux d'hydrophobicité des protéines du chou-pommé*

Echantillons et	N°1	N°2
Caractéristique	Décembre 1993	Janvier 1994
Hydrophobicité (HPS)	0.35	0.52



D'après DINEV (1995) qui a étudié 16 sortes de Triticeae spécifiques pour les pays des balkans, leur hydrophobicité varie de 0,27 à 0,37, ceci explique que les protéines du point de vue configuration et rôle des acides aminés non polaire est stable. Cependant d'après ces résultats obtenus, les protéines des espèces étudiées sont moins stables que celles des plantes étudiées en littérature.

On remarque aussi que l'hydrophobicité varie non seulement entre deux espèces mais aussi entre les échantillons de la même espèce. On constate de plus que l'échantillon n°3 du cardon qui se caractérise par la valeur d'hydrophobicité la plus élevée est le même qui possède la valeur la plus élevée d'indice d'acides aminés essentiels, ce qui nous permet de proposer l'hypothèse qu'il y a une relation entre indice d'acides aminés essentiels et hydrophobicité ce qui implique la possibilité de valoriser la valeur biologique des protéines par ces deux propriétés (indice), mais pour cela est nécessaire l'étude d'une espèce avec différents stades de végétation (âges) et comparaison avec les différentes autres espèces du point de vue indice d'acides aminés essentiels et hydrophobicité.

### *3- Substance antinutritionnelle et Valeur de l'inhibiteur trypsique*

Les valeurs biologiques des protéines seules ne peuvent pas caractériser les qualités des protéines car on sait que les différentes substances appelées substances antinutritionnelles influencent l'utilisation et la qualité des substances nutritionnelles respectives chez l'homme et l'animal.

On a remarqué que dans la littérature, il existe différentes substances antinutritionnelles dans les plantes comme dérivés des pigments chlorophylliens, alcaloïdes, glucosides, saponines, polyphénols, inhibiteurs des proteases ou plus précisément inhibiteur trypsique, etc... (COSTES, 1981). Cet inhibiteur des proteases existe non seulement dans les feuilles des plantes mais également dans les graines de légumineuses et de céréales. Depuis longtemps et jusqu'à présent le problème de l'inhibiteur trypsique de soja prend une large place dans les études des substances antinutritionnelles (FROKIAER et coll., 1994 ; RAMASARMA et coll., 1994 ; VIDAL-

VALVERDE et coll., 1994 ; HAJOS et GELENCSEK, 1995 ; VAINTRAUB et YATTARA, 1995). Voilà pourquoi on s'est intéressé pour déterminer l'activité et les propriétés de l'inhibiteur trypsique dans le cardon, la mauve et le chou-pommé ; à part le chou-pommé, les deux autres espèces ne sont jusqu'ici par étudiées de ce point de vue .

L'activité de l'inhibiteur trypsique dans le cardon (tableau n°36) varie de 1,15 à 1,75 exprimée sur mg de protéine et de 0,22 à 0,39 quand elle est exprimée sur mg de m.s., et donc on peut dire que le cardon est pauvre en inhibiteur trypsique.

*Tableau n°36 : Activité de l'inhibiteur trypsique dans le cardon*

Echantillons	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5
Activité inhibiteur trypsique	Juin 1993	Novembre 1993	Janvier 1994	Mai 1994	Juin 1994
TUI/mg de protéine	1.50	1.75	1.28	1.15	1.48
TUI/mg de m.s.	0.24	0.39	0.33	0.22	0.24

La présence de l'inhibiteur trypsique dans la matière première d'obtention des protéines foliaires ou dans les différents produits de transformation des plantes est très importante. On sait que les inhibiteurs des protéases peuvent se trouver dans les farines de soja, les feuilles de luzerne, les feuilles de trèfle et farine de luzerne déshydratée (RAMIREZ et MITCHELL, 1960).

L'inhibiteur trypsique a un effet sur le métabolisme globale comme par exemple la réduction de la croissance, augmentation de l'activité sécrétrice du pancréas, augmentation de la perte des acides aminés soufrés, etc... Pour cela sa valorisation est très importante et de ce fait le cardon comme légume utilisable dans la cuisine algérienne est sans danger et doit être très recommandé dans les différents régimes alimentaires.

D'après la bibliographie l'inhibiteur trypsique dans la luzerne se dégrade lentement sous l'action de la chaleur, c'est à dire qu'il n'est pas thermo-précipitable. Pour cette raison, en ce qui concerne le cardon il n'est pas nécessaire d'utiliser les traitements thermiques qui entraînent une perte



d'énergie pendant la transformation de la matière première pour obtenir les protéines foliaires.

Parfois dans la matière première, bien qu'il n'existe pas d'inhibiteur trypsique, on peut trouver après le stockage de cette matière première et sa transformation en différents produits, des teneurs d'inhibiteur trypsique ; ceci est dû à la méthode ou à la technologie utilisée. D'après BEKER. (1984) la teneur d'inhibiteur trypsique dans le coagulum de trèfle augmente de 170 U/mg de protéine par rapport à la matière première.

D'après la bibliographie, les feuilles de luzerne et de pomme de terre sont plus riches en inhibiteur trypsique que les tiges (HSIN-YI-CHANG et coll., 1978). Dans ce contexte on peut dire que les teneurs d'inhibiteur trypsique du cardon sont localisées dans la tige qui est la partie utilisée par l'homme et sont inférieures à celles de la mauve où les feuilles sont la partie comestible.

L'activité de l'inhibiteur trypsique dans la mauve (tableau n°37) varie de 2,80 à 3,52 exercée sur mg de protéine et de 0,97 à 1,21 quand elle est exprimée sur mg de m.s., alors que celle du chou pommé (tableau n°38) varie de 2,4 à 2,6 exercée sur mg de protéine et de 0,42 à 0,51 exprimée sur mg de m.s.

*Tableau n°37 : Activité de l'inhibiteur trypsique dans la mauve*

Echantillons	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5
Activité inhibiteur trypsique	Septembre 1993	Décembre 1993	Mars 1994	Avril 1994	Mai 1994
TUI/mg de protéine	3.20	2.80	2.95	3.52	3.30
TUI/mg de m.s.	1.12	0.98	0.97	1.21	0.99

*Tableau n°38 : Activité de l'inhibiteur trypsique dans le chou-pommé*

Echantillons	N°1	N°2
Activité inhibiteur trypsique	Décembre 1993	Janvier 1994
TUI/mg de protéine	2.80	2.40
TUI/mg de m.s.	0.51	0.42



Bien que la mauve soit plus riche en inhibiteur trypsique comparée avec les deux autres plantes étudiées, celui-ci reste plus bas comparée avec les différentes espèces étudiées dans la littérature (CARLSSON, 1984 ; GUPTA et WAGLE, 1988).

MIKOLA (1980) rapporte dans une étude qu'on peut voir l'inhibiteur des protéases dans les différentes semences pendant la germination. L'étude de ces protéases montre qu'il y a différentes protéases avec différents poids moléculaires et qu'elles sont riches en acides aminés soufrés (PAYNE, 1986). Dans le passé, on a suggéré que la fonction physiologique des ces inhibiteurs et de protéger les graines de l'action des protéases pendant la dormance de la semence. Cependant, récemment des recherches montrent que l'inhibiteur trypsique n'a pas une action sur l'activité des protéases endogènes pendant la germination. Actuellement la meilleure hypothèse est que le rôle physiologique de l'inhibiteur trypsique est moins important que son rôle écologique et protection des semences ou des feuilles des insectes, herbivores, micro-organismes (MIKOLA, 1980 ; ROSS et DETLING, 1983 ; BROWN et RYAN, 1984 ; KRAEMER et coll., 1987 ). L'activité des inhibiteurs trypsiques trouvée dans les différentes plantes augmente après une invasion d'insectes ou d'herbivores. Cette augmentation a été remarquée chez la pomme de terre, la tomate, les légumineuses (GREEN et RYAN, 1972 ; RYAN, 1974 ; WALKER-SIMMONS et RYAN, 1977 ). KRAEMER et collaborateurs (1987) ont trouvé que lorsqu'il y a une invasion d'insectes sur les plants de soja il y a augmentation d'activité de l'inhibiteur trypsique et que celle-ci est liée au degré d'invasion (plus l'invasion est grande plus l'activité de l'inhibiteur trypsique augmente). Par contre ROSS et DETLING (1983) ont remarqué une faible augmentation d'activité de l'inhibiteur trypsique dans les feuilles de quelques plantes d'amérique. Donc de ce point de vue le rôle écologique de l'inhibiteur trypsique reste discutable et n'est pas suffisamment éclairci dans la bibliographie.

Actuellement on étudie les propriétés du l'inhibiteur trypsique comme le poids moléculaire, la séquence des acides aminés, la conformation des molécules, etc...

Il est clair aujourd'hui que l'inhibiteur de soja, de légumineuses ont différents poids moléculaire et d'après cette propriété ils sont classés en deux types :

- Kunits Soyabean Trypsin Inhibitor (KSTI)
- Bowman-Birk Inhibitor (BBI). (TAN-WILSON et WILSON, 1986 ; BRANDON et BATES, 1988)

Dans ces études, les auteurs utilisent le plus souvent les méthodes d'électrophorèses SDS-PAGE, HPLC pour la séparation et l'immunoaffinité chromatographie pour la purification. Puisque dans la littérature, il n'y a pas beaucoup d'études sur la caractérisation de l'inhibiteur trypsique dans les plantes, on a effectué une analyse d'électrophorèse SDS-PAGE pour identifier la nature protéique de l'inhibiteur trypsique de la mauve, cardon et chou-pommé, et on a comparé leurs poids moléculaires avec différents marqueurs.

A la figure n°4 est présenté un électrophorégramme des extraits de cardon, de mauve et de chou-pommé et différents marqueurs avec différents poids moléculaires. On peut voir les bandes des différentes protéines du cardon sont moins foncées que celles de la mauve, les taches (bandes) qui sont en plus grande quantité se caractérisent avec le même point isoélectrique .

On a utilisé pour le chou-pommé dans l'électrophorèse des échantillons séchés; ils se présentent avec différentes bandes de protéines qu'on ne peut les différenciées comme celles de la mauve et du cardon .

On n'a pas réussi à identifier les bandes des protéines avec un poids moléculaire inférieur à 65KDa et qui d'après la bibliographie peut être présent l'inhibiteur trypsique équivalant à ceux de l'inhibiteur de Kunitz et de Bowman-Birk dans le soja (TAN-WILSON et WILSON, 1986 ; BRANDON et BATES, 1988).

On pense qu'on a utilisé une quantité d'échantillon insuffisante pour la détermination plus précise de l'existence de l'inhibiteur trypsique. Une étude plus approfondie concernant l'utilisation de l'électrophorèse avec gel acrylamide de concentration inférieure à 12% pour la protéine de poids moléculaire plus bas serait nécessaire. Ainsi que l'utilisation des extraits frais et plus concentrés des plantes avec l'espoir d'identifier éventuellement l'inhibiteur trypsique dans ces espèces étudiées .

## *Conclusion Générale*



### *Conclusion générale*

Pendant un cycle végétal (1993-1994), on a étudié trois légumes importants dans l'alimentation du consommateur algérien, ce sont le cardon, la mauve et le chou-pommé, du point de vue de leur valeur alimentaire, la valeur biologique de leurs protéine et l'activité et nature de l'inhibiteur trypsique comme facteur antinutritionnel .

Cette étude est un travail complémentaire et un prolongement, des travaux du groupe de biochimie de l'Institut de Biologie de Tlemcen (TALEB-BENDIAB et coll., 1989 et 1991 ; DJAZIRI et coll., 1994 ; BOUCHERIT et coll., 1996 ; etc. ).

Ces trois espèces sont caractérisées par une haute teneur en protéines, en sucres solubles, en matière grasse, en cendres (riches en éléments minéraux), etc... Ceux-ci les rendent des légumes convenables avec des valeurs alimentaires suffisamment élevées .

Le chou-pommé présente des teneurs en sucres solubles plus élevées (35%) par rapport à celles du cardon (15%) et de la mauve (8%), mais dans l'ensemble lorsque la composition chimique est basée sur la valeur des substances extractibles non azotées, la mauve et le cardon ont de loin les valeurs les plus élevées à savoir 57% et 46% ( $p < 0,01$ ) respectivement.

Cependant la valeur alimentaire du cardon et de la mauve jusqu'à présent non étudiée (pas de publication sur la composition chimique dans la bibliographie algérienne et mondiale) est influencée par les taux en protéines et plus exactement en protéines pures. Les taux en protéines brutes et protéines pures sont élevées chez la mauve 35% et 29% ( $p < 0,01$ ) respectivement et chez le cardon 26% et 23% ( $p < 0,01$ ) respectivement, c'est-à-dire plus élevées que celles de plusieurs plantes utilisées comme légumes directement ou pour la préparation des protéines foliaires (NAGY et coll., 1978; GUPTA et WAGLE, 1988). La valeur biologique des protéines des légumes est basée sur la différence entre les teneurs des protéines brutes et celle des protéines pures, or chez le cardon cette différence est très petite ce qui est remarquable chez ce légume.

La valeur biologique de protéines de ces trois légumes est étudiée et présentée pour la première fois avec en plus les valeurs de la balance des acides aminés essentiels et non essentiels (acide aminé limitant, indice d'acides aminés essentiels) et les propriétés des protéines foliaires comme par exemple l'hydrophobicité (HPS).

Pour les trois espèces on a trouvé que la méthionine est le facteur limitant alors que l'indice des acides aminés essentiels est de 54% pour la mauve, 53% pour le cardon et 32% pour le chou-pommé ( $p < 0,01$ ), en ce qui concerne l'hydrophobicité des protéines de la mauve, du cardon et du chou-pommé, on a obtenu 0,47, 0,41 et 0,42 ( $p < 0,01$ ) respectivement. On constate que les teneurs élevées d'acides aminés essentiels chez le cardon sont celles de thréonine et phénylalanine, chez la mauve sont celles de thréonine, leucine et lysine et chez le chou-pommé sont celles de thréonine et valine, par contre l'isoleucine est la teneur la plus faible après la méthionine chez les trois espèces.

Concernant les teneurs des acides aminés totaux, on a trouvé une spécificité dans les protéines des trois plantes étudiées, à savoir :

- chez le cardon des teneurs élevées en acide aspartique (24,18%) acide glutamique (9,83%) leucine (6,84%), alanine (4,18%) et phénylalanine (5,24%) ; et des teneurs faibles en cystéine (0,26%), méthionine (0,71%) et histidine (0,91%).
- chez la mauve des teneurs élevées en acide glutamique (29,04%), acide aspartique (10,31 %), leucine (6,54%), alanine (6,05%), lysine (5%) et arginine (4,57%) ; et des teneurs faibles en cystéine (0,19%), méthionine (0,60%) et histidine (1,35%).
- chez le chou-pommé des teneurs élevées en acide aspartique (7,70%), acide glutamique (16,49%), proline (8,84%), arginine (4,99) et alanine (4,12%) ; et des teneurs faibles en cystéine (0,39%), méthionine (0,70%) et tyrosine (1,45%).

En général l'analyse des acides aminés nous donne la possibilité de calculer et de comparer les valeurs biologiques des protéines du cardon et de la mauve pendant la saison humide, et de constater que leur valeur biologique correspond à celle des différents légumes et des graines de l'orge, de soja, de blé, etc... (SANDEV, 1979 ; GUPTA et WAGLE, 1988 ;



BOUCHERIT et coll., 1989 ; TALEB-BENDIAB et coll., 1989 ; BENMANSOUR et coll., 1990, TALEB-BENDIAB et coll., 1991, etc...).

L'étude de l'activité de l'inhibiteur trypsique des trois plantes cardon, mauve et chou-pommé montre des traces de cette substance antinutritionnelle. La comparaison des trois activités de l'inhibiteur trypsique présente des quantités élevées dans la mauve (2,3 TUI/mg de protéine) suivit du chou-pommé (2,5 TUI/mg de protéine) et enfin le cardon (1,40 TUI/mg de protéine) ( $p < 0,01$ ).

En comparant ces résultats avec les différentes études en bibliographie, on constate que les trois espèces sont pauvres en inhibiteur trypsique (CARLSSON, 1984 ; GUPTA et WAGLE, 1988 ; etc...).

L'étude de la nature des inhibiteurs trypsiniques du cardon, mauve et chou-pommé par les méthodes électrophorétiques montre que cet inhibiteur se caractérise par un poids moléculaire inférieur à 10000.

Enfin on peut conclure et dire que la valeur biologique des protéines des trois légumes varie suivant le stade de végétation ou l'âge, l'espèce végétale, et les facteurs écologiques (sol, climat, etc...). Pour cela sont nécessaires en perspective des études approfondies du point de vue obtention d'une plus grande quantité de biomasse soit pour l'utilisation directe soit pour la transformation en différents produits des protéines foliaires.

En ce qui concerne les variations des acides aminés dans la protéine des trois espèces, elles sont influencées par les facteurs écologiques et donc sont nécessaires aussi des études dans des conditions contrôlées, c'est à dire une étude comparative des espèces sur le même sol, même climat, etc..., puis comparaison de leurs différents composés chimiques avec ceux de la plantule qui elle n'est pas influencée par les facteurs écologiques.

Pour préciser la valeur alimentaire des deux espèces (cardon et mauve) étudiées en Algérie, il est nécessaire de faire des études approfondies sur leur composition chimique comme par exemple les vitamines, la composition minérale des cendres. Les études effectuées jusque là, sur la caractérisation des substances antinutritionnelles ne sont pas suffisantes et donc sont nécessaires des études liées à la caractérisation, l'activité et la nature des facteurs antinutritionnels .



## *Références Bibliographiques*

---

*Références Bibliographiques*

- ◇ *AMBE K. S., SOHONIE K.*, 1956. Trypsin inhibitor in plant metabolism. *Experientia*. 12, 302-303.
- ◇ *ANTHELME B., BENALI S., IORDACHE C.*, 1975. Contribution à l'étude des légumes secs cultivés en Algérie. Rapport Juin 1975. Annales de l'I.N.A. El Harrach.
- ◇ *ANTHELME B., BENALI S., IORDACHE C.*, 1978. Contribution à l'étude des protéines des légumes secs cultivés en Algérie. Deuxième partie : Production d'isolats protéiques à partir des légumes secs. Annales de l'I.N.A. El Harrach. Vol. n°1.
- ◇ *AUDIGIE Cl.*, 1980. Manipulation d'analyse biochimique. p, 1-3.
- ◇ *AUDIGIE Cl., DUPONT G.*. 1982. Principes des méthodes d'analyses biochimiques. P, 4-7.
- ◇ *AZOUT B., ANTHELME B., BENALI S.*, 1978. Technologie des légumes secs et valeur nutritionnelle des produits traités. Annales de l'I.N.A. El Harrach. Vol. n°3.
- ◇ *ANONYME*, 1977. Plantes et climat méditerranéens. p, 27-32.
- ◇ *BEKER C.*, 1984. Transformation des produits de photosynthèse. Riga. p, 148.
- ◇ *BENMANSOUR A., TALEB-BENDIAB S.A., MACHEV N., VASSILEV G.N.*, 1990. Studies on the chemical composition of artemisia (*Artemisia herba alba*). Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences. 43 (8) : 65 - 67.
- ◇ *BESANCON P.*, 1978. La valeur nutritionnelle des légumes secs et des protéines de légumineuse. *Rev. Fran. Diet.* 22 (5) : 84 - 86.
- ◇ *BIRK Y., GERTLER A. L., KHALEF S.*, 1963. A pure trypsin inhibitor from soybeans. *Biochem. J.* 87 - 281.
- ◇ *BIRK Y.*, 1976. Proteinase inhibitors from plant sources. *Meth. Enzymo* 45, 695-739.
- ◇ *BISCKOFF E. M., KOHLER G. O., SMITH D.*, 1972. In : Alfalfa science and technology. HANSON C.H., Ed. 247 - 282.

- ◇ *BODWELL C. E.*, 1977. Problems in the development and application of rapid methods of assessing protein quality. *Food Technology*. 31(6): 73-77.
- ◇ *BOUCHERIT K., MACHEV N., VASSILEV G.N.*, 1989. Investigation of the chemical composition of the fruit of *Caratonia silqua* L. (Caroubie). *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences*. 42 (3) : 89 - 92.
- ◇ *BOUCHERIT K., BOUCHERIT Z., MACHEV N., VASSILEV G.N.*, 1996. Etude sur la protéine foliaire de quelques plantes de la région de Tlemcen. *Bulgarian J. of Physiol and Biochem*.
- ◇ *BOUSLOVITCH C. U., DOUBENSKAYA M. M.*, 1986. Constituants chimiques et qualité du produit alimentaire. Minsk.
- ◇ *BRADSTREET R. B.*, 1965. The Kjeldahl method for organic nitrogen. In *Inhibitory effect of oak leaf tannins on the hydrolysis of proteins by trypsin*. FEENY P.P., Ed., *Phytochemistry*. 8, 2119 - 2126.
- ◇ *BRANDON D. L., BATES A. H.*, 1988. Définition of functional and antibody-binding sites on Kunitz soybean trypsin inhibitor isoforms using monoclonal antibodies. *J. Agric. Food Chem.* 36, 1336 - 1341.
- ◇ *BROADWAY R. M.*, 1989. Tryptic inhibitory activity in wild and cultivated crucifers. *Phytochemistry*. 28 (3) : 755 - 758.
- ◇ *BROADWAY R.M., MISSURELLI D.B.*, 1990. Regulatory mechanisms of tryptic inhibitory activity in cabbage plants. *Phytochemistry*. 29 (2) : 3721 - 3725.
- ◇ *BROWN W. E., RYAN C. A.*, 1984. Isolation and caractérisation of a wound-induced trypsin inhibitor from alfalfa leaves. *Biochemistry*. 23, 3418 - 3422.
- ◇ *BROWN P.*, 1992. AIDS - The challenge of the future. *New Sci.* 54, 1-4.
- ◇ *CARLSSON R.*, 1984. Nutritive value of leaf protein concentrates from tropical legumes and from leaves of forest trees. *Nutr. Rep. Intern.* 30 (1) : 87 - 94.
- ◇ *CHARPENTIER B.A., LEMMEL D. E.*, 1984. A rapid automated procedure for the determination of trypsin inhibitor activity in soy products and common foodstuffs. *J. Agric Food Chem.* 32, 908 - 911.



- ◇ CHAVAN J. K., HEJGAARD J., 1981. Detection and partial characterisation of subtilisin inhibitor in legume seeds by isoelectrique focusing J. of Biological Chemistry. 226 (1) : 497.
- ◇ COSTES CL., 1981. Protéines foliaires et alimentation. Bioch. Appliquée dirigée par COSTES CL., Paris.
- ◇ DAVIES K.R., 1981. Effect of processing on composition and tetrahymena relative nutritive value on green and yellow peas, lentils and white pea beans. Cereal Chem. 58, 454 - 460.
- ◇ DELORT - LAVAL J., 1981. Les facteurs antinutritionnels. In : Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires. Sciences et Techniques Agro-alimentaire. 4, 365 - 380.
- ◇ DINEV V., STANISLAVOVA L., STANCHEVA I., 1995. Seed protein content and amino acid composition in species of tribe Triticeae. Bulgarian J. of Agric. Sci. 1, 95 - 99
- ◇ DJAZIRI R., BOUCHERIT K., MACHEV N., VASSILEV G.N., 1994. Preparing protein concentrates from plant leaves and stems to assess their biological value. Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences. 1, 100 - 106.
- ◇ ERLANGER B.F., KOWOSKY N., COHEN W., 1961. The preparation and properties of two new chromogenic substrates of trypsin. Arch. Biochem. Biophys. 98, 271.
- ◇ FROKLAER H., HORLYCK L., SORENSEN S., SORENSEN H., 1994. Immunoaffinity chromatography purification and characterisation of pea trypsin inhibitors. J. Sci. Food Agric. 66, 61 - 69.
- ◇ GALL O., 1982. Electrophoresis in the separation of biological macromolecules. John Wiley and Sons. Chichester. New York.
- ◇ GASTINEAU I., 1981. La préparation industrielle de la protéine verte de luzerne. In : Protéines foliaires et alimentation. COSTES CL., Ed., Gauthiers - Villars, Paris. 159 - 182
- ◇ GREEN T. R., RYAN C. A., 1972. Wound-induced proteinase inhibitor in plant leaves : a possible defense mechanism against insects. Sci. 175, 773 - 777.
- ◇ GREEN T. R., RYAN C. A., 1973. Wound-induced proteinase inhibitor in tomato leaves. Some effects of light and temperature on the wound reponse. Plant physiol. 51, 19 - 21.

- ◇ *GREUTER W., BURDET H.M., LONG G.*, 1989. Med - Checklist. Tome 3 et 4 : Dicotyledones. Edition Conservatoire et Jardin botaniques, Genève. 71-239
- ◇ *GUBB A. S.*, 1913. La flore algérienne naturelle et acquise. JOURDAN A., Ed., Alger, 275
- ◇ *GUPTA K., WAGLE D.S.*, 1988. Nutritional and antinutritional factors of green leafy vegetables. J. Agric. Food Chem. 36, 472 - 474.
- ◇ *GUY P.*, 1981. La sélection végétale et la production agronomique de protéines foliaires. In : Protéines foliaires et alimentation. COSTES CL., Ed., Gauthier - Villars, Paris. 121 - 147.
- ◇ *HAJOS G., GELENCSEK E.*, 1995. Biological effects and survival of trypsin inhibitors and the agglutinin from soybean in the small intestine of the rat. J. Agric. Food Chem. 43, 165 - 170.
- ◇ *HAMERSTRAND G. E., BLACK L. T., GLOVER J. D.*, 1981. Trypsin inhibitors in soy products : modification of the standard analytic procedure. Cereal Chem. 58 (1) : 42 - 45.
- ◇ *HAMIDOUCHE*, 1982. Situation et évolution des légumes secs. In : Influence des traitements technologiques sur l'activité in-vitro et in-vivo des facteurs anti nutritionnels de trois légumineuses. MANSOURI M., thèse de Magister Science Agronomique et Alimentaires.
- ◇ *HENERBERG P., STOMA A.*, 1979. Méthodes chimiques pour l'analyse de fourrage, Sofia. p, 75.
- ◇ *HSIN - Y - CH., REECK J. R., MITCHELL H.L.*, 1978. J. Agric. Food Chem. 26, 1463 - 1464. In : Protéines foliaires et alimentation. COSTES CL., Ed., Gauthier - Villars, Paris.
- ◇ *HUMPHRIES C.*, 1980. Trypsin inhibitors in leaf protein concentrate. J. Sci. Food. Agric. 31, 1225 - 1230.
- ◇ *KAKADE M. L., SIMONS N., LIENER I.E.*, 1969. An evaluation of natural vs synthetic substrates for measuring the antitryptic activity of soybean samples. Cereal Chem. 46, 518 - 526.
- ◇ *KAKADE M. L., RACKIS J. J., Mc GHEE J.E., PUSKI G.*, 1974. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products : A collaborative analysis of an improved procedure. Cereal Chem. 51, 367 - 382.



- ◇ *KAKADE M.L., THOMPSON R.D. ENGELST W.E. BEHRNS G.C., YODER R.D., CRANE F.M.*, 1976. Failure of soybean trypsin inhibitor to exert deleterious effects in calves . J. Dairy Sci. 59, 1484 .
- ◇ *KOLEV M.*, 1976 La culture maraichère en Algérie. Tome II, légumes feuilles. I.D.C.M.
- ◇ *KOSSA A.*, 1975 . Valeur alimentaires des féveroles. Mémoire de D.E.A., INRA. Dijon.
- ◇ *KRAEMER M.E, RANGAPPA M., CRADE W., BENEPAL P.S.*, 1987. Induction of trypsin inhibitors in soybean leaves by mexican bean béele (Coleoptera : Coccinellidae) defoliation. J. Econ. Entomol. 80, 237 - 241.
- ◇ *KROGDAHL A., HOLM H.*, 1981. Soybeans proteinase inhibitors and human protéolytique enzymes : Selective inactivation of inhibitors by treatment with human gastric juice. J. Nutr. 111, 2045.
- ◇ *KUNITZ M.*, 1945. Crystallization of a soybean trypsin inhibitor from soybean. Sci. 101, 668 - 669.
- ◇ *KUNITZ M.*, 1947 a. Crystalline soybean trypsin inhibitor. II. Général properties J. Gen. Physiol. 30, 291 - 310.
- ◇ *LAEMMLI U. K.*, 1970. Cleavage of structural protein during the assembly of the head of bactériophage. Nature. 227 - 680.
- ◇ *LASKOWSKI M.*, 1966. In : Influence des traitements technologiques sur l'activité in-vitro et in-vivo des facteurs antinutritionnels de trois légumineuses. MANSOURI M., thèse de Magister Science Agronomique et Alimentaire.
- ◇ *LAUMONNIER R.*, 1978. Cultures légumières et maraichères. Tome II, Légumes feuilles.
- ◇ *LAUMONT P.*, 1960 Notes sur l'amélioration de la lentille en Algérie. Annales de l'Ecole Nationale d'Agriculture Alger.
- ◇ *LEHNHARDT W. F., DILLS H. G.*, 1982. A. E. Staley manufacturing Co., personal communication. In : Arapid automated procedure for the determination of trypsin inhibitor activity in soy products and common foodstuffs. CHARPENTIER B.A., LEMMEL D.E., Eds., J. Agric. Food Chem. 32, 908-911.
- ◇ *LIENER I.E., JAFFE W.G.*, 1969. In : Influence des traitements technologiques sur l'activité in-vitro et in-vivo des facteurs



- antinutritionnels de trois légumineuses. MANSOURI M., thèse de Magister Science Agronomique et Alimentaire.
- ◇ LIENER I. E., 1979. The nutritional significance of plant protéase inhibitors. Proc. Nutr. Soc. 38, 159 - 169.
- ◇ LIENER I. E., 1980. Toxic constituents of plant foodstuffs. Academic Press. New York
- ◇ LOWRY H.O., ROSEBROUGH N.Y., FARR A.L., RANDALL R.J., 1951. Protein measurement with the folin phenolreagent. In : Trypsin inhibitors in leaf protein concentrate. HUMPHRIES C., Ed., J. Sci. Food Agric. 31, 1225 - 1230.
- ◇ MACHEV N., 1987. Biochimie des plantes. 2<sup>ème</sup> Edition, Zemistadt, Sofia.
- ◇ MACHEV N., IVANOVA K., POPOV N., MIHAJLOV P., 1989. Manuel de travaux pratiques de Biochimie Végétale. Zémistadt, Sofia.
- ◇ MAIRE R., 1965. Flore de l'afrique du nord. Editions LE CHEVALIER P., Paris. 12, 160.
- ◇ MANSOURI M., 1983. Influence des traitements technologiques sur l'activité in-vitro et in-vivo des facteurs antinutritionnels de trois légumineuses. Thèse de Magister Science Agronomique et Alimentaire. I.N.A. El-Harrach.
- ◇ MENEGATTI E., PALMIERI S., WALDE P., LUISI P.L., 1985. Isolation and characterisation of a trypsin inhibitor from white mustard (*Sinapis alba* L.). J. Agric. Food Chem. 33, 784 - 789.
- ◇ MIKOLA J., 1980. In : Toxic constituents of plant food stuffs. LIENER I.E., Ed., Academic Press, New York.
- ◇ MITCHELL H. H., BLOCK R. J., 1946. Some relationships between the amino-acids contents of proteins and their nutritive value for the rat J. Biol. Chem. 163, 599.
- ◇ MITJAVILA M. T., 1986. Substances naturelles nocives des aliments. Toxicologie et sécurité des aliments. Tech et Doc., Edition APRIA, Paris.
- ◇ MONTIES B., 1981. Les antinutritionnels des protéines foliaires. In : Protéines foliaires et alimentation. COSTES CL., Ed., Gauthier Villars, Paris. 93 - 120.

- ◇ *NAGY S., TELEK L., HALL N.T., BERRY R. E.*, 1978. Potential food uses for protein from tropical and subtropical plant leaves. *J. Agric. Food Chem.* 26 (5) : 1016 - 1028.
- ◇ *OSER B. L.*, 1951. Method for integrating essential amino-acid content in the nutritional evaluation of protein. *J. Amer. Diet. Assoc.* 27, 396
- ◇ *OZENDA P.*, 1983. Flore du sahara. Edition C.N.R.S., Paris. 250-326-416.
- ◇ *PAYNE P. I.*, 1986. Breeding for protein quality and protein quantity in seed crops. In : Genetic approach to plant biochemistry. BLONSTEIN A. D., KING P. J., Eds., Spring Verlag. Vienne, New York.
- ◇ *PIRIE N. W.*, 1980. Leaf protein and other aspects of fodder fractionation. London.
- ◇ *POKROVSKY A. A.*, 1976. Composition chimique des produits alimentaires. Moscou.
- ◇ *PORATH J., BELEW P.*, 1975. The trypsin and chymotrypsin inhibitors in chick pea (*Cicer arietinum*). *Eu. J. Biochem.* 60, 247 - 258
- ◇ *PRIDHAM J.B.*, 1963. Enzyme chemistry of phenolic compounds. Mc Millan, New York.
- ◇ *QUEZEL P., SANTA S.*, 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome I et II. Edition C.N.R.S., Paris, 1170.
- ◇ *RACKIS J. J.*, 1965. Physiological properties of soybean trypsin inhibitors and their relationship to pancreatic hypertrophy and growth of rats. *Fed. Proceed.* 24, 1488 - 1493.
- ◇ *RACKIS J. J.*, 1974. Biological and physiological factors in soybeans. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 51, 164 A.
- ◇ *RAMASRMA P. R., RAJAGOPAL R. D.*, 1991. Nature of the tryptic/chymotryptic inhibitor from horsegram (*Dolichos biflorus*). *Ind. J. Biochem. Biophys.* 28, 418 - 424.
- ◇ *RAMASRMA P. R., APPU RAO A. G., RAJAGOPAL R.D.*, 1994. Kinetic and structural studies on the interaction of proteinase inhibitor from *Dolichos biflorus* (Horse gram). *J. Agric. Food Chem.* 42, 2139 - 2146.
- ◇ *RAMIREZ J. S., MITCHELL H. L.*, 1960. The trypsin inhibitor of alfalfa. *J. Agric. Food Chem.* 8, 393 - 395.



- ◇ ROSENTHAL G.A., JANZEN D. H., 1979. Herbivores : their interaction with secondary plant métabolites. Academic Press, New York.
- ◇ ROSS C. W., DETLING J. K., 1983. Investigation of trypsin inhibitors in leaves of four north american prairie grasses. J. Chem. Ecology. 9 (2) : 247 - 257.
- ◇ RYAN C. A., 1973. Proteolytic enzymes and their inhibitors in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. 24, 173 - 196.
- ◇ RYAN C. A., 1974. Assay and biochemical properties of the proteinases inhibitor inducing factor, a wound hormone. Plant Physiol. 54, 328 - 332.
- ◇ SANDEV S., 1979. Analyses chimiques des fourrages. Zemistadt. Sofia.
- ◇ SATTERLEE L. D., MARSHALL H. F., TENNYSON J. M., 1979. Measuring protein quality. J. Am. Oil Chem. Soc. 56 (3) : 103 - 109
- ◇ SAVANGIKA C., OHSHIMA M., 1987. Application of in-vitro methods to assess the nutritive value of leaf protein concentration. J. Agric. Food Chem. 35, 82 - 85.
- ◇ STEFFENS R., FOX F. R., KASSELL B., 1978. Effect of trypsin inhibitors on growth and metamorphosis of corn borer larvae *Ostrinia nubilalis* (Hübner). J. Agric. Food Chem. 28 (1) : 170 - 174.
- ◇ STRUTHERS B. J., Mac DONALD J. R., DAHLGREN R. R., HOPKINS D. T., 1982. Effects on the monkey, pig and rat pancreas of soy products with varying levels of trypsin inhibitor and comparaison with the administration of cholecystokinin. J. Agric. Food Chem. 35, 971 -973.
- ◇ TALEB-BENDIAB S. A., MACHEV N., VASSILEV G. N., 1989. Studies into the chemical composition of the acorns of various species of mediterranean oak (quercus). Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences : 42 (4) : 99-102.
- ◇ TALEB-BENDIAB S. A., BENMAHDI M., MACHEV N., VASSILEV G. N., 1991. Atribute to the study of the chemical composition of the acorn of différent species of quercus spread in Algeria. Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences 44 (3) : 85 - 88
- ◇ TAN N. - H., RAHIM Z. Hj. A. KHOR H. T., WONG K. C., 1983. Winged bean (*Psophocarpus tétragonolobus*) tannin level, phytate content and hemagglutinating activity. J. Agric. Food Chem. 31, 916 - 917.
- ◇ TAN-WILSON A. L., WILSON K. A., 1986. Relevance in experimental medecine and biology. In : Nutritional and toxicological significance of



- enzyme inhibitors in foods. FRIEDMAN M., Ed., Plenum Press, New York. 391 - 411.
- ◇ *TAN-WILSON A. L., CHEN J. C., DUGGAN M. C., CHAPMAN C., OBACH R. S., WILSON K. A.*, 1987. Soybean Bowman-Birk trypsin iso-inhibitors : classification and report of glycine - rich trypsin inhibitor class. *J. Agric. Food Chem.* 35, 974 - 981.
- ◇ *TRABUT L.*, 1935. Flore du Nord de l'Afrique. Répertoire des noms indigènes des plantes spontanées, cultivées et utilisées dans le Nord de l'Afrique. « LATYPO-LITHO » et CARBONEL J., Eds., Alger, 355.
- ◇ *TOME D., VALDEBOUZE P., KREMPF M.*, 1985. Les principales actions des composés indésirables associés aux protéines végétales. Tech et Doc., Edition APRIA, Paris.
- ◇ *VAINTRAUB I.A., YATTARA H. B.*, 1995. Protéolysis of Kunitz soybean trypsin inhibitor. Influence on its activity. *J. Agric. Food Chem.* 43, 862 - 866.
- ◇ *VIDAL-VALVERDE C., FRAIS J., ESTRELLA I., GOROSPE M. J., RUIZ R., BACON J.*, 1994. Effect of processing on some antinutritional factors of lentils. *J. Agric Food Chem.* 42, 2291 - 2295.
- ◇ *VIROBEN G., BERTRAND D.*, 1985. La valeur nutritionnelle des matières protéiques végétales. In : Protéines végétales. GODON B., Ed., APRIA, Paris.
- ◇ *WALKER SIMMONS M., RYAN C.A.*, 1977. Wound-induced accumulation of trypsin inhibitor activities in plant leaves survey of several plant genera. *Plant Physiol.* 59, 437 - 439.
- ◇ *ZELTER S. Z.*, 1971. Traitement thermique et qualité des protéines du soja. I. Proportion du problème et introduction à une étude expérimentale. *Ann. Zootech.* 20, 11 - 16.