

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université Mentouri Constantine  
Faculté des Sciences  
Département des sciences de la nature et de la vie

N° d'ordre ..  
N° de série ..



### *Thèse*

Présentée pour l'obtention de diplôme de  
*magister*

Option : Les bases biologiques de la production végétale.

### Thème

Effets d'une contrainte abiotique (Stress hydrique)  
sur la plante et les composants de  
La graine de *Vicia faba L. (Leguminosae)*

Par : M<sup>me</sup> Bounouar Née Bousba Ratiba

Devant le jury :

Président : Mr M. BENLARIBI ..... Prof. U. Constantine  
Promoteur : Mr R. MERGHEM..... M.C. U. Constantine  
Examineurs : Mr A. BENGUEDOUAR ...M.C U. Constantine  
Mr A. AGLI.....M.C U. Constantine

Année universitaire 2000 / 2001

## *\* Remerciements \**

Je tiens à remercier vivement Monsieur MERGHEM. R, maître de conférences à l'université de Constantine qui est à l'origine du sujet de thèse, pour son suivi permanent, ses conseils, ses orientations et son aide inlassable qui m'ont permis de réaliser ce travail.

Mes vifs remerciements vont à Monsieur BENLARIBI. M, professeur à l'université de Constantine pour le suivi de la partie agromorphologique et qui m'a fait l'honneur de présider le jury de thèse.

Je remercie infiniment Monsieur BENGUEDOUAR. A, maître de conférences à l'université de Constantine, d'être membre de jury.

Mes remerciements vont également à Monsieur AGLI. A, maître de conférences à l'université de Constantine pour avoir examiné mon travail.

Mes remerciements vont à Monsieur KAAOUANI de la station expérimentale de Guelma pour son aide précieuse.

Je remercie vivement mes chères amies shahrazed , amina , saliha et soulef , mes collègues et tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire de Biochimie Micromoléculaire et Phytochimie et entre dans le cadre d'un programme de recherche F25010796 intitulé « Contribution à l'amélioration de la production et de l'utilisation des légumineuses d'intérêt économique en Algérie ».

## Sommaire

Introduction.....	1
<b>Partie I : Données bibliographiques.....</b>	<b>4</b>
<b>Chapitre I : les légumineuses à graines.....</b>	<b>4</b>
1- Valeur alimentaire.....	4
2- <i>Vicia faba</i> (la fève).....	4
2-1- la plante.....	4
2-2- principales caractéristiques.....	7
2-3- aspects cytogénétique.....	7
3- composition de la graine.....	9
3-1 Les facteur nutritionnels.....	11
3-2 les facteurs antinutritionnels.....	11
a- les facteurs antinutritionnels de nature protéique .....	11
b- les facteurs antinutritionnels de nature phénolique.....	13
<b>Chapitre II : les tannins ou proanthocyanidines.....</b>	<b>15</b>
1- Définition.....	15
2- Caractéristiques des tannins.....	15
2-1- Tannins hydrolysables.....	15
2-2- Tannins condensés .....	15
2-3- Effet positif des tannins.....	16
2-4- Effet négatif des tannins.....	17
2-5- Propriétés des tannins.....	17
2-6- Localisations des tannins dans divers tissus végétaux.....	18
3- Structure des proanthocyanidines naturelles.....	18
3-1 les oligomeres.....	20
3-2 les polymères.....	20
4- Biosynthèse des tannins.....	23
4-1 Formation du noyau aromatique.....	23
<b>Chapitre III : Stress hydrique.....</b>	<b>25</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>25</b>
<b>1-Définition du déficit hydrique .....</b>	<b>26</b>
<b>2-Adaptation des plantes au déficit hydrique.....</b>	<b>26</b>
2-1 Mécanismes phénologiques .....	26
2-2 Mécanismes morphophysiologiques.....	27
2-3 Mécanismes biochimiques.....	30
1-Définition de l'accumulation .....	30
2-Accumulation de la proline.....	30
3-Biosynthèse de la proline.....	35
4-Accumulation des sucres solubles .....	35
5-Les facteurs de l'environnement et accumulation des composés phénoliques.....	37
<b>Partie II : Matériels et Méthodes.....</b>	<b>39</b>

<b>1-Matériél végétal : <i>Vicia faba</i> L</b> .....	39
1-1 Origine et caractéristique des variétés étudiées.....	39
1-2 Installation de l'essai .....	39
1-3 Détermination de la capacité au champ.....	39
<b>2-Paramètres mesurés</b> .....	41
2-1 Paramètres de croissance.....	41
2-2 Evénements phénologiques.....	41
2-3 Composantes du rendement .....	41
2-4 Paramètres biochimiques.....	43
1-Dosage de la proline .....	43
2-Dosage des sucres solubles .....	43
3-Dosage des Tannins.....	44
<b>3-Méthodes d'analyse des données</b> .....	50
3-1 Analyse de la variance à deux facteurs.....	50
3-2 Analyse en composantes principales.....	50
 <b>Partie III : Résultats et Discussions</b> .....	52
<b>1-Les paramètres de croissance de <i>Vicia faba</i> L</b> .....	52
1-1 Cinétique de croissance .....	52
1-2 Hauteur de la plante.....	55
1-4 Nombre de rameaux.....	57
1-5 Surface foliaire .....	57
<b>2-Evenements phénologiques</b> .....	59
<b>3- Composantes du rendement</b> .....	62
3-1 Longueur de la gousse.....	62
3-2 Nombre de gousse par plante.....	64
3-3 Nombre de graine par gousse.....	64
3-4 Poids moyen de la graine.....	66
<b>4-Paramètres biochimiques</b> .....	69
4-1 Teneur en proline dans les feuilles.....	69
4-2 Teneur en sucres solubles dans les feuilles .....	71
4-3 Teneur en proline dans la graine.....	73
4-4 Teneur en sucres solubles dans la graine.....	74
4-5 Teneur en Tannins.....	77
 <b>Partie IV : ACP Analyse en Composantes Principales</b> .....	81
1-Analyse en composantes principales pour tous les paramètres .....	81
2-Analyse en composantes principales pour les paramètres biochimiques..	88
 Conclusions générales. ....	90
Résumé.....	92
Références bibliographiques	
Annexes	

# **Introduction**

## **Introduction**

Les légumineuses constituent un élément très important pour la nutrition des êtres vivants. Les graines de légumineuses représentent un réservoir de protéines et d'énergie, et sont appelées protéagineux. Leur consommation procure un facteur d'équilibre alimentaire car elles sont riches en protéines et pauvres en lipides.

Les légumineuses sont cultivées à travers tout le territoire national, les fèves se présentent comme la plus importante culture parmi les légumineuses à grosses graines tant au niveau de la superficie que de la production. Elles ont certes, accusées une sérieuse régression des superficies à partir de 1986, mais elles continuent d'occuper une des plus grande part des légumineuses alimentaires ( Maatougui, 1994).

Dans les pays en voie de développement, les légumineuses ( fève, lentille, pois chiche et haricot) constituent une source de protéines disponible localement, dont les frais de production sont beaucoup moins élevés que ceux visant à l'obtention de matières protéiques utilisant des techniques nouvelles : cultures de microorganismes, protéines texturées à partir de farine ou de concentrés (Guenoult, 1985 ; Mansouri, 1983).

La haute valeur nutritionnelle des légumineuses (notamment la féverole )a été démontrée par plusieurs recherches, a accéléré le remplacement des farines animales (objet de plusieurs maladies tel que la maladie de la vache folle et le poulet à la dioxine. .. ).

La culture de *Vicia faba L* est conduite en culture pluviale sauf dans les Oasis du sud ou elle y est irriguée. Cette culture est actuellement sujette à une série de contraintes d'ordre abiotique (sécheresse, gelée), biotiques (ravageurs, maladies, adventices) et socio-économiques ( Prix, mécanisation de la culture) (Zeghouane, 1989 ; Maatougui et al., 1994 ).

Notre contribution s'est fixé-les buts suivants :

- mesurer l'impact du stress hydrique sur la plante (*Vicia- faba L*) d'une manière générale ;
- déterminer le seuil de tolérance au stress hydrique de variétés étudiées ;
- connaître, l'impact du stress hydrique sur les composants de la graine de *Vicia faba L* ;

- Et enfin, et surtout voir parmi les métabolites primaires ( proline et sucres) et métabolites secondaires (poly phénols) quels sont les biomarqueurs qui se manifestent le mieux dans le processus d'adaptation à la sécheresse.

**PARTIE I : DONNEES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**



**Tableau I :** Composition en AA de quelques aliments (g/16 gd'N )

\* PION et al, (1966)

\*\* Mc CANCE et WIDDOWSON'S, (1978)

	Blé *	Fève **	Lentille **	Pois chiche**	Soja *	Œuf *
Ac.aspartique	4.8	11.2	11.5	11.68	11.7	10.5
Thréonine	2.9	3.36	4.0	3.84	4.1	5.0
Sérine	4.7	4.48	5.28	5.12	5.3	7.8
Ac.glutamique	29.2	15.04	16.64	15.84	18.8	12.6
Proline	9.8	4.0	4.32	4.16	5.2	3.7
Glycine	3.9	4.16	4.16	4.0	4.4	3.3
Alanine	3.6	4.16	4.32	4.32	4.5	5.8
Valine	4.8	4.48	4.96	4.48	5.3	7.3
Cystine	2.5	0.80	0.96	1.44	1.7	2.6
Méthionine	1.8	0.64	0.80	1.28	1.5	3.3
Isoleucine	3.8	4.0	4.32	4.48	5.0	5.6
Leucine	6.8	7.04	7.68	7.52	7.8	9.0
Tyrosine	3.1	3.2	3.2	2.88	3.8	5.0
Phénylalanine	4.7	4.32	5.28	5.76	5.1	6.2
Lysine	2.8	6.4	7.2	6.88	6.5	7.5
Histidine	2.3	2.4	2.72	2.72	2.7	2.4
Arginine	4.7	8.96	8.64	9.44	7.4	6.3
Tryptophane	1.2	0.96	0.96	0.80	1.3	1.2
Teneur en Azote N x 6.25 %MS	12.5	22.0	23.8	20.2	52	50

## **Partie I : Données bibliographiques**

### **Chapitre I : Les légumineuses à graines**

#### **1-Valeur alimentaire des légumineuses**

Les légumineuses constituent un aliment riche en protéines (Salunkhe, 1982), et sont par exemple à ce point de vue deux à trois fois plus riche que le blé. Au niveau qualitatif, leurs protéines, quoique moins bien équilibrées, ont une composition en acides aminés assez favorable. Elles sont en particulier relativement bien pourvu en lysine. Les légumes secs apportent donc l'acide aminé (lysine) qui est déficient dans les céréales ( tableau I).

Ainsi leur consommation régulière, associées aux céréales, procure de nombreux avantages car elles sont également riches en sels minéraux et vitamines du groupe B. Elles sont complémentaires dans leur composition en acide aminés et leur association permet une meilleure assimilation des protéines (Burstin J, 1994).

#### **2) Vicia faba L**

##### **2-1) La plante**

Les Légumineuses forment une grande famille. Riche de 130 genres et 12.000 espèces. Elles regroupent les plantes qui ont en commun un caractère de première importance.

Leur fruit est une gousse : C'est un fruit sec formé par un carpelle et souvent par deux valves suivant deux fentes, la gousse recevant parfois le nom de légume. Le nom de légumineuses est donné à l'ensemble des végétaux à gousse.

On y distingue trois sous-familles assez importantes :

- Papilionacés
- Cesalpiniées
- Mimosées

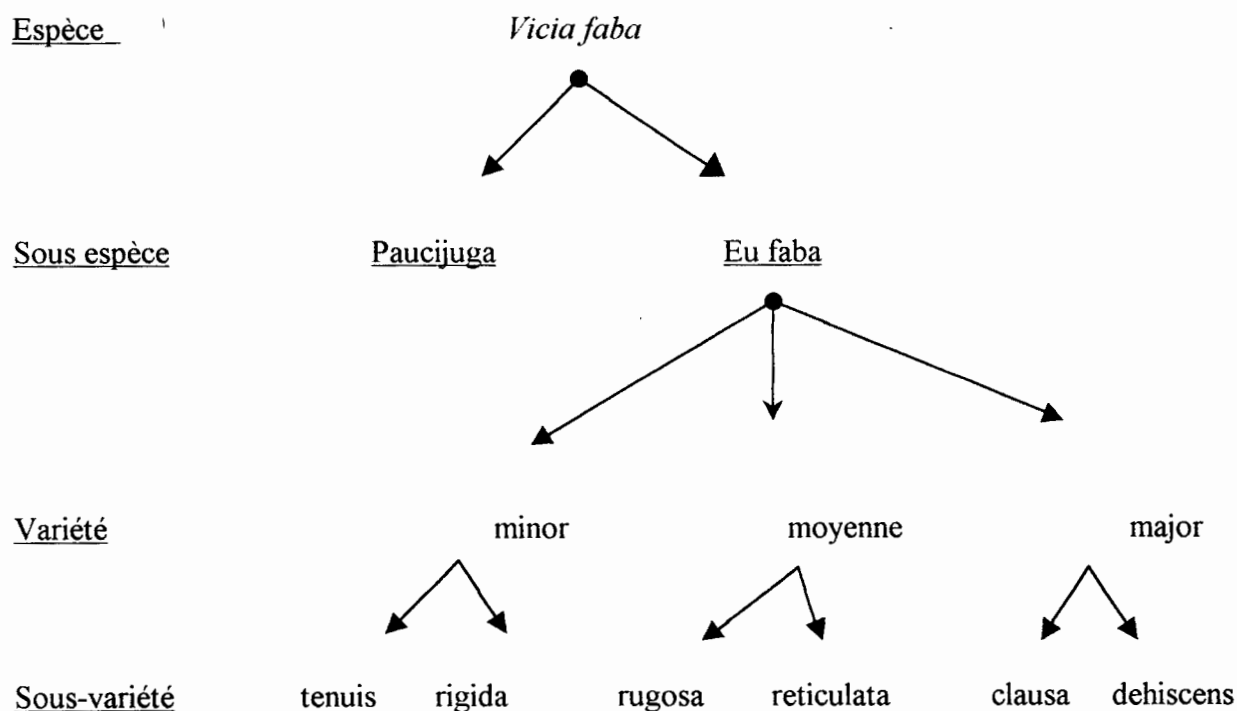
Les papilionacés sont principalement des herbacées, souvent annuelles, poussent partout dans le monde depuis les tropiques jusqu'aux régions de haute montagne et aux zones subarctiques (Aykroyd et al, 1964).

Presque toutes les légumineuses consommables par l'homme et les animaux domestiques et toutes celles qui sont cultivées pour leurs graines appartiennent à la sous -famille des Papilionacés (ou Fabacées ), appelées ainsi à cause de leurs fleurs ayant la forme de papillon.

pennées et par ses fruits en gousses. Les fèves et féveroles sont des cultivars d'une même espèce *Vicia-faba* L, (synonyme *Faba vulgaris* Moench). Originnaire du sud de la mer Caspienne et semée dans de très nombreuses contrées tempérées.

La féverole, *Vicia faba* L, est une espèce dont la classification est encore à discussion. Un consensus est cependant généralement trouvé sur la classification de Muratova (1931) qui subdivise l'espèce en deux sous espèces, paucijuga et eu-faba (voir figure1). Cette classification distingue trois variétés botaniques :

- *V. faba* minor,
- *V.faba* equina,
- *V.faba* major.



**Fig.1** : Classification de *Vicia faba* L.  
Selon Muratova (1931 ).

Dans le langage courant, *Vicia faba* major correspond à la fève potagère, essentiellement cultivée dans le bassin méditerranéen, en Amérique du sud et en Asie du sud – Est (Chine en particulier) pour la consommation humaine.

*V.faba* equina et *V.faba* minor représentent la féverole au sens large, plus répandue en Europe Occidentale et du nord plus particulièrement destinée à l'alimentation du bétail. On trouve parfois l'utilisation du terme régional de "févette".

D'autres classifications, en particulier celle de Hanelt (1972) ne reconnaissent pas la sous-espèce paucijuga et subdivisent l'espèce *V.faba* en deux sous-espèces *V. faba* et *V. faba* minor comportant elles-mêmes de nombreuses variétés et sous-variétés botaniques.

La distinction entre sous-espèces, variétés et sous-variétés botaniques, pour toutes les classifications, sont basées sur des différences de poids, de taille et de forme des grains. La variété minor dans la classification de Muratova et de Hanelt correspond aux types à petits grains, la variété botanique equina aux types à grains moyens alors que la variété major (= *faba* pour Hanelt) représente les cultivars à gros ou très gros grains. Par ailleurs, les grains de la variété minor sont généralement ovoïdes, réguliers et lisses. Ceux de *V.faba* equina présentent une dépression latérale des cotylédons tandis que ceux de *V.faba* major sont larges et plats. Enfin, le port des plantes est également une caractéristique de chaque variété botanique. Le type minor possède des gousses courtes (nombre d'ovules de 2-3), cylindriques et à port érigé sur les tiges. Le type equina présente des gousses plus larges (nombre d'ovules de 3-4), plus aplaties, généralement semi-érigées ou à port "horizontal". Le type major enfin est caractérisé par des gousses très longues (nombre d'ovules de 8-13), aplaties, souvent recourbées-en sabre-retombantes et traînantes généralement à terre.

Le type paucijuga, bien que non reconnu par Hanelt, présente cependant des caractéristiques permettant de le distinguer nettement des autres groupes.

Dans cette sous-espèce, les plantes présentent des tiges en général grêles, une forte ramification (de 4 à 6 tiges par pied) et des folioles étroites. Les grappes florales portent peu de fleurs (2-3 par grappe contre 6-12 chez les autres types), des grains petits et pratiquement toujours à tégument noir.

### **2-2) Principales caractéristiques botaniques**

La plante est herbacée, à tige creuse quadrangulaire ( deux orthostiques), à racines pivotantes parfois, superficielles plus généralement, portant des nodosités renfermant la bactérie spécifique fixatrice d'azote atmosphérique, *Rhizobium huautlense*( Wang et al, 1998).

Les feuilles comportent deux folioles à la base de la tige puis trois ou quatre par la suite. Les tiges présentent un nombre variable ( de 5 à10) de nœuds végétatifs à la base puis un nombre également variable (de 7 à 25 ) de nœuds reproducteurs. Le bourgeon terminal est végétatif ( Plante à croissance indéterminée ) (Galais et al, 1992).

Les fleurs classiques des légumineuses apparaissent en petites grappes de trois à huit, à l'aisselle d'une feuille, sur un rameau très court, selon les variétés ; le premier étage florifère se situe autour du 5ème ou 7ème nœud.

Les fleurs sont grandes, 2 à 3 cm, blanches avec une tache noire soyeuse sur les ailes ( pétales latéraux des papilionacés)

Les plantes à fleur blanche sans tache noire sont dépourvus des tannins dans la graine, une variété de ce type, (Blandine) a été inscrite au catalogue français en 1985.

### **2-3) Aspect cytogénétique**

*Vicia faba* possède  $n = 6$  chromosomes subtélocentriques de grande taille. Ces chromosomes sont multi bruns et présentent sous forme super enroulée une quantité considérable d'ADN. Cet ADN, dont la quantité peut varier dans de larges mesures d'une cellule dans un même groupe d'organe (Chapman, 1983).

**Tableau II :** Composants principaux de certaines céréales et légumineuses pour 100g de matière sèche

D'après Mc CANCE et WIDDOWSON'S (1978).

	Blé	Orge	Fève	Lentille	Pois chiche
Valeur énergétique	Kcal 318.0 Kj 132.92	360.00 1504.8	231.0 981.0	304.0 1293.0	320.0 1362.0
Eau (g)	14.0	10.6	12.0	12.2	9.9
Azote total (g)	2.3	1.4	3.5	3.8	3.2
Protéines (g)	13.2	7.9	22.0	23.8	20.2
Graisse (g)	2.0	1.7	1.0	1.0	5.7
Hydrates de carbone totaux (g)	65.8	83.6	35.6	53.2	50.0
Mono et disaccharides (g)	2.3	Traces	1.2	2.4	10.0
Amidon, dextrine (g)	63.5	83.6	34.4	50.8	40.0
Cellulose (g)	9.6	1.35	22.0	11.7	15.0

### **3) Composition de la graine des légumineuses**

#### **3-1) Facteurs nutritionnels**

##### **a) Composants protéiques**

Les protéines végétales, celles des céréales et des légumineuses représentent, au niveau mondial les deux tiers de notre consommation alimentaire.

Les graines de légumineuses et de la plupart des oléagineux possèdent une teneur élevée en protéines ( tableau II), Mosse et Pernollet, 1983, montrent que cette teneur varie selon les différentes espèces de graines de légumineuses (lentille, pois chiche, fèves.....) de 12 à 55% mais en général comprise entre 20 et 40%.

Ces protéines présentent une composition en acide aminé complémentaire de celle des céréales (teneur élevée en lysine, faible en acide aminé soufré), justifie l'intérêt de ces protéines pour l'alimentation humaine et animale.

Les protéines de légumineuses sont principalement constituées de globulines (60 à 90% ) et d'albumines (10 à 20% ).

D'après (Boulter, 1977) certaines espèces contiennent en outre une fraction gluten (inférieur à 15% ) peu étudiée jusqu'à présent.

Contrairement aux globulines qui sont constituées des protéines de réserve de la graine, les albumines regroupent la plupart des protéines qui présentent une activité biologique ainsi dans les cas des légumineuses, cette fraction est constituée d'enzymes (lypoxigenases, ureases, amylases) , de lectines (hemagglutinines) et les inhibiteurs d'enzymes (facteurs anti trypsiques ) (tableau III ).

##### **b) Les composants glucidiques**

Les graines de légumineuses contiennent environ 60% de glucides, principalement de l'amidon, qui est en général bien absorbé et assimilé. Outre l'amidon, les parois de légumineuses renferment des teneurs élevées en fibres. La cellulose et la lignine sont en quantités assez faibles et les autres fibres sont essentiellement des substances pectiques.

Les arabino- galactanes et rhamno-galactanes sont localisés au niveau des cotylédons tandis que les téguments sont pourvus d'association cellulose-hemicelluloses

**Tableau. III :** Teneurs en inhibiteur trypsique, hémagglutinines de la fève, de la lentille et du pois chiche

	<b>Fève</b> Variété SIDI Moussa	<b>Lentille</b> Variété Large blonde Chili	<b>Pois chiche</b> Variété Ain –Témouchent
<b>Activité de l'inhibiteur trypsique</b> (T.U.I/mg) HADDADI(1978)	8630	9650	14875
<b>Hémagglutinines (UH/mg)</b> MANSOURI (1983)	-	400-800	200



**c) Les composants lipidiques**

La teneur moyenne en lipides est faible et plus souvent comprise entre 1 et 3%.

**d) Autre élément nutritif**

Les légumineuses semblent également constituer une bonne source d'éléments minéraux (calcium, magnésium, phosphore, fer) (Staron, 1982) et de vitamines liposolubles (Staron, 1980; Salunkhe, 1982).

**3-2) Les facteurs antinutritionnels**

La majorité des graines de légumineuses utilisées dans l'alimentation humaine ou animale contiennent aussi des substances dont la présence diminue l'utilisation du matériel azoté, peut retarder la croissance ou provoquer certains troubles.

Les facteurs antinutritionnels sont de nature protéique et phénolique :

**a) Les facteurs antinutritionnels de nature protéique**

Ces substances antinutritionnelles sont généralement présentes dans les cotylédons et peuvent être responsables de dérèglements métaboliques et de la baisse du poids chez les animaux dont la ration alimentaire est essentiellement à base de légumineuses (Kossa, 1977).

La graine de la fève (*Vicia faba* L) contient également de la vicine et de la convicine qui sont des  $\beta$ -glucosides responsables du favisme chez les individus atteints d'une déficience congénitale en glucose-6-phosphate déshydrogénase (G-6PDH) l'ingestion de fèves peut provoquer une crise hémolytique caractéristique du « favisme », les fèves sèches contiennent environ 2% de ces composés.

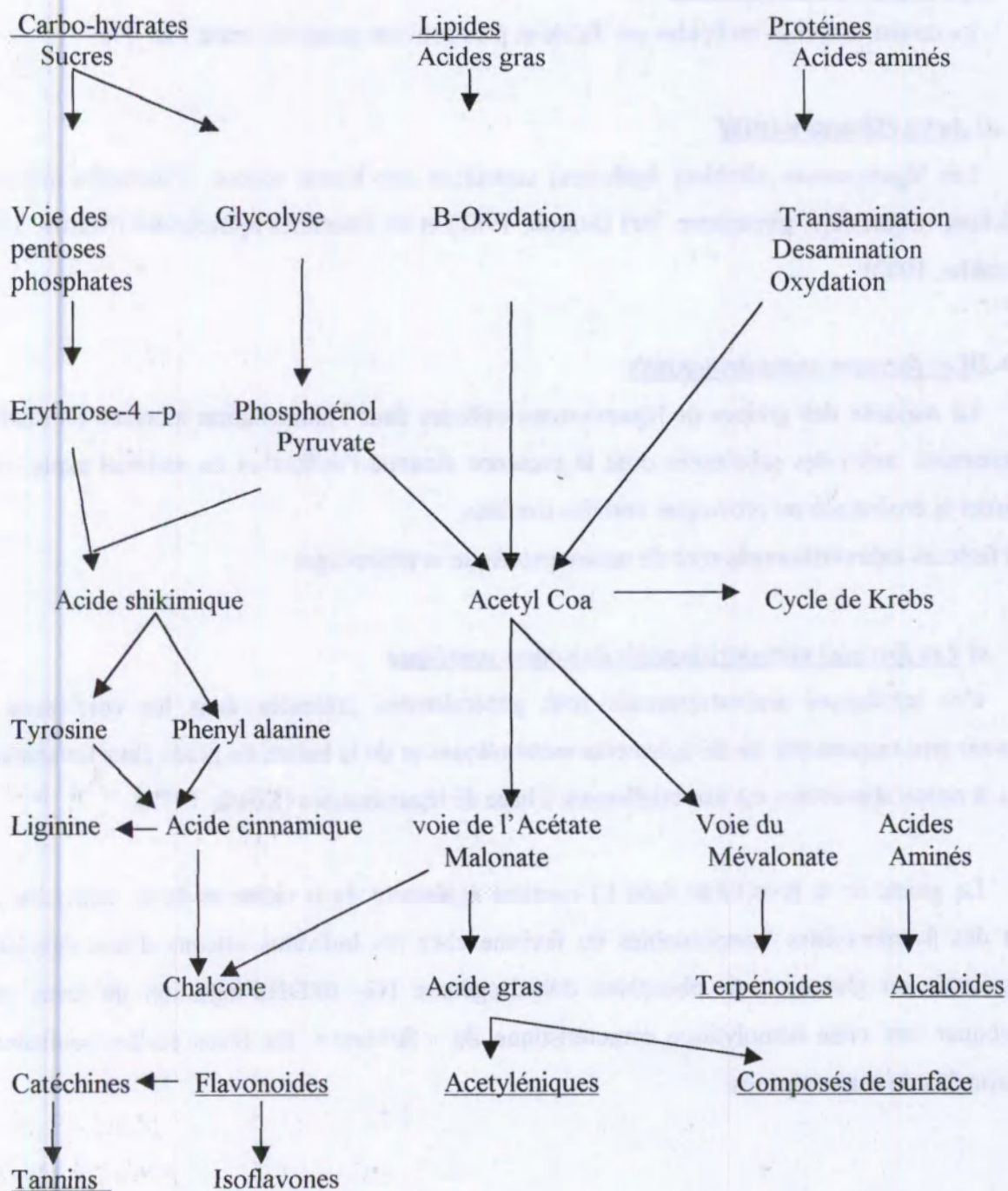


Fig. 2 : Relation entre le *métabolisme primaire* et le *métabolisme secondaire*

( Merghem, 2001)

***b) Les facteurs antinutritionnels de nature phénolique***

Ils sont généralement localisés dans les téguments. Si les facteurs antinutritionnels de nature protéique sont issus du métabolisme primaire qui concerne les molécules essentielles à la vie cellulaire, les facteurs antinutritionnels de nature phénolique sont issus du métabolisme secondaire spécifique au monde des végétaux (Fig. 2), qui montre que la dégradation des métabolites primaires donne l'acetyl CoA qui est la structure de base pour la biosynthèse de ces composés.

Ces composés du métabolisme secondaire n'exercent aucune action directe au niveau des activités fondamentales de l'organisme végétal (croissance, développement et reproduction) mais peuvent jouer différents rôles pour la survie des végétaux (rôle de défense, résistance,..)

Les composés du métabolisme secondaire sont classés en trois catégories :

- Téropénoïdes
- Alcaloïdes
- Poly phénols (Tannins et Flavonoïdes)

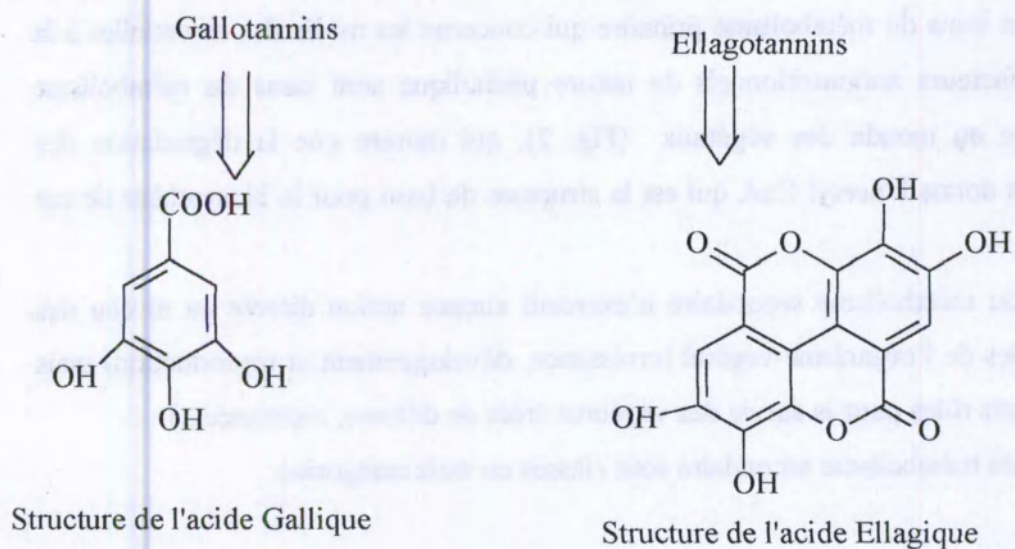
C'est cette dernière catégorie que nous allons étudier.

Les poly phénols constituent un ensemble de molécules très largement répandues dans le règne végétal. On les trouve dans les plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits.

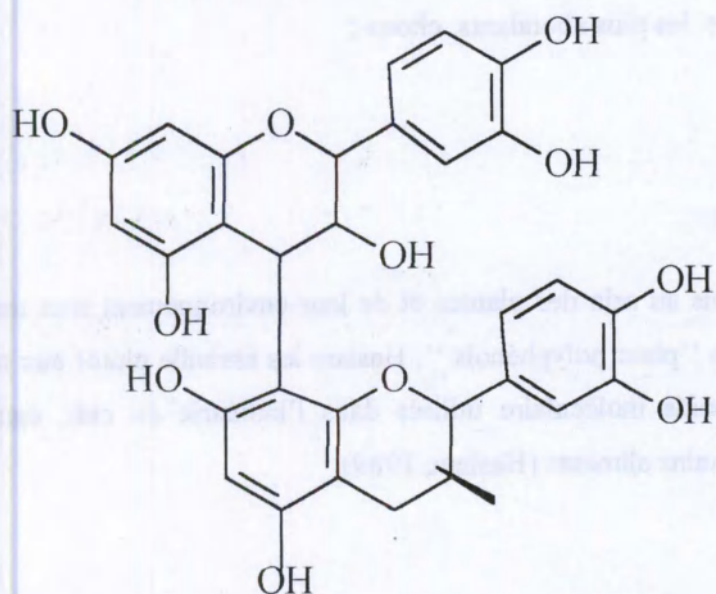
Parmi les groupes poly phénoliques les plus abondants, citons :

- L'épicatéchine, catéchine
- Le Kaempférol
- La procyanidine B1

Les fonctions des polyphénols au sein des plantes et de leur environnement sont multiples et pas toujours bien connues. Dans "plant polyphénols", Haslam les assimile plutôt aux tannins, composés phénoliques de haut poids moléculaire utilisés dans l'industrie du cuir, également responsable de l'astringence de certains aliments (Haslam, 1989).



**Fig.3** Structure des tannins Hydrolysables



**FIG. 4** Structure d'une procyanidines de type B

## **Chapitre II. Les Tannins ou Proanthocyanidines**

### **1-Définition**

Les tannins naturels sont des molécules polyphénoliques hydrosolubles, de masse moléculaire comprise entre 500 et 3000.

Les tannins sont formés, par deux voies complémentaires : la voie de l'acétate malonate et la voie de shikimate (Fig. 6).

Les mêmes voies mènent à la formation d'autres composés phénoliques tels que les isoflavones, les coumarins, les lignins et les aminoacides aromatiques (tryptophane, phénylalanine et tyrosine) (Gerhard, 1993 ).

### **2)Caractéristiques des Tannins**

Ce sont des composés oligomères avec les unités multiples de structure, ils ont la couleur jaune-blanc pour brunir le cuir et une odeur faible et caractéristique. L'exposition à la lumière approfondit la couleur. L'eau, l'acétone et l'alcool dissolvent les tannins aisément, ils sont habituellement subdivisés en deux groupes :

\*Tannins hydrolysables (HTs)

\* Proanthocyanidines (PAs) (souvent appelés les tannins condensés )

#### **2-1) Tannins hydrolysables**

Sont des hétéropolymères dont l'hydrolyse chimique ou enzymatique libère outre la molécule de glucose, de l'acide gallique (cas des gallotannins) ou ses formes dimériques : Acide m-digallique, acide ellagique (cas des ellagitannins) . (Fig.3 ).

quelques auteurs définissent deux classes supplémentaires des Tannins hydrolysables :

-Taragallotannins (acide gallique et acide quinique comme noyau)

-Caffet tannins (acide caféique et acide quinique)

#### **2-2) Tannins condensés**

Les précurseurs de la biosynthèse des tannins condensés sont les flavan-3,-ol ( telles que la catéchine ) ou flavanes -3,4 -diols (Leucoanthocyanidines).Les liaisons formées sont de type carbone-carbone, ce qui rend ces molécules très difficilement hydrolysables.

Sont également appelés proanthocyanidines (Freudenberg et Weignes, 1960); Leur oxydation en milieu alcool-acide à chaud entraînera la formation de pigments anthocyanidiques tels que cyanidine et delphinidine.

Selon (Harborne, 1967; Harborne et al, 1988) ces pigments sont responsables de la coloration des plantes en bleu, rouge, rose ou orange. Leur présence dans les plantes est donc détectable à l'œil nu.

Les tannins condensés sont largement distribués que les tannins Hydrolysables. C'est certainement ce type de molécule qui est responsable de l'effet antinutritionnel chez les légumineuses.

C'est pour cette raison que nous allons leur consacrer cette étude.

### **2-3 ) Effet positif des Tannins**

La propriété chimique qui fournit la base pour la plupart des usages des tannins est sa formation des précipités avec de l'albumine, la gélatine et avec beaucoup de sels alcaloïdes et métalliques, la capacité des tannins de transformer des protéines en produits insolubles résistants à la décomposition mène à leur utilisation en tant qu'agents de bronzage (Haslam et al, 1988).

Les sels ferriques réagissent avec les tannins, la réaction donne des produits bleuatre-noirs qui sont utilisés comme encre, ils sont utilisés comme coagulants pour le caoutchouc.

Ils s'intègrent dans la défense des végétaux contre les herbivores, en particulier pour les plantes se développant dans les zones difficiles. La structure chimique de ces polyphénols leur confère une capacité, très développée à se fixer sur toutes sortes de molécules, essentiellement les protéines (Bryant et al, 1992). Ces interactions faisant intervenir les différents types de liaison possible, dépendent de nombreux facteurs liés au milieu et à la structure des molécules réactantes (Zimmer et al, 1996).

Leur quantités très importante chez les plantes parasitées résulteraient d'une réaction de défense (Guignard, 1974), ils ont des propriétés antioxydantes (Frankel et al, 1995).

Selon (Okuda, 1993), parmi d'autres relations entre structure et goût, citons les dihydrochalcones, qui réduisent l'amertume et produisent un goût sucré.

Du fait de leur stabilité, elles sont utilisées, par exemple, comme additif dans le dentifrice et le chewing-gum.

#### **2-4 ) Effet négatif des Tannins**

Les effets ont été mis en évidence en quantité notable dans la féverole. Ils ont un effet défavorable sur la digestibilité (Moseley et Griffiths, 1979 ; El-Nahry et al., 1980), les tannins perturbent l'action digestive de la trypsine et de l'alpha-amylase en se liant soit avec l'enzyme, soit avec les protéines alimentaires pour former des complexes indigestibles.

La principale conséquence chez les ruminants est la diminution de la dégradation des protéines alimentaires dans le rumen, mais aussi la perturbation des activités microbiennes (rumen, caecum), entraînant la diminution de l'ingestion et même une toxicité (Zimmer et al, 1996).

Les tannins peuvent aussi former des complexes avec la vitamine B12, causant une réduction de l'absorption vitaminique chez le rat (Askar, 1986). Les associations des tannins avec les protéines vont influencer des facteurs tel que le goût et la valeur nutritionnelle. L'astringence des fruits et des boissons provient souvent de l'interaction des polyphénols présents avec les protéines salivaires.

Les tannins provenant de la polymérisation des polyphénols condensés provoquent chez les monogastriques, qui consomment de la féverole dans leur ration, une diminution importante de l'utilisation de l'azote par tannage des protéines au cours de la digestion et une diminution de la valeur énergétique de la ration de l'ordre de 10%. (Leguon et al, 1992).

#### **2-5 ) Propriétés des Tannins**

Les tannins se fixent sur la peau qu'ils rendent imputescible (Tannage), Ils sont d'ordinaire incristallisable, solubles dans l'eau, l'alcool, l'acétone, peu ou pas solubles dans l'éther.

Ils précipitent en présence de protéines telle que la gélatine d'Alcaloïdes, de certains colorants, de sels, de métaux lourds de bichromate de potassium (précipité brun ), etc.....

Après la mort des cellules, les tannins du contenu cellulaire desséchés s'oxydent et donnent des produits condensés bruns ou rouges (Metche M, 1993).

En automne, les couleurs caractéristiques des feuilles des arbres, sont dues aux anthocyanes et aux carotènes qui ne sont plus masqués par la chlorophylle, en réalité la couleur dépend aussi du nombre d'OH non méthylés ( Guignard, 1974).

Les propriétés biologiques des tannins sont liées au pouvoir qu'ils ont de former des complexes avec les macromolécules, en particulier avec les protéines (enzymes digestives et autres, protéines fongiques ou virales).

Citons maintenant quelques réactions qui permettent de les classer.

- En solution alcoolique, ils donnent avec le chlorure ferrique très dilué une coloration d'un Bleu pur (tannins galliques) ou verte (tannins catéchiques).

- Certains tannins, comme ceux de la noix de galle, sont hydrolysables par les acides ou par une distase, la tannase (tannins glucosidiques ou gallique).

La fusion alcaline engendre soit des dérivés de la catéchine tels que l'acide protocatéchine (tannins catéchique), soit des pyrogallol (tannins galliques).

- Les tannins condensés donnent en milieu acide des produits insolubles rouges (Guignard J L, 1974).

### **2-6) Localisation des Tannins dans divers tissus végétaux**

Les tannins se trouvent dans les Tissus de bourgeons, les plus communs dans la partie externe du bourgeon, probablement comme protection contre la congélation. Dans les tissus de feuille, les plus communs dans l'épiderme supérieur, ils servent à réduire le goût ainsi, à se protéger contre les prédateurs. Les tissus de racine, les plus communs dans les hypodermes. Ils agissent probablement en tant que barrière chimique à la pénétration et à la colonisation des racines par les microbes pathogènes. Tissus de graines, situés principalement dans les téguments. Ils ont été associés au maintien de la latence de la graine et ont les propriétés bactéricides, tissus de tige, souvent trouvés dans les zones actives de croissance des arbres, tel que le phloème, le xylème secondaire, la couche entre l'épiderme et le cortex. Les tannins peuvent avoir un rôle dans le règlement de croissance de ces tissus (Porter, 1989).

### **3) Structure des proanthocyanidines naturelles**

Les unités structurales des proanthocyanidines sont essentiellement :

- L'afzélichine et son isomère l'épifzélichine (monohydroxylée sur le noyau B) ;
- La catéchine et son isomère l'épicatéchine (dihydroxylée)
- La gallocatéchine et son isomère l'épigallocatéchine (trihydroxylée)

Ces monomères peuvent être acylés, généralement en position 3 de l'hétérocycle, ou glycolisés.

-Les proanthocyanidines dimère de type B :

Les dimères les plus simples sont les procyanidols -B1, B2, B3, B4, c'est -à-dire des proanthocyanidols constitués de deux unités de 2-R, 3-S (+) catéchol et /ou de 2-R, 3-R (-) -epicatéchol. Liés en (4 -8) selon une configuration  $\alpha$ (B-3 et B-4) ou  $\beta$  (B-1 et B-2).



**Tableau IV :** Anthocyanidines les plus souvent rencontrées dans les végétaux supérieurs, (selon Willsttkter et P. Robinson et P. Karrer, 1936 )

Nom	Nomenclature	3	5	6	7	3'	4'	5'	Couleur à PH 1
Apigéninidine	Ap	H	OH	H	OH	H	OH	H	Orange
Lutéolinidine	Lt	H	OH	H	OH	OH	OH	H	Orange
Tricétinidine	Tr	H	OH	H	OH	OH	OH	OH	Rouge
Pélagonidine	Pg	OH	OH	H	OH	OH	H	H	Orange
Aurantinidine	Au	OH	OH	OH	OH	H	OH	H	Orange
Cyanidine	Cy	OH	OH	H	OH	OH	OH	H	Orange-Rouge
5- Métyle cyanidine	5Mcy	OH	Ome	H	OH	OH	OH	H	Orange-Rouge
Péonidine	Pn	OH	OH	H	OH	Ome	OH	H	rouge
Rosinidine	Rs	OH	OH	H	Ome	Ome	OH	H	Rouge
6-Hydroxy cyanidine	6OHCy	OH	OH	OH	OH	OH	OH	H	Rouge
Delphinidine	Dp	OH	OH	H	OH	OH	OH	OH	Violet
Pétunidine	Pt	OH	OH	H	OH	Ome	OH	OH	Violet
Malvidine	Mv	OH	OH	H	OH	Ome	OH	Ome	Violet
Pulchéliidine	Pl	OH	Ome	H	OH	OH	OH	OH	Violet
Europinidine	Eu	OH	Ome	H	OH	Ome	OH	OH	Violet
Capensinidine	Cp	OH	Ome	H	OH	Ome	OH	Ome	Violet
Hirsutidine	Hs	OH	OH	H	Ome	Ome	OH	Ome	Violet

Ces procyanidols existent à l'état libre et ont une très large distribution. (fig. 4).

Un autre groupe important de procyanidols est constitué par des dimères ayant une liaison interflavinique double :



Leur traitement en milieu alcoolique par HCl 5N conduit à un rendement faible en anthocyanidines.

Les autres dimères (Prolargonidols, Prodelphinidols) sont plus rares. On connaît également des O- et des C- glucosides de procyanidols (chez le rhubarbe officinale et le thé).

Une liste exhaustive d'anthocyanidines (aglycones), parmi les plus importantes, est fournie dans le tableau (IV)

### **3-1) Les Oligomères**

Se forment par l'addition successive d'unités flavoniques.

### **3-2) Les Polymères**

Ils peuvent comprendre jusqu'à cinquante unités élémentaires. Les plus largement répandus sont des poly-épicatéchols et des co- polymères procyanidols – prodelphinidols.

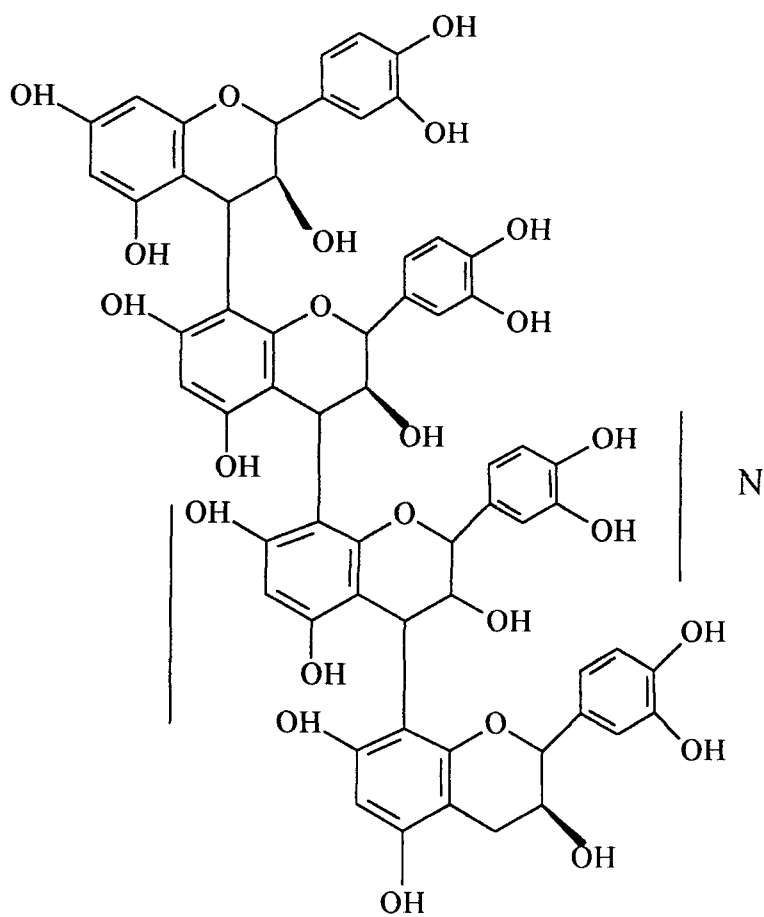
La liaison interflavinique est majoritairement de type C- 4 →C- 8 et est toujours trans par rapport à l'Hydroxyle.

L'examen des modèles moléculaires révèle un empêchement partiel de rotation autour de la liaison interflavinique, ce qui induit une hélicité gauche ou droite du polymère, fonction du précurseur (B – 1, B-2 ou B-3 , B-4)

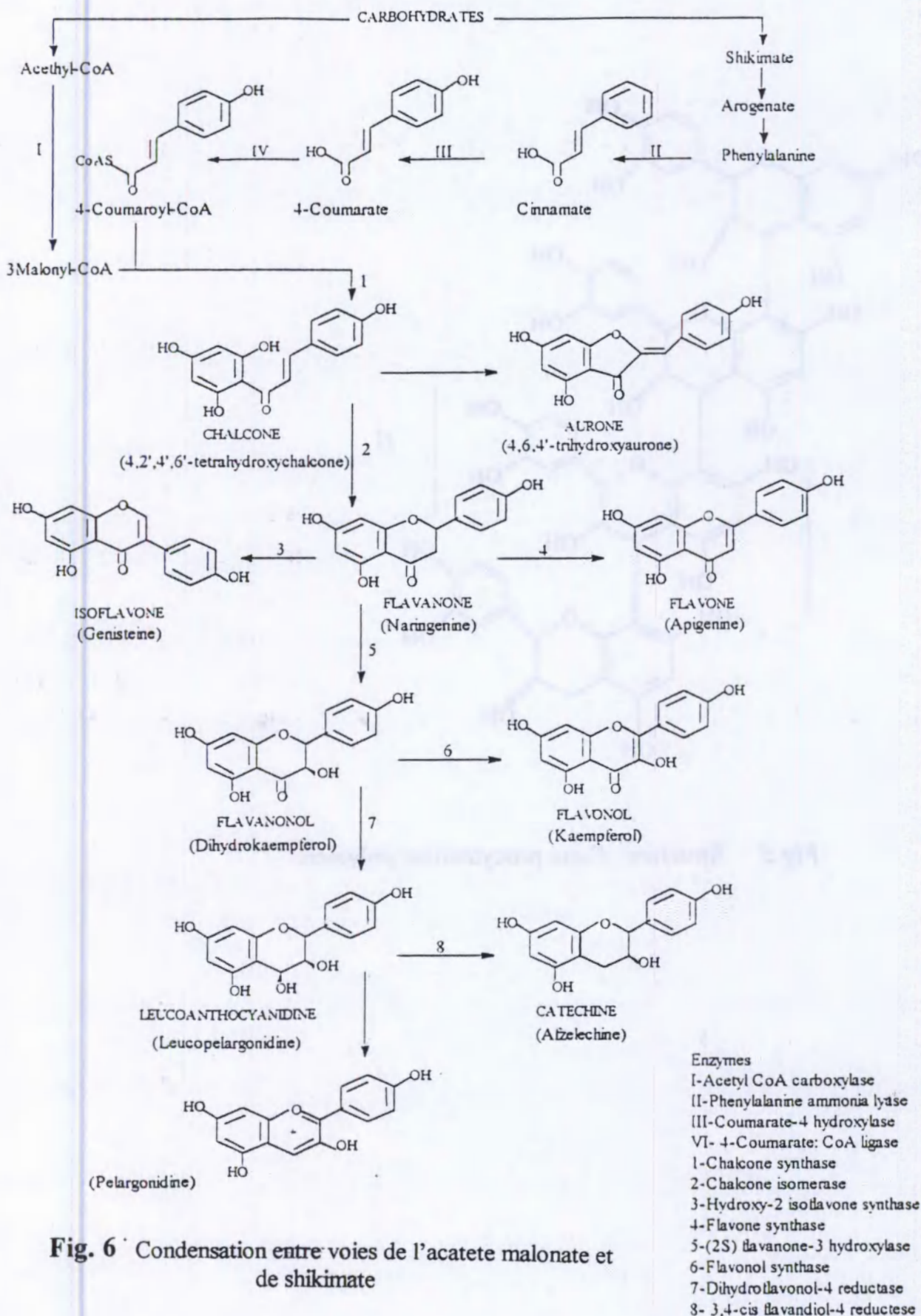
Les homopolymères sont constitués uniquement de sous-unités procyanidines ou prodelphinidines (fig. 5).

Les autres polymères (Propélargonidols) sont plutôt rares et semblent limités aux monocotylédones.

Signalons enfin que les monomères flavoniques et, plus rarement les oligomères, peuvent exister à l'état d'esters galliques ( ces esters co-existent habituellement avec les tannins hydrolysables. Ces mêmes monomères flavoniques peuvent se lier avec l'acide caféique pour former des lactones.



**Fig.5** Structure d'une procyanidine polymère



**Fig. 6** Condensation entre voies de l'acétate malonate et de shikimate

#### **4-Biosynthèse des Tannins**

La biosynthèse des tannins commence par la condensation de deux voies métaboliques

- 1- Voie de shikimate
- 2- Voie d'acétate malonate

##### **4 -1 )Formation du noyau aromatique(cyclogénèse)**

Les organismes disposent de plusieurs voies réactionnelles pour synthétiser les cycles aromatiques des composés phénoliques.

##### **a)Voie du shikimate**

L'acide cinnamique, se forme par l'intermédiaire de l'acide shikimique, autrement dit par la voie de shikimate ; cette voie est aussi responsable de la synthèse des acides aminés ; parmi ceux-ci, la phénylalanine sert directement de précurseur à l'acide cinnamique.

La cyclogénèse se produit, soit au niveau des parties vertes de la plante, l'érythrose et le PEP provenant directement de la photosynthèse (exemple : flavones, anthocyanes ), soit dans ces tissus profonds non chlorophylliens, le PEP provenant alors de la glycolyse et l'érythrose provenant du cycle des pentoses.

##### **b)Voie acétate-malonate**

Les systèmes aromatiques sont aussi formés par condensation répétée d'unités acétate.

Rappel que c'est la malonyl CoA qui fournit, par décarboxylation, les unités en  $C_2$  pour allonger le complexe acyl- CoA, comme dans la synthèse des acides gras.

Enfin, les deux voies (voie de shikimate et celle de l'acétate malonate ) se condensent pour donner naissance aux différents types de flavonoïdes. (Fig. 6).

Ainsi la figure 7, donne la voie de biosynthèse des tannins condensés d'après Forkman. 1992.

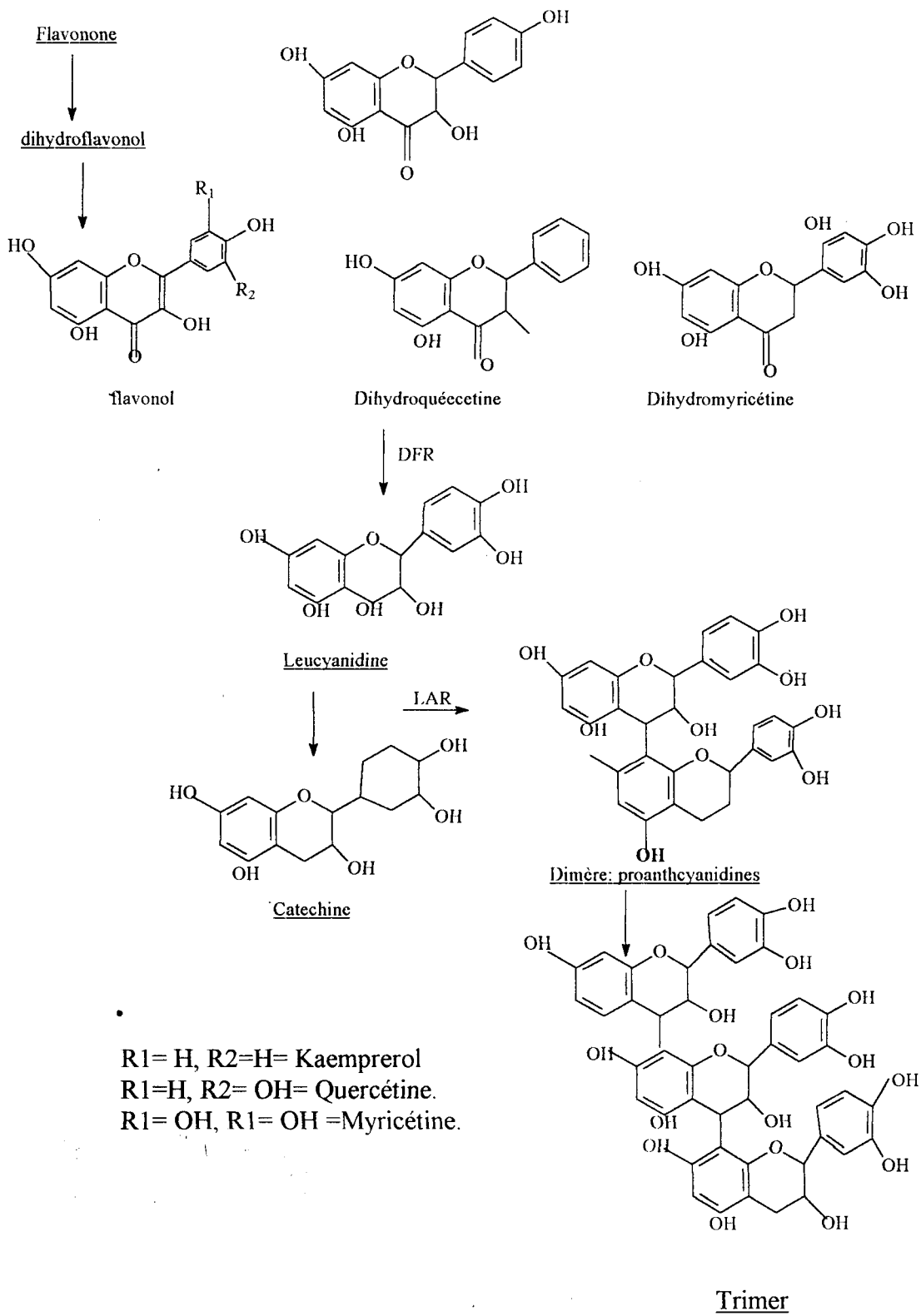


Fig.7 Biosynthèse des proanthcyanidines d'après Forkman, 1992

## **Chapitre III : STRESS HYDRIQUE**

### **Introduction :**

Le climat du nord Algérien permet la production des principales légumineuses alimentaires à grosses graines en culture pluviale. Néanmoins, les rendements de ces dernières années sont faibles. Comparée aux pays producteurs de fève du bassin méditerranéen, l'Algérie occupe la dernière place avec une moyenne de 0.5t/ha (Zaghouane, 1991).

L'Algérie fait partie du groupe des pays méditerranéens où la sécheresse est observée depuis longtemps. La mauvaise répartition des pluies dans l'espace et dans le temps en est la principale cause. Les tarissements des réserves en eau des sols cultivés en période printanière provoquent des stress hydriques qui peuvent compromettre les récoltes, particulièrement dans les sols légers et à réserve hydrique faible (Picard, 1977 ; Desoubry, 1990).

Ce phénomène de stress est encore plus aggravé dans les zones où le sirocco souffle durant la phase de reproduction ( floraison, début développement des gousses ), d'après ( Sakr 1991), en années sèches, le rendement peut diminuer de 40% dans les conditions de l'Afrique du nord.

A la suite d'une enquête effectuée en 1984 auprès des producteurs de légumes secs, dans les zones des plaines intérieures et des hauts plateaux, il est apparu clairement que la maîtrise des cultures de légumineuses ne peut se faire que si la notion de stress hydrique est bien maîtrisée. (Mouhouche, 1994)

Karamanos, 1991, estime que les besoins en eau de la culture de fève sont relativement importants.

Sur les bases de ces constatations, notre étude à porte sur « l'effet du stress hydrique sur la plante et les composants biochimiques de la graine de *Vicia faba L.*

## **1-Définition du déficit hydrique**

En conditions naturelles, la sécheresse se traduit par un manque d'eau accompagné, le plus souvent, d'une température, d'une luminosité et d'une humidité relative faible.

Or, en conditions de déficit hydrique, la teneur en eau du sol est le seul facteur limitant. Les autres paramètres ne correspondent pas nécessairement à des conditions de sécheresse naturelles.

Selon l'étude de ( Henin, 1976), à chaque fois que l'eau manque dans les tissus végétaux, un stress hydrique se produit ; le flétrissement des feuilles apparaît alors comme une réponse définitive de la plante à ce déficit hydrique.

Le déficit hydrique survient dans la plante lorsque la transpiration dépasse l'absorption, soit par des pertes excessives soit par réduction de l'absorption ou les deux à la fois.

Chez *Capsium*, pendant tous les stades de développement, le déficit hydrique provoque une réduction de la surface foliaire, avec un maximum au stade de fructification, une diminution progressive de la photosynthèse, le potentiel hydrique foliaire devient très négatif, les feuilles flétrissent et l'absorption du CO<sub>2</sub> cesse (Srinivasa Rao et Bhatt, 1988).

L'absence de pluie pendant une durée plus ou moins prolongée ne suffit pas pour caractériser la sécheresse, celle-ci dépend de la quantité d'eau restant à la disposition de la plante pour un déficit de saturation donnée (Demolon, 1968).

## **2-Adaptation des plantes au déficit hydrique**

De nombreux changements dans le fonctionnement de la plante peuvent être observés sous l'influence d'un déficit hydrique, entraînant tout une série de modifications anatomiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques (Passioura , 1982).

Lors d'une contrainte hydrique, la plante peut développer plusieurs mécanismes d'adaptation phénologiques (précocité) et physiologiques (tolérance) pour éviter au maximum les périodes critiques (Brisson et Delcolle, 1993) ; parmi ces mécanismes nous avons :

### **2-1) Mécanismes phénologiques**

#### **a) L'échappement ou l'esquive des plantes à la sécheresse**

Ce phénomène se caractérise par un développement phénologique rapide avec une floraison précoce qui permet d'éviter la période de sécheresse.



Fischer et Maurrer, 1978 ; Turner ; 1986, ont montré, dans une étude portée sur 53 cultivars de blé, d'orge et triticales, que chaque jour de précocité supplémentaire conduisait à une augmentation moyenne de rendement de trois quintaux par hectare.

### **b) L'évitement**

Ce phénomène correspond à la capacité de la plante à éviter la déshydratation des tissus d'une part en continuant de prélever l'eau du milieu ( plantes dépensières ) et d'autre part en conservant l'eau présente dans les cellules (plantes économes) (Lewicki, 1993).

### **c) Tolérance à la déshydratation**

En conditions de déficit hydrique sévère, les plantes utilisent ses moyens de protection, des enzymes et les structures membranaires par la modification de la structure phospholipidique (Pugnaire et al, 1993) et d'adaptation contre cette contrainte par la formation de certains composés.

## **2-2) Mécanismes morphophysiologiques**

### **a) Potentiel hydrique foliaire et résistance stomatiques**

Le potentiel hydrique  $\Psi$  mesuré en bars, est négatif ou nul. La valeur du potentiel hydrique la plus élevée est celle de l'eau pure (  $\Psi = 0$  ).

L'eau circule des potentiels élevés (maximum  $\Psi = 0$ ) vers les potentiels bas.

Lorsque le potentiel hydrique du sol est élevé, cas d'un sol convenablement alimenté en eau, le degré d'ouverture dépend assez peu du potentiel hydrique foliaire. Au contraire, Lorsque le sol s'assèche et que son potentiel diminue, les stomates se ferment au –dessous d'une valeur seuil du potentiel hydrique foliaire, (Jordan et al, 1975 ; Radin et Ackerson, 1981).

Ce seuil varie selon les espèces ou les variétés, la position de la feuille (Millar et Denead, 1976), l'âge de la feuille (Franck et al, 1973), le stade de développement de la plante (Aboussouan, 1982) et les conditions de stress (Turner et al, 1978).

### **b) La fixation de CO<sub>2</sub>**

Le dessèchement de la feuille peut affecter la fixation de CO<sub>2</sub>, soit en diminuant l'ouverture des stomates (c'est par ces orifices que le gaz carbonique( CO<sub>2</sub> ) pénètre dans les feuilles, où il est utilisé comme matière première pour la synthèse des sucres par la plante, grâce au phénomène de photosynthèse) et la diffusion du CO<sub>2</sub> à travers l'épiderme, soit en modifiant la

perméabilité des membranes que doit traverser le CO<sub>2</sub> en phase dissoute, soit encore en ralentissant l'activité biochimique des chloroplastes.

Pour de nombreuses plantes, la fermeture stomatique semble la cause essentielle de la réduction de l'assimilation. Les autres phénomènes intervenant en même temps ou pour des déficits hydriques plus importants. (Slatyer, 1973) .

### ***c) La Transpiration***

Le stress hydrique diminue la transpiration de plusieurs espèces végétales (Johnson et al., 1974). Cette diminution est souvent attribuée à la fermeture des stomates.

Lorsque la plante se dessèche, la résistance stomatique augmente, la transpiration diminue (Srinivasa ; Rao et Braht, 1988). l'augmentation de la résistance stomatique contribue au maintien de la turgescence foliaire (Frederick, 1987) .

Si le CO<sub>2</sub> pénètre, l'eau de la plante s'échappe massivement par les stomates. Cette nécessaire transpiration explique pourquoi les plantes ont des besoins en eau si importants par rapport à leur taille.

### ***d) Rôle de la photosynthèse nette***

Quand la plante n'est pas bien alimentée en eau, pour éviter qu'elle se dessèche, les stomates se ferment. Le CO<sub>2</sub> pénètre plus lentement dans les feuilles et la photosynthèse ralentit.

Le stress hydrique diminue la photosynthèse nette des plantes en croissance (Vos et Oyarzun, 1987 ; Sukumaran et al., 1989).

La diminution de la photosynthèse, liée à une augmentation de la résistance stomatique, laisse supposer que la résistance stomatique est la cause principale de cette réduction ( Jones et Rawson, 1979 ; Singal et al., 1985)

Cependant d'autres inhibiteurs non stomatique ont été rapporté par Berkowitz et Gibbs, 1983), qui est le transport des électrons à la phosphorylation. Par conséquent une insuffisance d'ATP pour la régénération du ribulose – biphosphate et diverses activités enzymatiques sont impliquées dans ce processus (Lopez et al, 1987).

**e) La croissance et la production**

Un déficit hydrique même modéré modifie la structure des membranes, accélère la dégradation de l'ARN messager et interrompt la synthèse des protéines, réduisant les divisions cellulaires et l'initiation de feuilles nouvelles (Slatyer, 1973).

Mais ces phénomènes demeurent réversibles sauf pour un déficit important et prolongé. Et par rattrapage on tend vers un nombre final de cellules identiques pour des feuilles soumises à des traitements hydriques différents.

**f) Rôles des hormones**

L'acide abscissique (ABA), est synthétisé au niveau de la coiffe radiculaire, dans les feuilles sénescences ou en déficit hydrique.

Donc l'ABA est en action chaque fois que les conditions extérieures deviennent défavorables.

(Lafon et al, 1987).

Lorsque la synthèse de l'ABA s'accroît, les stomates se ferment (Walton et al, 1977 ; Henson, 1981 ; Penon, 1982), ce qui entraîne une diminution de la transpiration et une augmentation du potentiel hydrique foliaire.

Les cytokinines sont impliqués dans la réponse des végétaux au déficit hydrique, ils sont transportés depuis les racines jusqu'au pousses.

La mise en réserve des cytokinines dans les racines des plantes stressées peut être la cause du vieillissement de celle-ci (Itai et Vaadia, 1965).

### **2-3) Mécanismes biochimiques de l'adaptation des plantes à la sécheresse**

L'effet du déficit hydrique peut se traduire au niveau de toute la plante et particulièrement au niveau des feuilles, par la nette augmentation de la concentration d'un certain nombre de constituants, des métabolites primaires qui peuvent être des composés azotés (Goas , 1965) des glucides (Golleck, 1973) ou des acides organiques (Viera da silva, 1968).

Le métabolisme secondaire est lui aussi activé sous l'effet d'une contrainte hydrique et se manifeste par l'accumulation des composés phénoliques tel que les Tannins (Heller, 1994). Cette dernière hypothèse, également fait l'objet de notre travail et nous voulons confirmer si réellement le stress hydrique, influe sur la biosynthèse des composés polyphénoliques de la graine de *Vicia faba* L et constitueront peut être des biomarqueurs de la sécheresse.

#### **1) Définition de l'accumulation**

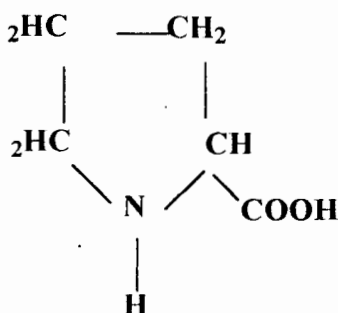
On peut parler d'accumulation d'un composé organique, au niveau d'un organe végétal, lorsque la teneur de ce composé augmente et dépasse la teneur normale, c'est à dire lorsque le rapport de la teneur du composé en question du traité par rapport à la teneur du témoin est supérieur à 1

$$\text{Traité/ Témoin} > 1$$

Et ce, sous l'influence d'un ou de plusieurs facteurs endogènes ou exogènes.

#### **2) Accumulation de la proline**

La proline est un acide iminé (Fig. 8), dont les propriétés biochimiques sont assez voisines de celles des acides aminés.



**Fig.8** Structure de la proline

C'est le seul des 20 acides aminés fondamentaux dans lequel le groupement NH<sub>2</sub> n'est pas libre. Il est engagé par une deuxième valence de son atome d'azote avec le groupement R.

La liaison C- N (Unay, 1988) fait de la proline un acide iminé rigide, son poids moléculaire est de 115.

Selon (Todd, 1972), la sécheresse favorise la protéolyse, elle conduit à une diminution de la quantité de protéines à poids moléculaire élevé et à une augmentation de la teneur en protéines solubles et en acides aminés. Parmi ces acides aminés ; la proline, acide iminé, qui semble jouer un rôle très important, lorsque l'équilibre métabolique de la plante est perturbé par les conditions défavorables du milieu.

Cet acide iminé a été découvert en 1900 par Willstetter au cours d'un dosage de l'ornithine, il a été extrait pour la première fois des hydrolysats acides de caséine par Fischer en 1901, cité par (Nemmar, 1983).

L'augmentation des teneurs en proline dans les feuilles seraient selon (Prosenko et al, 1968) un des indicateurs d'adaptation à la sécheresse.

Appliquée de façon exogène, elle permet de prolonger la résistance à la sécheresse ou au froid (Nemmar, 1983 ; Zid et Guignon, 1991).

(Bhaskaran et al, 1985) cité par (Binet, 1989) montrent une bonne corrélation entre la résistance à la sécheresse et l'accumulation de la proline chez l'orge.

La proline sert des critères de sélection de résistance à un stress hydrique chez le blé, malgré quelques exceptions qui ont été observées par (Hanson, 1980) qui l'associent à un simple caractère accidentel dû à une conséquence de la sécheresse (Monneveux et Nemmar, 1986 ; Zid et Grignon, 1991).

Cependant, (Bellinger et al, 1991), attribuent à la proline son rôle d'ajustement du métabolisme énergétique.

L'accumulation de la betaïne est moins étudiée que l'accumulation de la proline. Il n'est pas encore possible de considérer que l'accumulation de la betaïne comme un caractère d'adaptation au déficit hydrique. Cependant l'accumulation de betaïne sous l'effet de déficit hydrique modéré varie du minimum au maximum.

## **2-1) Effet des facteurs externes sur l'accumulation de la proline**

### **a) Effet de la lumière**

La lumière peut stimuler la synthèse de la proline à partir du glutamate, cette stimulation peut être expliquée par un approvisionnement du NADPH et peut être de l'ATP pour la conversion (Stewart, 1981)

### **b) Effet de la température**

Lorsque la température s'élève, le taux de la proline s'accroît dans les feuilles tant dis que en condition normales le taux de la proline dans les feuilles est inférieur à celui des organes floraux. (Knu et Cheu, 1986).

En basse température, l'effet ne sera pas seulement sur le métabolisme de la proline, mais aussi sur le transport de la proline de son lieu de synthèse qui est la feuille et il sera transporté vers les vaisseaux des tiges (Paquin, 1977 ; Vesina et Paquin, 1982).

La proline libre augmente dans les collets et les racines de la luzerne pendant l'endurcissement au gel (Paquin, 1977 ; Paquin et Lechasseer, 1982).

### **c) Effet de la salinité**

Selon (Soltani et Theophile, 1977), la proline augmente en fonction de la teneur en sel chez *Hedysarum coronarum*.

El -Mekkaoui, 1990, voit que l'accumulation de la proline apparaît comme un assez bon marqueur du niveau de sensibilité des génotypes, soumise à des concentrations salines.

Les Halophytes (fréquentent les sols salés ) ou halomorphes, disposent d'un moyen d'adaptation pour leur ajustement osmotique : Qui est la fabrication de la proline à des taux très élevés (jusqu'à 600 mM) dans les vacuoles (Heller, 1989).

### **d) Effet de la teneur en eau**

Plusieurs organismes dont les espèces adaptées au climat aride accumulent des substances qui sont des constituants normaux de la cellule particulièrement des acides aminés libres durant la période du déficit hydrique. (Aspinall et Palleg, 1981).

Lors de déficits hydriques, l'orientation du carbone fixé par photosynthèse vers la protéagineuse est nettement déficitaire (Calmes et al, 1985). On observe souvent une

accumulation de la proline (Fukutoky et Yamada, 1982), l'abondance des acides aminés libres (Talouizte et al, 1987), mais leur assemblage en polypeptides est bloqué par suite de la disparition des polyribosomes (Bradford et Hsiao, 1982).

La déshydratation des tissus végétaux modifie l'équilibre entre les protéines et les acides aminés au bénéfice de ces derniers. Elle oriente donc les réactions dans le sens de la protéolyse. La sécheresse active l'opération de la dégradation ce qui diminue la quantité de protéines à poids moléculaire élevé et augmente le niveau des protéines solubles et des acides aminés.

L'état de sécheresse partielle des plantes de Luzerne causé par une faible teneur en eau du sol se traduit par une augmentation de la proline libre alors que les sucres totaux ont au contraire diminués (Paquin, 1985).

Selon (Palfi et al, 1973), la quasi- totalité des plantes accumulent la proline libre dans leur limbe foliaire lorsqu'elles sont soumises à un déficit hydrique, ainsi que la teneur en proline est généralement faible dans les feuilles, peut atteindre des valeurs très élevées lorsqu'elles sont soumises à un déficit hydrique, jusqu'à 300mg/g MF chez certains blé tendre et jusqu'à 500mg/g MF chez certains blé durs (Monneveux et Nemmar, 1986).

L'augmentation de la proline est étroitement liée à une diminution du potentiel hydrique foliaire, donc à une augmentation de la matière sèche (Greenway et Selter, 1979 ; Hanson et al, 1979) cite par (Aspinal, 1981).

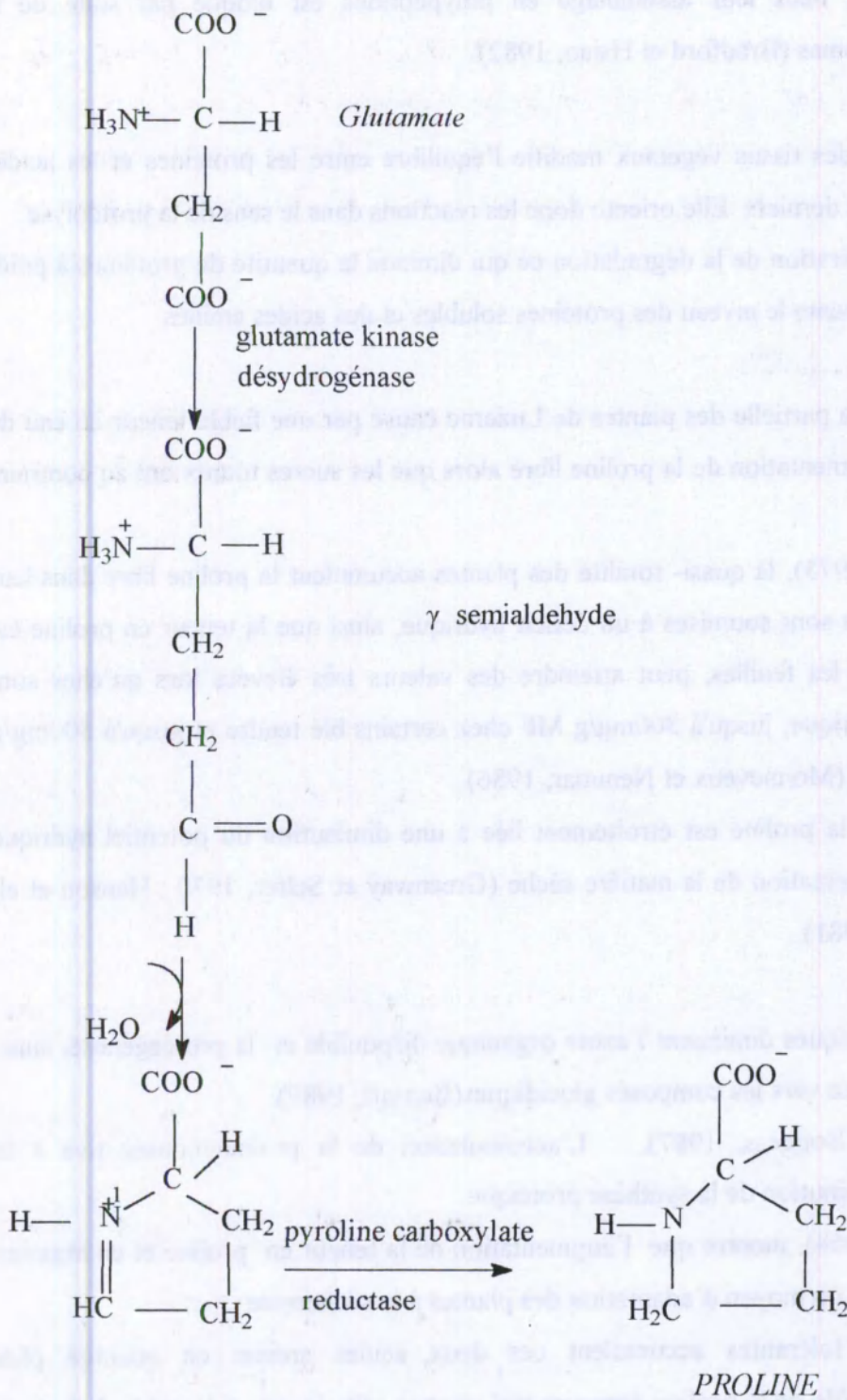
Les contraintes hydriques diminuent l'azote organique disponible et la protéogénèse, ainsi, le carbone assimilé s'oriente vers les composés glucidiques (Bensari, 1989).

Selon (Stewart et Boggess, 1987), L'accumulation de la proline consécutive à la sécheresse est due à la diminution de la synthèse protéique.

• (Protsenko et al, 1968), montre que l'augmentation de la teneur en proline et en arginine dans les feuilles du blé, est un moyen d'adaptation des plantes à la sécheresse.

Ainsi les variétés tolérantes accumulent ces deux acides aminés en quantité plus importante, cependant le rôle de la proline demeure mal connue : On ignore si l'accumulation est un simple symptôme de l'action de la sécheresse (Singh et al, 1973) où elle constitue un véritable mécanisme de résistance (Hubac et Guerrier, 1972).

La proline peut intervenir en régulant par l'augmentation de sa concentration la pression osmotique interne (Stewart et Lee, 1974).



**Fig.9** Biosynthèse de la proline d'après Lehninger, 1982.



Elle constitue un stock d'azote utilisable par la plante postérieurement, lors d'un déficit hydrique (Paquin, 1977 ; Tall et Rosental, 1979).

Selon (Benlaribi, 1988), le retour d'arrosage entraîne une diminution immédiate de la teneur en proline dans les plantes soumises auparavant au déficit hydrique.

Aussi des concentrations élevée en métaux lourd (le cuivre Cu et le zinc Zn ) entraîne une augmentation de la teneur en proline dans les racines les tiges et feuilles (Bassi et Sharma, 1993).

### **2-2) Effet des facteurs internes**

L'influence des facteurs internes a été découverte par (Amberger et al, 1988) Parmi ces facteurs : L'âge de la plante, l'âge de la feuille et la disposition de la feuille au niveau de la plante.

### **3 ) Biosynthèse de la proline**

La proline, un dérivé cyclisé du glutamate qui est d'abord réduit en son  $\gamma$ -semialdéhyde qui est ensuite cyclisé est réduit en proline (Lenhinger, 1982). ( fig. 9 )

La proline est synthétisée au niveau de la feuille et transportée dans les collet et les racines pour être assimilée ou s'y accumulée (Vezina et Paquin, 1982).

### **4) Accumulation des sucres solubles**

l'osmorégulation est un mécanisme important dans la tolérance aux contraintes hydriques, par l'accumulation de solutés dans les tissus de la plante (Erroux, 1974)

Parmi ces solutés, les sucres solubles (saccharose, glucose, fructose) contribuent à la régulation osmotique.

Pour (Binet, 1989) l'enrichissement en osmotocums, notamment en sucres solubles peut protéger les membranes de la dessiccation.

Par ailleurs d'autres recherches, ont montré que certains sucres, comme le Tréhalose en se liant aux lipides membranaires, pourraient stabiliser la structure lipidique des membranes pendant la dessiccation.

L'amidon disparaît et les sucres solubles s'accumulent, dans une feuille soumise sous l'action d'une contrainte hydrique, ce qui favorise l'activité des amylases et des phosphatases.

La quantité d'amidon foliaire diminue en période de déficit hydrique(Huber et al, 1984) et augmente à nouveau lorsque les conditions redevient favorables.(Fellows et al, 1987).

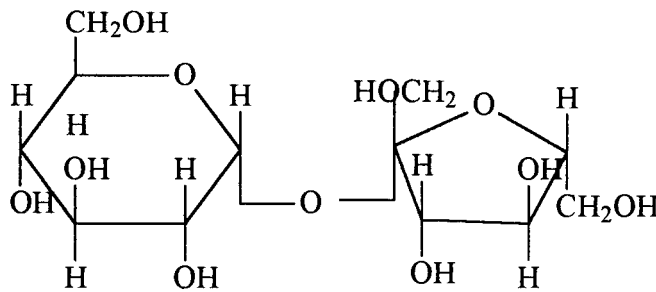
Selon (Viera Da Silva, 1968), l'accumulation des glucides apparaît dans les feuilles, lors d'une contrainte hydrique et que cela varie d'une espèce à une autre.

Ainsi que d'après (Maranville et Paulsen, 1970) cité par (Benlaribi, 1990) le saccharose augmente tandis que les teneurs en glucoses et en fructose sont réduites.

Cette molécule de saccharose (fig.10) assure la protection du glucose contre les attaques enzymatiques variées, jusqu'à l'endroit de son utilisation. (Gerhard, 1993).

Selon (Bensari, 1989) L'utilisation des réserves amylacées du chloroplaste pourrait être chez des espèces végétales (exp : le soja) un facteur d'adaptation au déficit hydrique.

Le saccharose s'accumule principalement dans la vacuole, il est probable que la teneur de ce dernier s'accumule au niveau hyaloplasmique.



**Fig.10**     Structure du saccharose

**4-1) Biosynthèse du saccharose:**

Ce diholoside, représente la forme dominante ou exclusive du transport des glucides, qu'il s'agisse d'arbre ou de plante herbacée (Guignard, 1974).

Il est formé d'une molécule de glucose et d'une molécule de fructose, dont la liaison est de type (α1-2) glucopyranose-fructofuranose.

A côté de l'amidon le saccharose est le premier produit photosynthétique stable ; Il doit se former dans le cytosol, à cause de la perméabilité de la membrane chloroplastique au saccharose, à partir des trioses phosphates, fournis par le chloroplaste (Fischer et Outlaw, 1979). (Fig. 11)

Seule une petite fraction, accumulée dans la vacuole, participe au maintien de la pression osmotique cellulaire, la majeure partie est exportée.

Cependant le saccharose est la principale forme de transport du carbone vers les organes receveurs (Lucas et Madore, 1988) où il est utilisé comme source d'énergie et de chaînes carbonées.

Et il constitue de plus un réservoir biologique important pour le glucose et le fructose ; Ces deux sucres en C<sub>6</sub> fournissent à de nombreux organismes l'énergie indispensable à leur biosynthèse,

### **5) les facteurs de l'environnement et accumulation des composés phénoliques**

Les tannins condensés ou proanthocyanidines sont présents dans la plupart des génotypes de *Vicia-faba* L à l'exception des téguments blancs (Nozollilo et al, 1988).

Cependant ces composés phénoliques s'accumulent dans la plante avec des quantités importantes sous l'effet de plusieurs facteurs de l'environnement (Beggs et al, 1986), Harborne, 1988, leur attribuent le rôle de la résistance contre les attaques des insectes, l'analyse biochimique a révélé une accumulation des composés phénoliques dans les nodules des racines de *Casuarina glauca* qui peut expliquer le rôle des composés phénoliques dans les interactions entre plante et bactéries (Lapazle et al, 1999).

Selon (Forkman et Heller , 1994) les enzymes responsables de la biosynthèse des flavonoides (tel que Chalcone synthase CHS) sont activées sous l'effet des facteurs de l'environnement.

Aussi Harborne, 1988, montre que les métabolites secondaires peuvent être induits sous l'effet des facteurs de l'environnement comme les facteurs pathogènes, les polluants de l'air, les rayons ultra violet et peuvent protéger la plante des conséquences potentiellement malfaisantes. Selon Heller et al, 1994 les composés phénoliques, tel que les tannins, se synthétisent par la plante sous l'effet de diverses contraintes biotiques et abiotiques. Parmi ces contraintes : le stress hydrique que nous allons étudier.

**PARTIE II : MATERIELS**  
**&**  
**Méthodes**



Photo 1 Installation de l'essai

## **Partie II : Matériels et méthodes**

### **1. Matériel végétal : *Vicia faba* L**

L'étude a porté sur trois cultivars de *Vicia faba* L ; dont une variété locale (Aquadulce L) et la variété d'introduction : Reinablanca qui nous sont fournies par la station expérimentale de Guelma (récolte de l'année 1997-1998) et la variété Alfred fournie par la station de Dijon France.

#### **1-1) Origine et caractéristiques des variétés étudiées**

<b>Géotypes</b>	<b>Origine</b>	<b>Caractéristiques</b>
Reinablanca	Espagne	Variété Major
Aquadulce L	Algérie	Variété Moyenne Grand potentiel de productivité
Alfred	France (INRA-Dijon)	Variété Minor tardive

#### **1-2) Installation de l'essai**

Notre essai est mené en pots, rempli de sol de nature agricole de structure limoneuse argileuse, pris d'un terrain agricole situé à la pépinière de Chaab ersas université de Constantine. (Photo 1)

Les pots de forme (carrés et ronds), sont installés sous une serre ordinaire dont ( La température et l'humidité relative sont mesurées grâce à un thermographe et un hygrographe exprimée en pourcentage (voir annexe1).

#### **1-3) Détermination de la capacité au champ**

Elle représente la masse d'eau restant dans un sol saturé et ressuyé après 24 h à 48h. elle est exprimée en pourcentage du poids du sol sec.

l'eau correspondante est progressivement utilisée par la plante et évaporée par le sol jusqu' à un certain seuil d'humidité (Lafon et al, 1988).

La détermination de la capacité au champ, se réalise par la pesée du sol saturé (4 répétitions) et le sécher dans une étuve à 110° pendant 24, et 48 h.

Les résultats de la pesée sont les suivants : après 24 h

Numéro de l'échantillon	1	2	3	4
Poids du sol saturé (g)	400	400	400	400
Poids du sol sec (g)	301.1	254.2	307.1	301.6
poids de l'eau dans le sol (g)	98.9	145.8	92.9	98.4
C.C (capacité au champ %)	32.84	57.34	30.25	32.62

On a calculé la capacité au champ ( C.C ) par la formule suivante :

$$C.C = \text{poids de l'eau} / \text{poids du sol sec} \times 100$$

La moyenne pour les 4 répétitions est égale à

$$38.26\%$$

Après 48h, on a obtenu les résultats suivants :

Numéro de l'échantillon	1	2	3	4
Poids du sol saturé ( g )	400	400	400	400
Poids du sol sec (g)	282.7	267.9	275.4	301.1
Poids de l'eau dans le sol (g)	117.1	132.1	124.6	98.9
C.C	41.49	49.30	45.30	32.8

Avec la formule précédente, on obtient une capacité au champ équivalente à 38% qui est (1900g sol = 1900ml) d'eau pour les pots ronds, et (1980g = 1980ml) pour les pots carrés.

Le semis est effectué le 15 novembre 2000, pour chaque variété nous avons utilisé 50 pots à raison de 10 pots par traitement et de 3 graines / pot. Après semis, le sol est maintenu à une humidité constante pour tous les pots par des apports d'eau à raison de 2 fois par semaine.

**1-4) Application du stress hydrique**

Au moment de l'apparition de la 5ème feuille on pèse les pots jusqu'à l'obtention du poids désiré pour l'application du stress hydrique, les traitements hydriques sont les suivants :

- S1 : 75% de la capacité au champ
- S2 : 50% de la capacité au champ
- S3 : 25% de la capacité au champ

Ainsi qu'un arrêt d'irrigation appliqué au stade remplissage des gousses pour tous les génotypes (S4).

Alors que le T : témoin est maintenu à une humidité constante par des apports réguliers d'eau.

## **2) les Paramètres mesurés**

lors de nos essais nous avons mesuré les paramètres suivants :

### **2-1) Paramètre de croissance**

#### **a) Cinétique de croissance**

La cinétique de la croissance est évaluée par la mensuration de la hauteur de la tige principale, et cela pour tous les génotypes et pour tous les traitements au stade 5 feuilles jusqu'à la maturation.

#### **b) Hauteur de la tige principale**

#### **c) Nombre de rameaux**

#### **d) Surface foliaire**

Elle est déterminée pour chaque traitement par une méthode destructive des feuilles en utilisant un planimètre.

### **2-2) Evénements phénologiques**

#### **a) Ramification**

#### **b) Stade floraison et formation des gousses**

#### **c) Stade remplissage des gousses**

#### **d) Maturité**

### **2-3) Composantes du rendement**

#### **a) Nombre de gousse/plante**

S'effectue au stade fin remplissage des gousses, moment idéal pour le dénombrement des gousses.

#### **b) Longueur de la gousse**

Elle est mesurée au stade fin remplissage des gousses

#### **c) Nombre de graine /gousse**

Ce paramètre est évalué à la maturité, après la récolte.

#### **d) Poids moyen de la graine**

Cela est réalisé par la pesée des répétitions de 10 graines, prises de manière aléatoire.



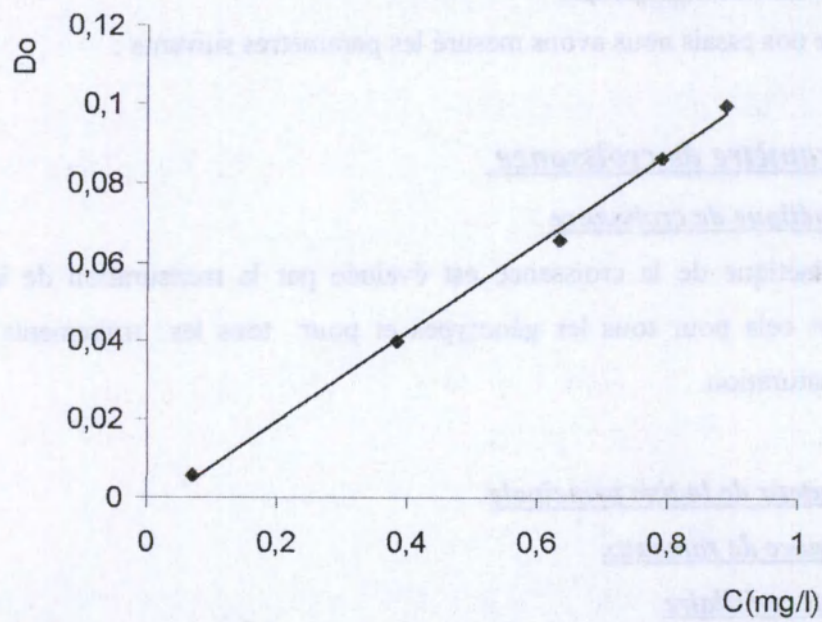


Fig. 12 Courbe étalon de la proline

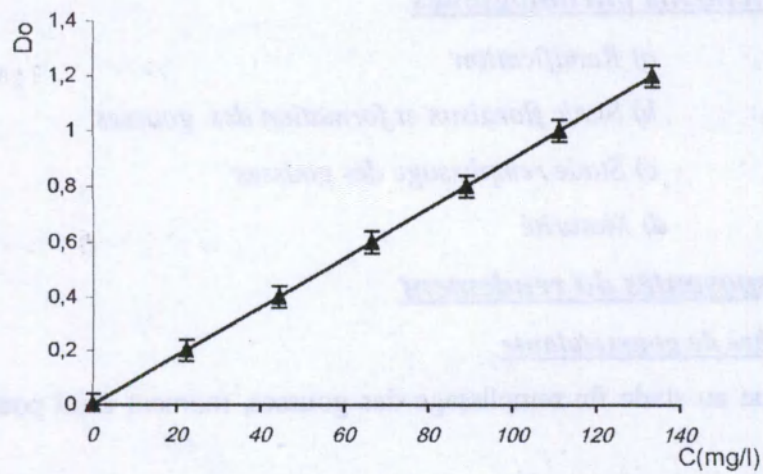


Fig.13 Courbe étalon des sucres solubles

## 2 -4) Paramètres biochimiques

### 1. Dosage de la proline

La méthode suivie est celle de (Troll et Lindsley. ; 1955) simplifiée et mise au point par Dreier et Goring en (1974).

Elle consiste à prendre 100mg du matériel végétal (feuilles( le tiers médian ) et la graine de *Vicia faba* L dans notre cas).

Puis à ajouter 2ml de méthanol à 40% le tout est chauffé à 85°C dans un bain-marie pendant 60mn.

Après refroidissement, on prélève 1ml d'extrait auquel il faut ajouter :

-1ml d'acide acétique ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )

-25mg de ninhydrine(  $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_4$  )

-1ml de mélange contenant : -120ml d'eau distillée

-300ml d'acide acétique

-800ml d'acide orthophosphorique ( $\text{H}_3\text{PO}_4$  , d =1.7)

Le mélange est porté à ébullition durant 30mn, la solution vire en rouge, après refroidissement, 5ml de toluène sont rajoutés à la solution qui est agitée, deux phases se séparent (une phase supérieure et une phase inférieure).

Après avoir éliminer la phase inférieure, La phase supérieure est récupérée et déshydratée par l'adjonction d'une spatule de sulfate de sodium  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhydre.

On détermine la densité optique à 528nm.

Les valeurs obtenues sont converties en teneur de proline à partir de la courbe étalon (fig. 12)

Dont la relation est la suivante :

$$Y = 0.1043 X$$

### 2) Dosage des sucres solubles

Les sucres solubles totaux (saccharose, fructose, glucose, leurs dérivés méthylés et les polysaccharides ) sont dosés par la méthode de(Dubois et al. ; 1956).

Elle consiste à prendre 100mg de matériel végétal (1/3 médian de la feuille ), dans des tubes à essai, on ajoute 03ml d'éthanol à 80% pour faire l'extraction des sucres, puis on laisse à température ambiante pendant 48heures.

Au moment du dosage les tubes sont placés dans l'étuve à 80°C pour faire évaporer l'alcool. Dans chaque tube on ajoute 20 ml d'eau distillée à l'extrait (solution à analyser).

Dans des tubes en verre propres, on met 2ml de la solution à analyser, on ajoute 1ml de phénol à 5% (le phénol est dilué dans de l'eau distillée) ; On rajoute rapidement 5ml d'acide sulfurique concentré (96% d= 1.86) tout en évitant de verser de l'acide contre les parois du tube.

On obtient, une solution jaune orange à la surface, on passe au vortex pour homogénéiser la couleur de la solution. On laisse les tubes pendant 10mn et on les place au bain-marie pour 10 à 20mn à une température de 30°C

Remarque : la couleur de la réaction est stable pendant plusieurs heures.

Les valeurs obtenues sont reportées sur la gamme étalon ( Fig. 13 )

$$Y = 0.009 X$$

### 3 ) Dosage des Tannins

Préparation des échantillons : les extraits bruts de tégument de graine (0.5g ) sont obtenus par acétone - eau (70/30 ) sous reflux, à chaud ( l'acétone est un extractant le plus pertinent que les dissolvants alcooliques aussi il empêche l'interaction de Tannin-proteine).

Après élimination de l'acétone par évaporation à sec les extraits sont repris par l'eau distillée.

Les méthodes de dosage sont les suivantes :

#### 3- 1) Dosage des phénols totaux

##### a) Méthode au bleu de Prusse

Cet essai est basé sur la réduction de l'ion ferrique ( $Fe^{3+}$ ) en ion Ferreux ( $Fe^{2+}$ ) par les tannins et autres composés phénoliques, qui conduit à la formation d'un complexe de couleur de bleu de Prusse d'où le nom de la méthode.

le protocole de dosage :

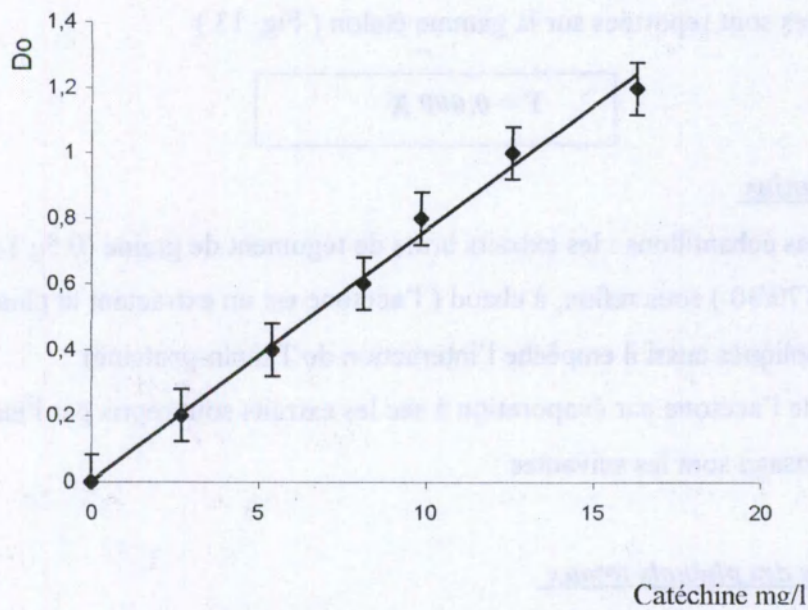
- 7 ml d'extrait dilué
- 10 ml d'eau distillée
- 1ml de réactif de chlorure ferrique ( $FeCl_3$  0.1M dans HCL 0.1 N) suivi immédiatement de 1ml d'Hexacyanoferrate de potassium ( $K_3Fe(CN)_6$ -0.008M dans l'eau )

la réaction se développe pendant 10mn exactement à température ambiante

-L'absorbance est mesurée à 725 nm

La Teneur en phénols totaux est calculé selon la formule suivante :

$$T_{0/00} = \frac{C \cdot D \cdot V}{1000 \times PS}$$



**Fig.14** Courbe d'étalonnage de la catéchine avec le Réactif de bleu au prusse

C: concentration (gamme étalon fig. 14)

D : dilution

V: volume repris par l'eau distillée d'extrait global

PS : poids de la matière sèche

### **3-2) Dosage des tannins condensés**

Pour caractériser les tannins condensés ou proanthocyanidines deux méthodes complémentaires ont été retenues :- le test à la vanilline - HCl

-Le test au Butanol -HCl

#### **a) Test vanilline**

Ce test est basé sur la réaction de condensation des composés polyphénoliques avec la vanilline en milieu acide. Il est spécifique des flavane-3-ols, dihydrochalcones et proanthocyanidines (Burns, 1971 ; Price et al, 1978 )cité par ( Merghem, 1995)

La vanilline se combine avec un cycle benzénique des flavanes selon le mécanisme de condensation des aldéhydes et des phénols, La condensation est illustrée par (la figure.15)

Le protocole utilisé est le suivant :

- Le réactif est préparé d'une solution de vanilline à 5.8 % dans le méthanol et d'une solution d'acide chlorhydrique à 24% dans le méthanol ;
- 5 ml de réactif vanilline -HCl sont ajoutés à 1 ml d'extrait phénolique ;
- La réaction se déroule au bain-marie à 30° pendant 20mn ;
- L'absorbance est lue à 500nm

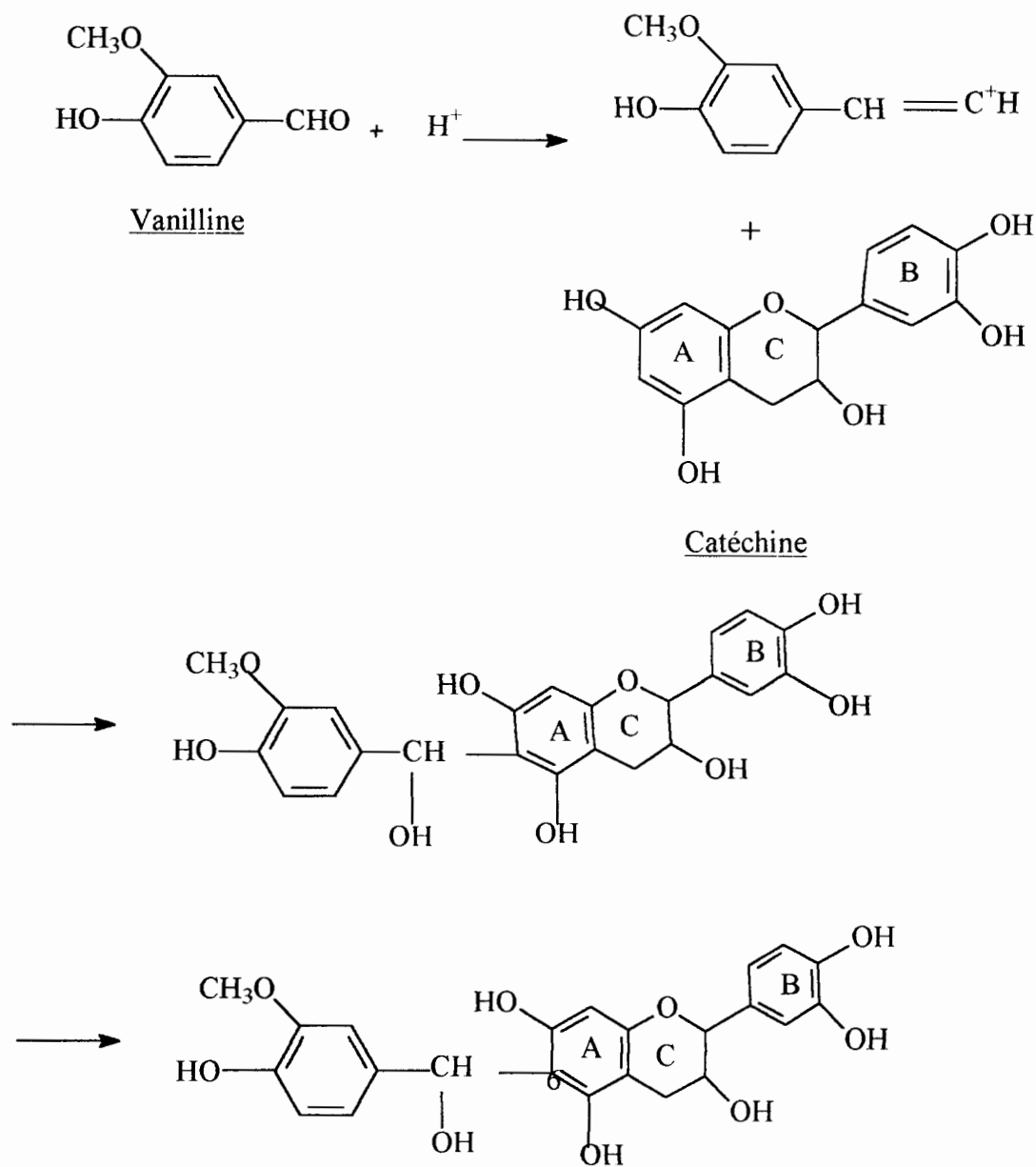
La teneur est calculée suivant la formule :

$$T_{0/00} = \frac{C \cdot D \cdot V}{1000 \times ps}$$

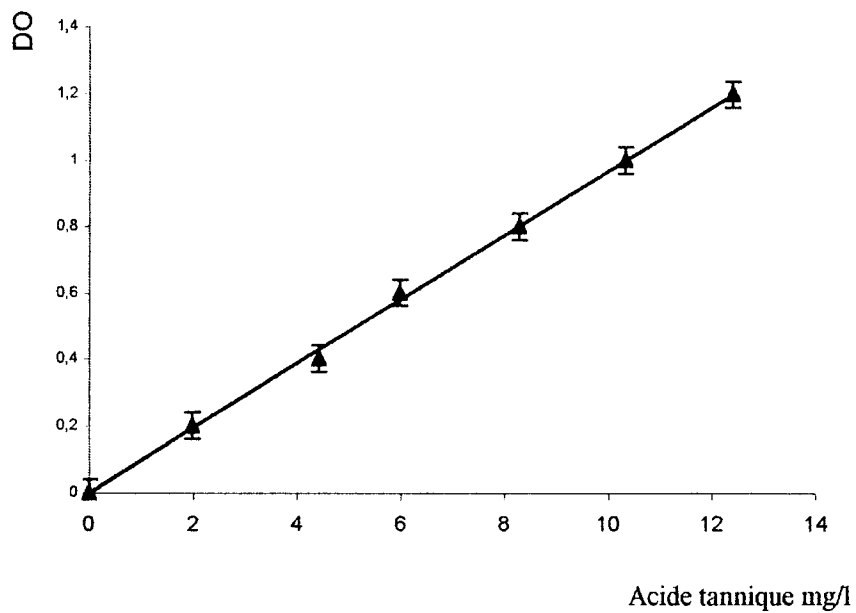
La concentration est calculée selon la courbe étalon (fig.16)

#### **b) Butanol - HCl**

Le butanol analyse acide mesure tout le nombre de résidus de flavonoides présents et l'analyse de vanilline mesure le nombre de molécules.



**Fig.15** Condensation de la vanilline sur un flavane- 3 - ol



*Fig. 16* Courbe étalon acide tannique

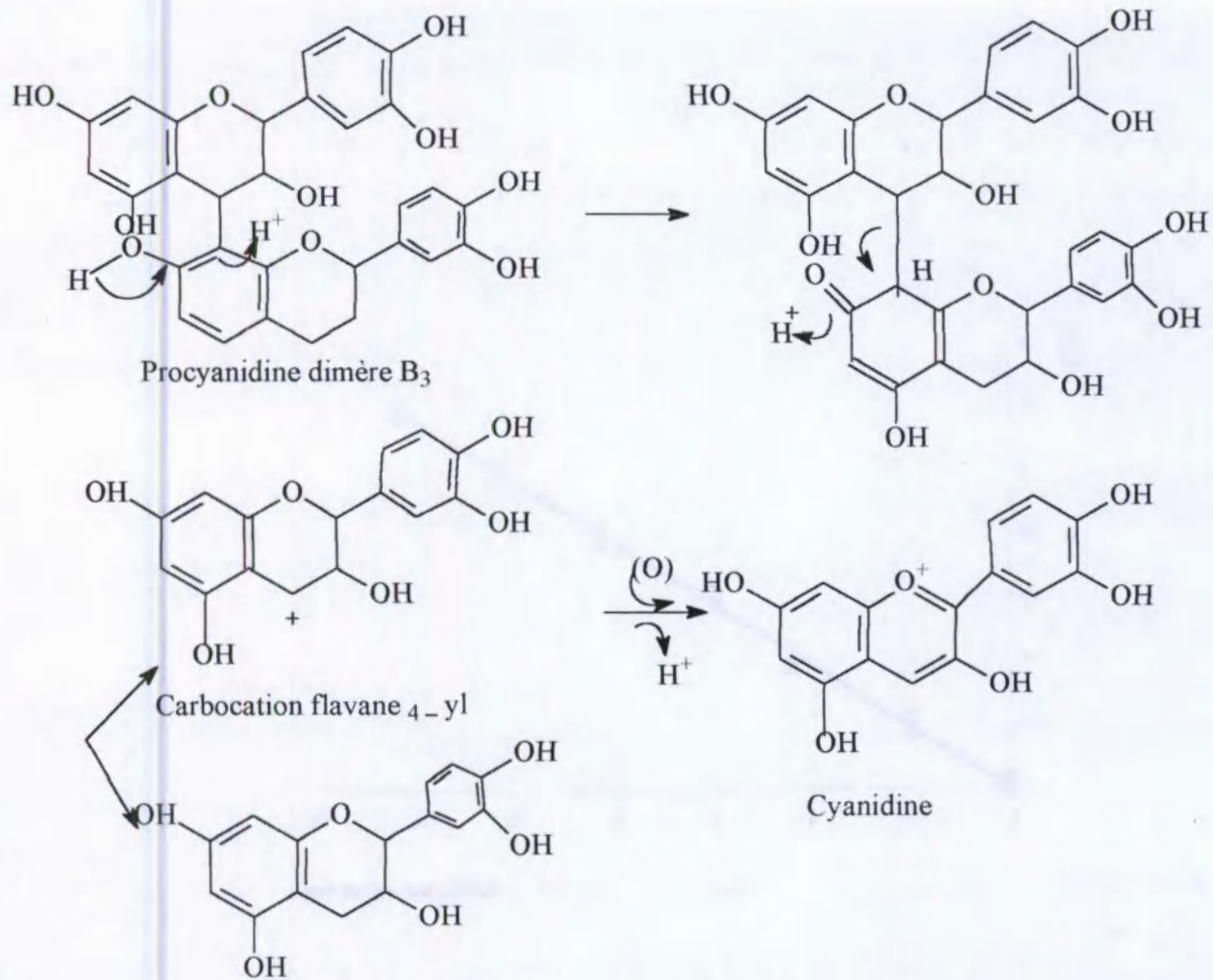


Fig. 17a Oxydation des proanthocyanidines (Haslam, 1977)

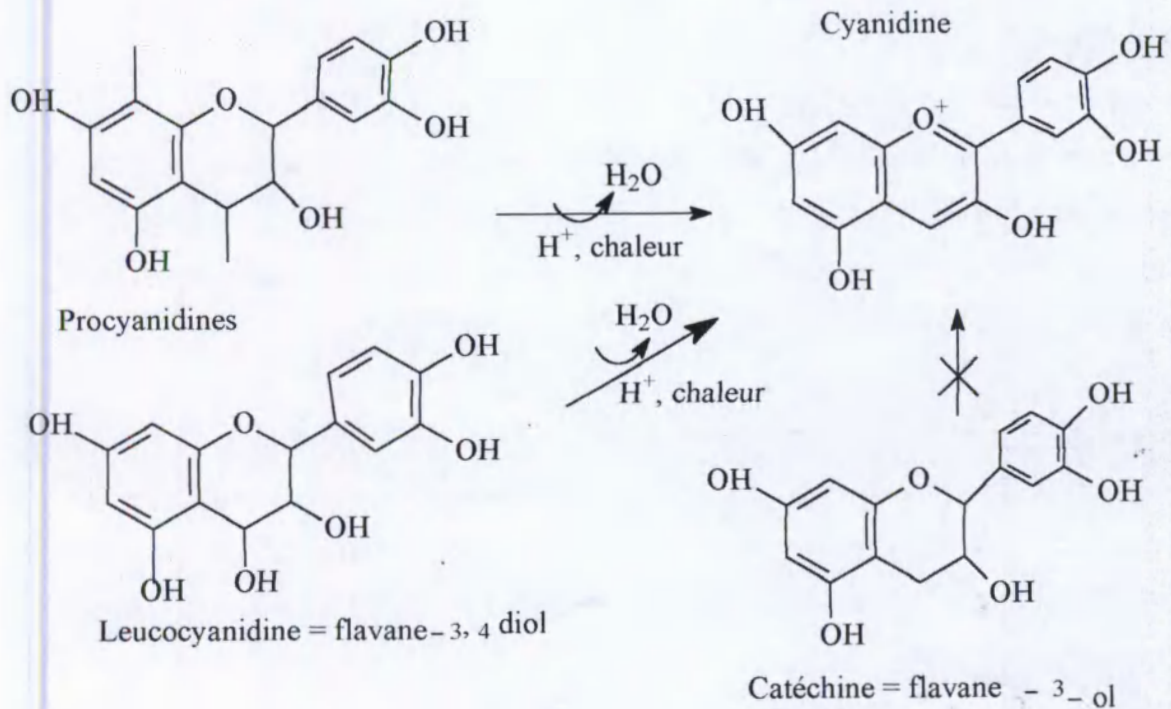


Fig. 17b Oxydation des proanthocyanidines et des flavanes -3,4 - diols anthocyanidines



Le butanol-HCl est également employée pour estimer la quantité de tannins insolubles ce dosage dénombre toutes les unités catéchiques engagées dans la formation des liaisons interflavoniliques et ne réagit pas avec les monomères libres (fig. 17 )

Le protocole utilisé est le suivant :

- 0.5 ml d'extrait
- 6 ml de solution de BuOH -HCl ...
- La solution est portée au bain-marie à 100° pendant 2 heures
- L'absorbance est lue à 550nm

le calcul de la teneur en proanthocyanidines exprimé en mg/g d'anthocyanidines est réalisé grâce à la formule suivante:

$$T_{0/00} = DO/E \cdot Vd / P$$

DO =densité optique

E 1% 1cm =coefficient d'extinction massique =150 (Bate -Smith 1973 )

V = volume de l'extrait total

d = facteur de dilution

P= poids de la matière sèche

### **3) Méthodes d'analyse des données**

#### **3- 1) Analyse de la variance à deux facteurs**

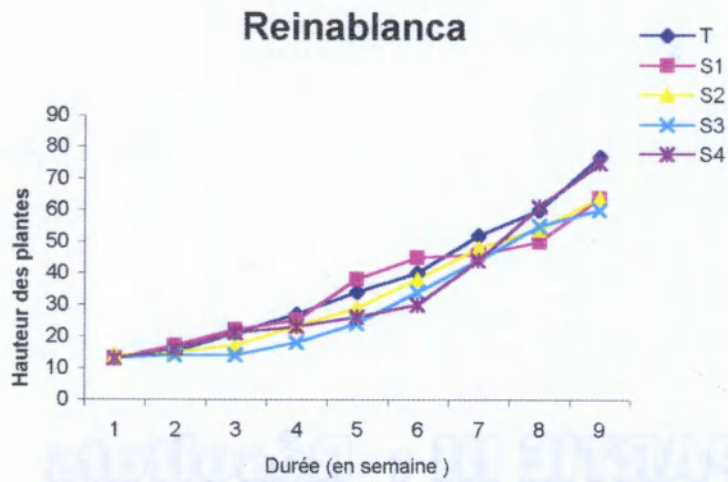
Cette analyse nous permis de voir l'effet du stress hydrique sur les paramètres étudiés Le test utilisé pour la comparaison de moyenne, est le test de Newman- Keuls seuil 5%. Qui permet de constituer des groupes homogènes, la constitution des groupes homogènes se fait à partir des plus petites amplitudes significatives (p.p.a.s).

#### **3- 2) Analyse en Composantes Principales**

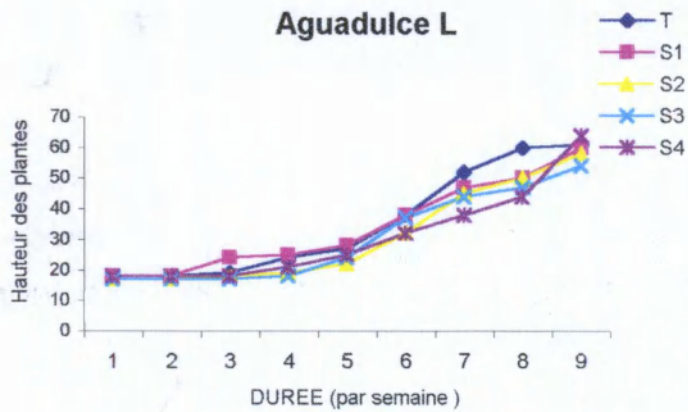
Permet de représenter les données dans un ou plusieurs espaces à deux dimensions, c'est à dire sur des plans. Pour cela elle va construire des combinaisons linéaires à partir des variables, pour lesquelles la variance sera la plus grande possible, ces combinaisons sont appelées composantes principales.

Le logiciel utilisé pour l'analyse des données est : STAT - ITCF.

**PARTIE III : Résultats  
&  
DISCUSSION**



*Fig. 18 Effet du stress hydrique sur la croissance de la plante durant tout son cycle du développement*



*Fig. 19 Effet du stress hydrique sur la croissance de la plante durant tout son cycle du développement*

## ***PARTIE III : Résultats et discussions***

### ***1) Paramètres de croissance de *Vicia faba* L***

#### ***1-1) Cinétique de croissance***

Les figures.18, 19, 20, montrent que le stress hydrique influe sur la croissance globale de la plante. On note des valeurs plus élevées chez la variété Reinablanca suivi par la variété Alfred et à la fin la variété locale Aquadulce L. Le stress sévère (25%) entraîne une réduction importante de la hauteur de la plante chez les trois cultivars.

#### ***1-2) Hauteur de la plante***

Ce paramètre a été étudié chez les trois génotypes soumis aux différents traitements. L'analyse de la variance révèle l'existence d'un effet génotypique significatif, tandis que pour le déficit hydrique, le test n'est pas significatif.

Selon la figure 21, l'intensité du stress hydrique, entraîne une réduction de la hauteur de la plante.

Cette réduction est moins marquée au stade remplissage des gousses.

Les hauteurs avoisinent les 72 cm pour la variété Reinablanca et d'environ 53 cm pour la variété moyenne Aquadulce L et sont respectivement de 75.33cm et de 66cm pour la variété mineure Alfred (Annexe 2).

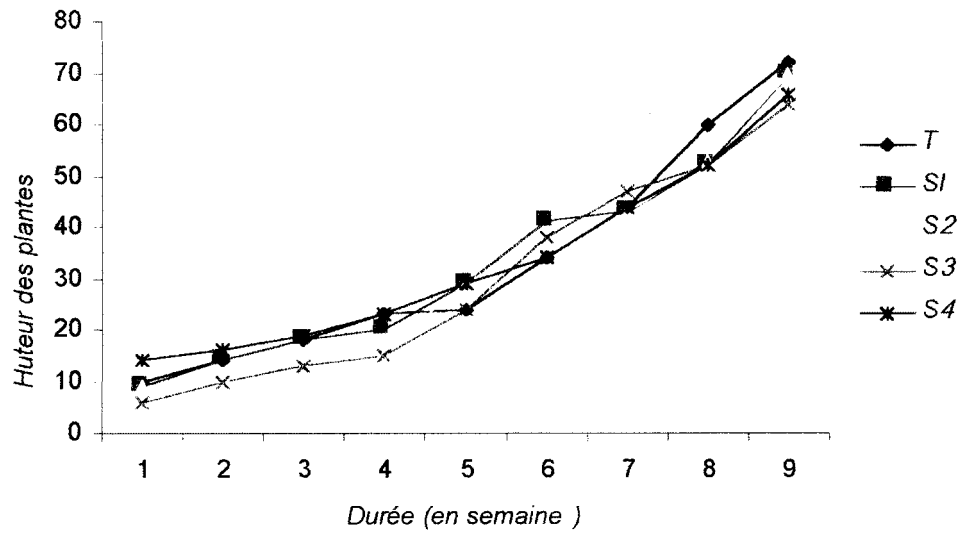
Le test de Newman –Keuls seuil 5% complète l'analyse de la variance et permet de classer les moyennes et de constituer des groupes de génotypes non significativement différents par rapport à la variable. les variétés se répartissent en deux groupes homogènes comme suit :

<b>Génotypes</b>	<b>Moyennes (cm)</b>	<b>Groupes homogènes</b>
Alfred	68.87	A
Réinablanca	65.93	A
Aquadulce L	55.27	B

-Le premier groupe (A) constitué par les variétés Alfred et Reinablanca qui se caractérise par une hauteur de la plante plus élevée qui atteint 75.33cm chez Alfred et de 72.67cm chez la variété Reinablanca.

Le groupe B, illustré par la variété Aquadulce L, atteint une hauteur de 52.33 cm ( Fig. 21 ).

## ALFRED



**Fig.20** Influence du stress hydrique sur la croissance de la plante durant tout son cycle du développement

Hauteur des plantes (en cm)

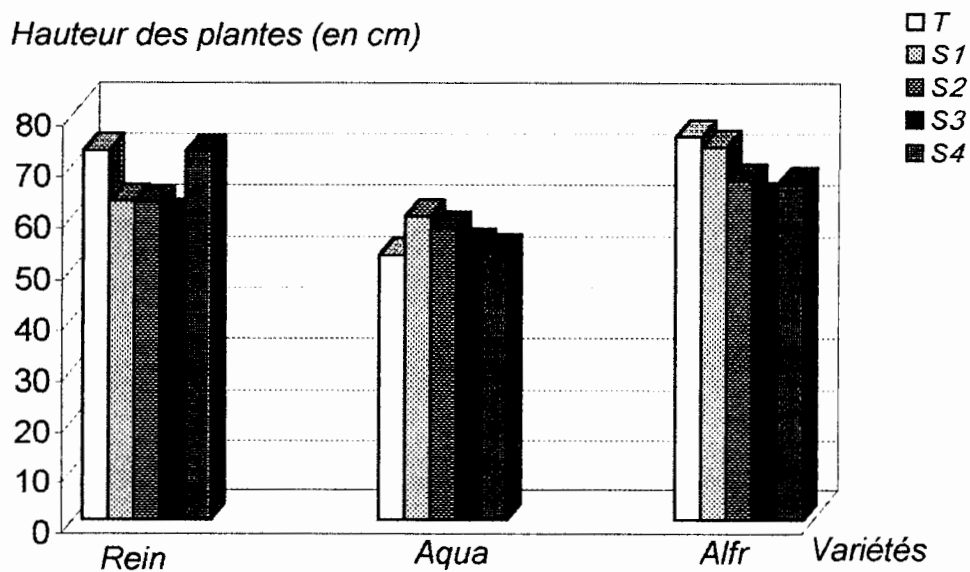


Fig. 21 Hauteur des plantes chez les trois génotypes

Nombre de rameaux

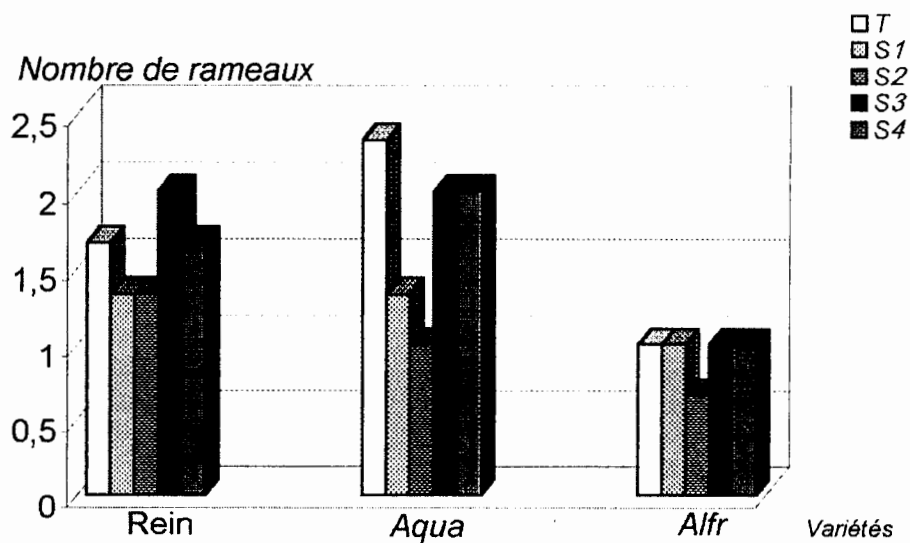


Fig. 22 Nombre de rameaux chez les trois génotypes

On peut déjà émettre l'hypothèse que la variété locale est sensible au stress et se manifeste par une réduction de la hauteur de la plante, et cela peut être un moyen d'adaptation.

Ce type d'hypothèse a été déjà signalée par ( Méziani et al, 1986) qui montre que les variétés à hauteur courte montre une bonne adaptation et une meilleure productivité en zones sèches.

Cette diminution de la hauteur peut également être provoqué par un stress salin (Hubac et Boutler, 1986).

**1-3) Nombre de rameaux**

La figure 22, montre que le nombre de rameaux diffère d'une variété à l'autre. La variété Aquadulce L a plus de rameaux que la variété Reinablanca (1.66 contre 1.33) et la variété Alfred qui a une seule tige principale.

Lors des traitements 75% de la capacité au champ ( S1) le nombre de rameaux diminue de la même manière pour la variété Reinablanca et Aquadulce L (1, 33), Par contre, lors de traitement 50% de la capacité au champ ( S2), cette diminution est accentuée chez la variété Aquadulce qui atteint (1) rameau.

En ce qui concerne la variété Alfred une réduction d'environ 40% est observée lors de traitement 50% de la capacité au champ et qui atteint ( 0.66) (annexe 2).

Alors que selon l'intensité du stress hydrique, on remarque une augmentation du nombre de rameaux et qui atteint à 25% de capacité au champ (S3) le (2) rameaux chez la variété Reinablanca.

L'analyse de la variance révèle une différence entre les génotypes hautement significative.

Le test de Newman-Keuls seuil5% : permet de les classer en deux groupes homogènes :

Génotypes	Moyennes	Groupes homogènes
Aquadulce L	1.80	A
Reinablanca	1.60	A
Alfred	0.93	B

-Le groupe A, regroupe la variété Reinablanca et Aquadulce L avec des moyennes plus élevées

-Le groupe B, regroupe la variété Alfred avec une moyenne de (0.93).

Surface foliaire (cm<sup>2</sup>)

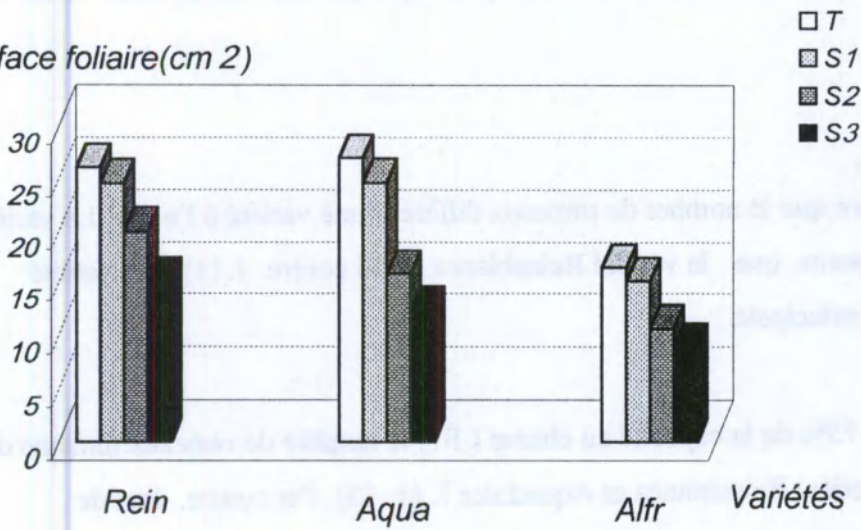


Fig.23 Surface foliaire chez les trois génotypes

Géotypes	Moyennes	Groupes homogènes
Apasahica I	1.30	A
Romahica	1.60	A
Alfred	1.33	B



Concernant l'effet du stress hydrique : l'analyse de la variance montre qu'il est significatif à  $p < 0.05$ . Le test de Newman-Keuls seuil 5% les classe selon le traitement, en deux groupes :

- Le groupe A avec des moyennes presque analogues.
- Le groupe B avec une moyenne moindre de ( 1.0) qui est observée chez la variété Alfred.

Traitements	Moyennes	Groupe homogènes
S4	1.67	A
T	1.67	A
S3	1.56	A
S1	1.33	A B
S2	1.0	B

Ces résultats montrent que la variété Reinablanca et la variété Aquadulce L, se manifestent vis à vis aux traitements hydriques par une capacité de ramification plus élevée par rapport à la variété Alfred.

#### 1-4) Surface foliaire

La figure 23, révèle une différence inter génotypique. On note une surface plus élevée chez les témoins des variétés Reinablanca et Aquadulce L respectivement de 26.07 et 26.97 cm<sup>2</sup> (annexe 3) par rapport à la variété mineure qui est de 16.5 cm<sup>2</sup>.

Il est à noter que les valeurs diminuent selon l'intensité du stress hydrique.

- A 75% de la capacité au champ, on remarque une légère réduction de la surface foliaire.
- A 25% de la capacité au champ l'effet dépressif du stress hydrique est plus marqué pour toutes les variétés.

Selon ( Blum, 1985 ) la surface foliaire est un caractère morphologique d'adaptation, donc le stress hydrique influe sur la surface foliaire.

L'analyse de la variance, montre un effet génotypique hautement significatif à  $p < 0.05$  et à  $p < 0.01$ .

Le test de Newman Keuls –seuil 5% les classe en trois groupes :

**Tableau N° V** : Evénements phénologiques ( en jours)

Génotypes	Traitements	Ramification	Stade floraison	Stade formation des gousses	Stade remplissage des gousses	Maturité
<i>Reinablanca</i>	T	47	109	127	159	180
	S1	46	72	117	149	179
	S2	45	80	116	145	177
	S3	46	81	117	145	176
	S4	47	108	120	160	178
<i>Aquadulce L</i>	T	47	109	114	166	177
	S1	47	72	117	165	174
	S2	46	80	116	159	174
	S3	45	81	117	159	<b>173</b>
	S4	46	107	116	167	178
<i>Alfred</i>	T	57	128	139	180	<b>190</b>
	S1	56	102	141	174	189
	S2	57	110	152	175	188
	S3	57	112	162	175	187
	S4	56	130	145	177	192

Génotypes	Moyennes ( Cm2)	Groupes homogènes
Reinablanca	21.47	A
Aquadulce L	19.97	B
Alfred	12.79	C

L'effet du stress hydrique appliqué au stade cinquième rangs foliaires, sur la surface foliaire est mieux représenté par le test de Newman Keuls seuil 5%.

Ce test les regroupe en quatre groupes homogènes selon l'intensité du stress comme suit :

Traitements	Moyennes (Cm2)	Groupes homogènes
T	23.18	A
S1	21.46	B
S2	15.51	C
S3	12.16	D

- le premier groupe (A) regroupe les témoins caractérisés par une surface foliaire plus élevée, suivi par le traitement 75% de la capacité au champ (B), le traitement 50% de la capacité au champ (C) et à la fin le traitement 25% (D) avec une surface foliaire plus réduite de(12.16 cm<sup>2</sup>).

## **2) Evénements phénologiques**

Selon les résultats figurant dans le( tableau V ), le stress hydrique n'a aucun effet sur le stade ramification, ceci pour toutes les variétés, il accélère la floraison de toutes les cultivars et à tout les niveaux 75%, 50% et 25%. Comparativement aux témoins et au stade remplissage des gousses, elle varie entre 72 jours et 109 jours pour la variété Reinablanca et entre 72 jours et 109jours pour la variété Aquadulce L alors qu'elle est de 110 jours jusqu'à 128 jours pour la variété Alfred (photo 2, 3, 4), ce phénomène est remarqué également par plusieurs auteurs qui le qualifie de phénomène de l'esquive ou l'échappement.

Le stress hydrique provoque la formations des gousses, ce stade est réduit de 10 jours pour la variété Reinablance, de 28 jours pour la variété Aquadulce L et à la fin de 16 jours pour la variété Alfred.



Photo 2 *Vicia faba* Reinablanca



Photo 3 *Vicia faba* Aqadulce L.



Photo 4 *Vicia faba* Alfred

Le stress hydrique influe sur le remplissage des gousses, les gousses chez les variétés stressées sont remplies rapidement en graines ( ce stade est réduit de 14 jours chez la variété Reinablanca ; de 05 jours pour la variété Aquadulce L et la variété Alfred) par rapport aux témoins.

Le stress hydrique influe sur la maturité des graines, ce stade atteint : 190 jours pour la variété Alfred ; 178 pour la variété Reinablanca et à la fin 173 jours pour la variété Aquadulce L.

Selon (Evans, 1984) les contraintes hydriques entraînent des perturbations hormonales qui se traduisent par une fructification plus précoce.

Nos résultats montrent que le cycle du développement de la variété Alfred est le plus long par rapport à celui de Reinablanca et Aquadulce L .

Ceci nous autorise à classer la variété Alfred pour la variété la plus tardive.

Le traitement 25% de la capacité au champ (S3) appliquée à Aquadulce L rend cette dernière très précoce par rapport aux autres variétés.

Selon (Vidal et al, 1984) les variétés les plus tolérantes arrivent à maintenir leur croissance cellulaire malgré les conditions défavorables. Cette aptitude pourrait provenir d'une meilleure régulation osmotique (Meyer et Boyer, 1972) conduisant à une pression de turgescence plus stable.

### **3) Composantes du rendement**

#### **3-1) Longueur de la gousse**

Selon la figure 24, on distingue que cette composante agronomique n'est pas affectée par le stress hydrique par comparaison aux autres paramètres étudiés.

La longueur de la gousse varie entre (6cm) pour la variété mineure Alfred et (14.33 cm) pour la variété locale Aquadulce L (annexe 4).

L'analyse de la variance, montre qu'il y a une différence génotypique hautement significative à  $p < 0.05$  et à  $p < 0.01$ .

Longueur de la gousse (cm)

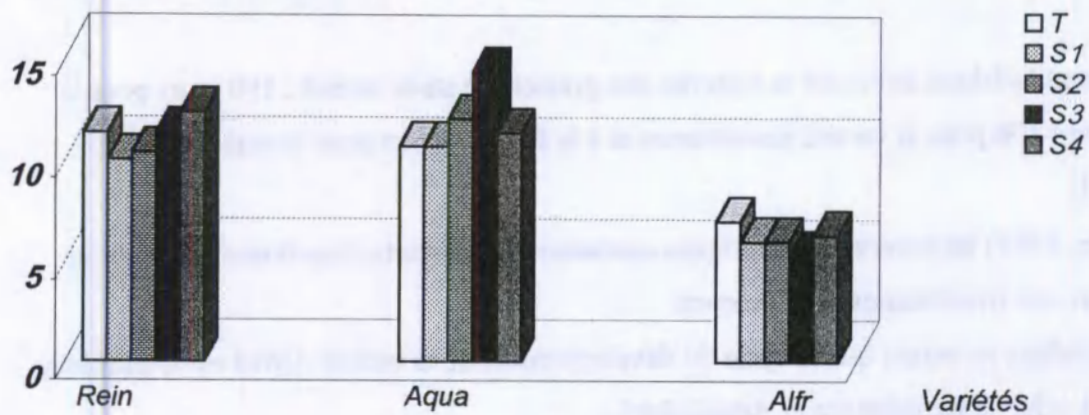


Fig. 24 Longueur de la gousse (cm)

Nombre de gousse/plante

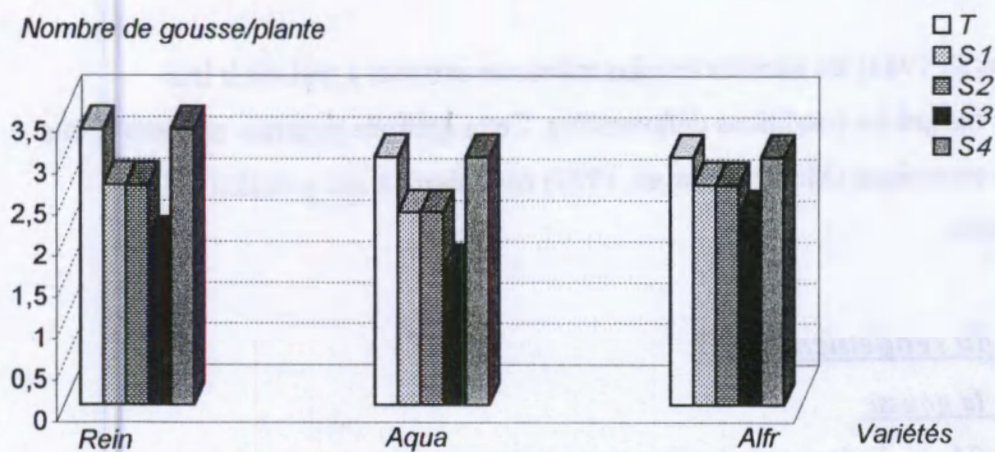


Fig.25 Nombre de gousses par plante

Tandis que pour le stress hydrique, l'analyse statistique, révèle un effet non significatif. La longueur de la gousse varie de (6cm) à ( 14.33 cm) pour la variété locale Aquadulce L. La gousse la plus longue est enregistrée chez la variété locale Aquadulce L.

(Baldy, 1973), montre qu'en conditions du déficit hydrique, l'épi joue un rôle plus important dans la photosynthèse que la dernière feuille.

**3-2) Nombre de gousse par plante**

Selon la figure 25, on note pour ce paramètre :

La meilleure valeur est obtenue chez les témoins de la variété Reinablanca et au stade remplissage des gousses (3.33 ).

Un stress hydrique appliqué, provoque une diminution de nombre de gousse /plante. Une analyse de la variance révèle un effet non significatif pour les génotypes, alors que l'effet du stress hydrique est hautement significatif à  $p < 0.05$  et à  $p < 0.01$ .

Le test de Newman –Keuls seuil 5% nous donne deux groupes homogènes :

Traitements	Moyennes	Groupes homogènes
S4	3.11	A
T	3.11	A
S1	2.56	A B
S2	2.56	A B
S3	2.00	B

Le premier groupe (A) qui n'est pas influencé par le stress hydrique, alors qu'au traitement 25% (S3) le groupe (B), on note une diminution de nombre de gousse/plante.

Selon ( Shanahan et al, 1985), le nombre d'épi provient du nombre de talles émises par la plante et du nombre de talles disparues durant le stade épiaison.

La réduction nombre de talles lors d'un stress hydrique, peut être une stratégie développée par ces génotypes en vue de produire moins d'épis, mais en revanche plus fertile.

**3-3) Nombre de graines par gousse**

Dans l'étude de ce paramètre les résultats obtenus (annexe 4), montrent que ce dernier est aussi affecté par le stress hydrique.



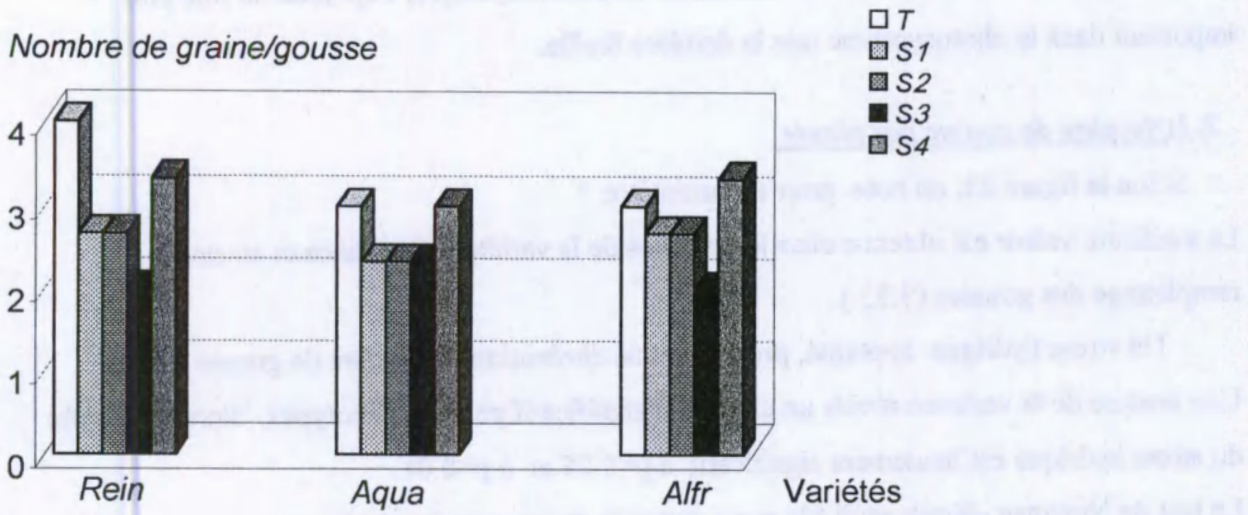


Fig. 26 Nombre de graines par gosses

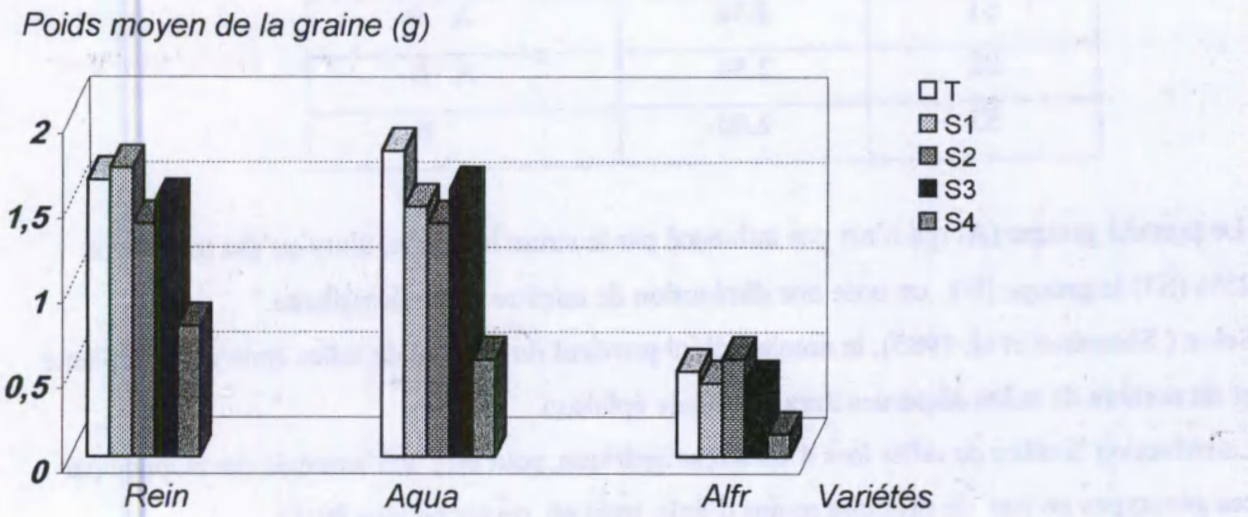


Fig. 27 Poids moyen de la graine (g)

Et selon la (figure 26), on remarque que les témoins et au stade remplissage des gousses donnent des meilleurs valeurs qui sont( 4 graines / gousse) pour la variété Reinablanca suivi par la variété AquadulceL et Alfred qui sont respectivement (3 et 3.33 graines/gousse)

L'analyse statistique révèle un effet variétal non significatif à  $p < 0.05$  et à  $p < 0.01$ . Cependant l'analyse de la variance révèle l'existence d'un effet du stress hydrique hautement significatif à  $p < 0.05$  et à  $p < 0.01$ .

Le test de Newman Keuls seuil 5% : permet le classement selon le traitement en deux groupes homogènes :

Traitements	moyennes	Groupes homogènes
T	3.33	A
S4	3.22	A
S2	2.56	A B
S1	2.56	A B
S3	1.89	B

Le groupe A avec les moyennes les plus élevées par rapport au groupe B de (1.89), qui regroupe le stress le plus sévère dont il présente un nombre réduit de graines /gousse.

On peut conclure, que selon l'intensité du stress hydrique, le nombre de graine par gousse diminue.

Ceci est également signalé par (Morgan, 1989 ), qui montre que le nombre de graines constitue un indicateur de tolérance au stress.

### **3-4) Poids moyen de la graine**

Le stress hydrique affecte le poids moyen de la graine(fig. 27). Les résultats le montrent bien dans (l'annexe 4) ), la valeur la plus élevée est enregistrer chez le témoin de la variété Aquadulce (de 1.80 g ) suivi par la variété Reinablanca de (1.70) à 75% de la capacité au champ et à la fin Alfred avec (0.57g) à 50% de la capacité au champ.

Ces résultats, sont bien illustrées par une analyse statistique qui révèle un effet génotypique significatif à  $p < 0.05$  et à  $p < 0.01$ , donc le test est hautement significatif.

Le test de Newman Keuls seuil 5% les regroupent en deux groupes homogènes :

Génotypes	Moyennes(g)	Groupes homogènes
Reinablanca	1.39	A
Aquadulce L	1.35	A
Alfred	0.40	B

-Le groupe A, regroupe les deux variétés Reinablanca et Aquadulce L, avec des moyennes presque analogues.

- le groupe B, représente la variété Alfred avec la plus faible moyenne de poids moyen de la graine, appelée minor et qui se caractérise par une graine de petite taille par rapport aux autres variétés.

Ainsi que pour le stress hydrique, est bien expliqué par une analyse de la variance qui révèle un effet hautement significatif du stress hydrique sur ce paramètre à  $p < 0.05$  et à  $p < 0.01$ .

Le test de Newman Keuls permet de les classer en deux groupes homogènes :

Traitements	Moyennes(g)	Groupes homogènes
T	1.31	A
S1	1.20	A
S2	1.17	A
S3	1.10	A
S4	0.49	B

-Le groupe A, qui semble n'est pas trop affecté par le stress hydrique et avec des moyennes légèrement différentes.

- le groupe B, qui regroupe le cinquième niveau qui est le stade remplissage des gousses, il semble qui est plus affecté par le stress hydrique avec une moyenne la plus faible de (0.49g).

Ce test nous permet de constater qu'un stress hydrique intervenant au stade remplissage des gousses, entraîne une diminution de poids moyen de la graine.

Ces résultats concordent avec ceux rapportés par (Mouhouche, 1994) qui montre que la composante PMoG (poids moyen des grains) est plus sensible à un stress appliqué à la phase de remplissage des gousses.

Selon (Brinis L, 1995) le stress hydrique cause une réduction du poids de 1000 grains.

Un stress hydrique, qui intervient à la période de reproduction entraîne une réduction du poids de mille grains (WARDLAW, 1970 et FISCHER, 1973) chez le blé.

Tableau N° VI : Teneur en proline et en sucres solubles dans les feuilles

Génotypes Traitements	Reinablanca				Aquadulce L				Alfred			
	T	S1	S2	S3	T	S1	S2	S3	T	S1	S2	S3
<i>Teneur en proline</i> ( $\mu$ moles/mg MS)	3,2 ± 0,67	4,34 ± 1,24	11,76 ± 2,03	34,63 ± 4,46	8,36 ± 1,03	17,43 ± 0,38	42,53 ± 0,92	122,55 ± 14,31	2,86 ± 0,24	3,65 ± 0,62	7,63 ± 3,26	26,55 ± 4,78
<i>Teneur en sucres solubles</i> $\mu$ g/ 100mg MF	810,51 ± 54,38	781,13 ± 55,5	1282,81 ± 10,7	4034,87 ± 12,34	766,8 ± 51,57	1197,03 ± 38,24	2765,62 ± 61,1	5788,83 ± 70,21	659,25 ± 40,97	888,8 ± 38,43	1037,81 ± 33,47	2718,9 ± 68,8

#### 4) Paramètres biochimiques

##### 4-1) Teneur en proline dans les feuilles

Les résultats des analyses sont donnés dans le Tableau N°VI, le dosage a été effectué au stade 5 feuilles, les valeurs varient avec l'intensité du stress hydrique.

Pour les témoins, des variétés Alfred, Reinablanca les valeurs sont : 2,86 et 3,2  $\mu$  moles /mg MS respectivement pour Aquadulce L est de 8,36  $\mu$  moles /mg MS.

L'intensité du stress hydrique augmente la teneur en proline qui atteint une valeur élevée chez la variété locale Aquadulce L de 122.55  $\mu$  moles /mg MS pour un traitement de 25% de la capacité au champ.(Fig. 28).

La teneur en proline est différente selon la variété. L'analyse statistique montre que l'effet géotypes est hautement significatif à  $p < 0.05$  et à  $p < 0.01$ .

Le test de Newman Keuls seuil 5% complète l'analyse de la variance et permet de les classer en deux groupes homogènes selon la moyenne la plus élevée :

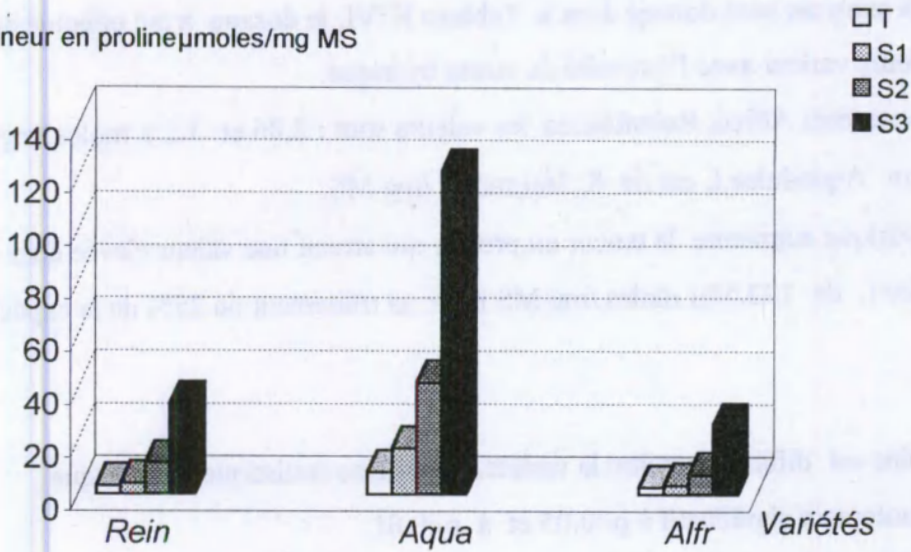
Géotypes	Moyennes $\mu$ moles /mg MS	Groupes homogènes
Aquadulce L	47.72	A
Reinablanca	13.57	B
Alfred	10.18	B

Concernant l'effet du stress hydrique, l'analyse statistique, montre un effet significatif du stress sur l'accumulation de cet osmoticum à  $p < 0.05$  et à  $p < 0.01$ .

Le test de Newman Keuls seuil 5% illustre mieux l'effet du stress hydrique sur l'accumulation de la proline comme suit :

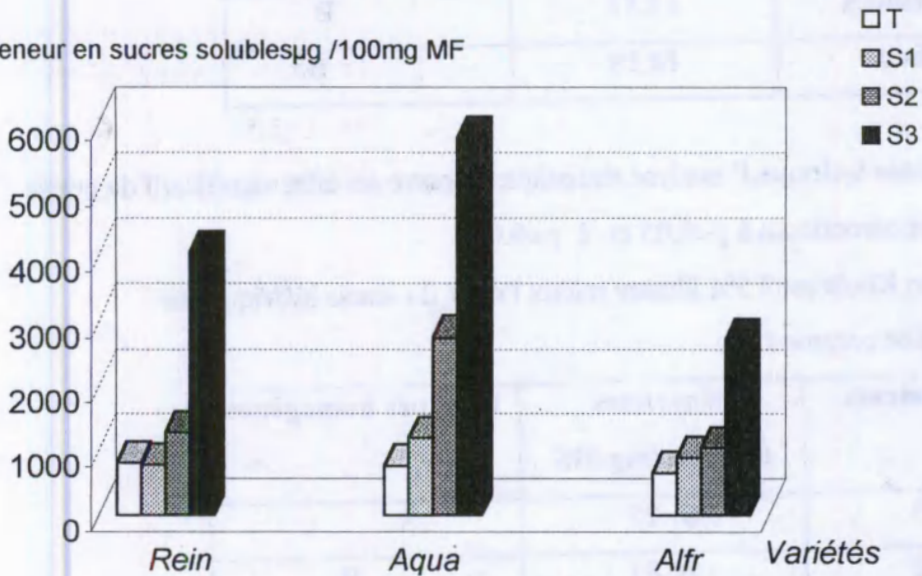
Traitements	Moyennes $\mu$ moles /mg MS	Groupes homogènes
S3	61.25	A
S2	20.83	B
S1	8.48	C
T	4.77	C

Teneur en proline  $\mu\text{moles}/\text{mg MS}$



**Fig. 28** Teneur de la proline dans les feuilles  $\mu\text{moles}/\text{mg MS}$

Teneur en sucres solubles  $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$



**Fig. 29** Teneur en sucres solubles dans les feuilles  $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$

A 25% de la capacité au champ (S3), la teneur en proline est la même pour la variété Reinablanca et Alfred, par contre la teneur en proline est plus élevée chez Aquadulce L 122.55  $\mu$  moles /mg MS.

Ces résultats montrent que la variété locale peut être considérée comme une variété qui développe un mécanisme biochimique d'adaptation à la contrainte hydrique.

Les travaux antérieurs ( Protsenko et al, 1968), montre que parmi les symptômes d'adaptation des plantes à la sécheresse est l'accumulation de la proline dans les feuilles. Henchi et al, 1982, ont montré que cette accumulation est liée aux variations de la teneur en eau disponible.

#### **4-2)Teneur en sucres solubles dans les feuilles**

Le tableau VI, donne des teneurs en sucres solubles qui diffèrent d'une variété à l'autre et avec l'intensité du stress hydrique. On remarque une valeur plus élevée à 25% chez la variété locale Aquadulce L 5788, 83  $\mu$  g/100mg MF suivi par la variété Reinablanca et Alfred qui sont respectivement 4034, 87 et 1037,81 $\mu$  g/100mg MF.

L'analyse statistique, montre des différences inter génotypiques de l'accumulation de cet osmoticum à  $p < 0.05$  et à  $p < 0.01$  donc le test est hautement significatif.

Le test de Newman Keuls seuil 5% les classe en trois groupes homogènes

la variété Aquadulce L avec une moyenne plus élevée de 2629.57 $\mu$  g/100mg MF, suivi par la variété Reinablanca avec 1727.33 $\mu$  g/100mg MF et à la fin la variété Alfred avec un Faible contenu presque la moitié de 1326.20 $\mu$  g/100mg MF par rapport à la variété Aquadulce L comme suit :

<b>Génotypes</b>	<b>Moyennes <math>\mu</math> g/100mg MF</b>	<b>Groupes homogènes</b>
Aquadulce L	2629.57	A
Reinablanca	1727.33	B
Alfred	1326.20	C

Il en est de même pour l'effet du stress hydrique, l'analyse de la variance révèle un effet hautement significatif.

**Tableau N° VII** : Teneur en proline et en sucres solubles dans la graine

Génotypes Traitements	Reinablanca					Aquadulce L					Alfred				
	T	S1	S2	S3	S4	T	S1	S2	S3	S4	T	S1	S2	S3	S4
<b>Paramètres</b>															
Teneur en proline ( $\mu$ moles/mg MS)	0,39 ± 0,02	0,78 ± 0,11	0,93 ± 0,46	4,92 ± 2,06	1,13 ± 0,94	1,92 ± 1,37	3,71 ± 0,73	5,08 ± 1,04	11,18 ± 1,66	1,32 ± 0,38	0,32 ± 0,8	0,28 ± 0,07	2,07 ± 0,08	3,51 ± 1,51	1,34 ± 0,64
Teneur en sucres solubles $\mu$ g/ 100mg MF	289,6 ± 35	331,26 ± 9,88	542,4 ± 59,02	808,6 ± 13,1	306,6 ± 9,38	328,66 ± 5,95	462,9 ± 4,26	740,66 ± 11,66	1202,5 ± 32,4	280,89 ± 7,89	197,1 ± 30,4	227 ± 12,96	491,5 ± 5,84	702,5 ± 6,14	180,3 ± 6,92



Le test de Newman Keuls seuil 5% donne le classement selon l'intensité du stress hydrique en trois groupes homogènes comme suit :

Traitements	Moyennes	Groupes homogènes
S3	4180.87	A
S2	1695.41	B
S1	955.67	C
T	745.52	C

On remarque que les quantités des sucres solubles augmentent régulièrement avec l'intensité du déficit hydrique ou les teneurs sont maximales à un traitement de ( 25% de la capacité au champ ) qui atteint une teneur de 5788.83 $\mu$  g/100mg MF chez la variété Aquadulce locale. (Fig. 29)

Ce résultat met en évidence le caractère de tolérance de cette variété par l'accumulation de cet osmoticum et se trouve en accord avec les résultats de travaux antérieurs notamment de (Binet, 1989), qui montre que l'accumulation des sucres solubles, pourrait protéger les membranes de la dessiccation.

(Hubac et Viera da Silva, 1980 ; Benlaribi et Monneveux, 1988), ont constaté que les géotypes qui ont une meilleure aptitude à conserver une teneur en eau assez élevée, sont ceux qui accumulent plus les sucres solubles et permettent ainsi le maintien du végétal en vie plus longtemps.

#### **4-3) Teneur en proline dans la graine**

Les résultats obtenus (tableau N° VII), montrent que les variétés diffèrent dans leur réponse au stress hydrique.

En ce qui concerne, l'effet du stress à un traitement de (75% et 50% de la capacité au champ) sur l'accumulation de la proline chez les variétés semblent être faible à l'exception de la variété locale Aquadulce L où l'effet est plus prononcé avec une valeur de 5.08 $\mu$ moles/mg MS par rapport au témoin qui est de 1.92  $\mu$ moles/mg MS.

Au traitement 25%, on observe une augmentation de cet osmoticum chez l'ensemble des variétés, l'effet est plus sévère pour la variété Aquadulce L avec une teneur en proline de 11.18 $\mu$ moles/mg MS.

L'analyse de la variance à deux facteurs révèle un effet génotypique hautement significatif. Le test de Newman Keuls seuil 5% permet de les classer en deux groupes homogènes :  
 - le groupe A, représente une variété qui accumule une quantité importante en proline avec une moyenne de (4.74µmoles/mg MS) et les deux autres variétés avec des moyennes de 1.63 et 1.62µmoles/mg MS, comme suit :

Géotypes	Moyennes µmoles/mg MS	Groupes homogènes
Aquadulce L	4.74	A
Reinablanca	1.63	B
Alfred	1.62	B

Cela est bien illustré par une analyse de la variance qui révèle un effet du stress hydrique hautement significatif sur la teneur en proline.

Le test de Newman Keuls seuil 5%, complète l'analyse et donne le classement en trois groupes homogènes : selon l'intensité du stress hydrique comme suit :

Traitements	Moyennes µmoles/mg MS	Groupes homogènes
S3	6.54	A
S2	2.69	B
S1	1.43	C
S4	1.06	C
T	1.04	C

On remarque, que l'accumulation est encore considérable pour l'ensemble des variétés à un stress hydrique sévère (25%), mais la variété Aquadulce L se distingue par une accumulation plus importante avec une moyenne de 6.54µmoles/mg MS.

On peut conclure que les variétés tolérantes accumulent une teneur importante en proline, tel que la variété locale Aquadulce L.

#### **4-4) Teneur en sucres solubles dans la graine**

Les résultats ( tableau N°VII), montrent un effet apparent du stress hydrique sur l'accumulation des sucres solubles.

Au traitement 75%de la capacité au champ, une légère augmentation des sucres solubles a été détectée par rapport au témoin et au stade remplissage des gousses pour les trois cultivars.

Mais cette augmentation est remarquable au traitement 50% de la capacité au champ et elle est surtout au traitement 25% de la capacité au champ.

L'analyse de la variance a révélé une variabilité génotypique hautement significative. Selon le test de Newman Keuls seuil 5%, on distingue 3 groupes homogènes comme suit :

<b>Génotypes</b>	<b>Moyennes µg/g MF</b>	<b>Groupes homogènes</b>
Aquadulce L	603.12	A
Reinablanca	455.75	B
Alfred	359.70	C

Le groupe A regroupe la variété locale Aquadulce L, qui se caractérise par une accumulation plus importante 603.12µg/g MF presque le double 455.57µg/g MF par rapport à la variété Reinablanca suivi par la variété Alfred avec une accumulation moindre.359.70 µg/g MF.

Une fois le stress hydrique appliqué, on note une accumulation des sucres solubles et les valeurs varient avec l'intensité du stress hydrique, cela est bien expliqué par une analyse de la variance à deux facteurs qui montre un effet du stress hydrique hautement significatif sur l'accumulation du stress hydrique.

Le test de Newman Keuls seuil 5% nous donne trois groupes homogènes selon l'intensité du stress hydrique comme suit :

<b>Traitements</b>	<b>Moyennes µg/g MF</b>	<b>Groupes homogènes</b>
S3	904.57	A
S2	591.51	B
S1	340.40	C
T	271.88	C
S4	255.92	C

-Le groupe A, regroupe le stress le plus sévère 25% la ou on note une accumulation plus importante avec une moyenne de 904.57µg/g MF, suivi par le traitement 50% avec une moyenne presque la moitié et de 75% avec une moyenne de 340.40µg/g MF.

**Tableau N° :VIII** Teneur en phénols totaux (ég, catéchine),  
Tannins condensés (ég, acide tannique) pour le test vanilline, d'après le E1% de Bate-Smith pour le BuOH/HCL

Génotypes	Traitements	Phénols totaux (mg/g)	Tannins condensés (mg/g)		Rapport PAVAN
			BuOH/HCL	Vanilline	
Reinablanca	T	50,10 ± 9,50	85,44 ± 5,06	40,90 ± 4,05	2
	S1	55,19 ± 4,30	92,02 ± 2,06	41,43 ± 20,01	2,2
	S2	60,80 ± 11,37	81,95 ± 32,07	40,69 ± 11,5	2
	S3	64,67 ± 10,64	89,14 ± 32,09	56,66 ± 12,29	1,5
	S4	53,51 ± 4,34	80,56 ± 5,26	37,64 ± 7,30	2,1
Aquadulce L	T	50,76 ± 0,42	96,53 ± 0,67	36,75 ± 13,32	2,6
	S1	57,66 ± 7,35	89,60 ± 2,06	50,76 ± 4,79	1,7
	S2	61,70 ± 33,28	99,72 ± 10,74	28,72 ± 1,58	3,4
	S3	76,07 ± 5,89	103,44 ± 6,01	37,17 ± 2,04	2,7
	S4	51,76 ± 5,05	85,77 ± 11,81	28,83 ± 1,33	2,9
Alfred	T	74,89 ± 25,28	85,77 ± 1,89	54,64 ± 23,9	1,5
	S1	90,61 ± 1,85	114,41 ± 45,97	30,09 ± 12,05	3,8
	S2	91,03 ± 6,81	101,94 ± 87,62	45,14 ± 41,05	2,2
	S3	96,53 ± 5,42	150,23 ± 54,59	66,99 ± 6,5	<b>4,5</b>
	S4	69,24 ± 6,92	111,71 ± 12,32	33,07 ± 11,37	3,3

Le témoin et stade remplissage des gousses semble avoir des valeurs presque analogues, qui sont respectivement 271.88µg/g MF et 255.92µg/g MF.

L'augmentation des sucres solubles en cas du stress hydrique, semble être indicatrice de degré de résistance de plusieurs espèces cultivées.

**4-5) Teneur en Tannins**

En ce qui concerne la manifestation de la plante vis à vis du stress hydrique, la plante possède plusieurs moyens pour sa défense contre les contraintes biotiques et abiotiques.

Parmi ces moyens, on note, le déclenchement du métabolisme secondaire par la formation des tanins (phénols totaux et tannins condensés).

**a) Phénols totaux**

Les résultats du tableau N° VIII, montrent une variabilité dans le contenu polyphénoliques des variétés, tandis que chez les témoins et au stade remplissage des gousses, on peut détecter des valeurs proches, pour les traitements 75 et 50% de la capacité au champ, on note une augmentation de cette teneur.

-Au traitement 25%, elle atteint une valeur maximale de 64.67 mg/g MS pour la variété Reinablanca et de 76.07 mg/g MS observé chez Aquadulce L.

La valeur la plus élevée est observée chez la variété Alfred avec 96.53 mg/g MS et cela peut être un moyen d'adaptation de ce génotype à la sécheresse.

Selon (Heller et al, 1994), l'exposition des plantes aux contraintes biotiques et abiotiques, peut induire la formation des composés phénoliques.

l'analyse de la variance, montre une variabilité inter- génotypique hautement significative, à  $p < 0.05$  et à  $p < 0.01$ .

Le test de Newman Keuls seuil 5% les classe en deux groupes homogènes :

Génotypes	Moyennes(mg/g MS)	Groupes homogènes
Alfred	84.46	A
Aquadulce L	59.59	B
Reinablanca	56.85	B

- Le groupe A, constitué par le génotype Alfred, présente une teneur élevée en phénols totaux est significativement différent des autres génotypes.

- Le groupe B est formée de deux autres variétés qui contient des teneurs moindres à celle de la variété Alfred avec une moyenne de 84.46 mg/g MS.

Cependant, le deuxième facteur qui est le stress hydrique, l'analyse de la variance, montre qu'il n'est pas significatif.

**b) Tannins condensés**

**b-1) BuOH /HCl**

Selon les résultats obtenus dans le tableau N°VIII, les valeurs varient entre 150.25mg/gMS et 80.56 mg/g MS, la valeur la plus élevée est observée chez la variété Alfred (qui se caractérise par une teneur élevée en tannins condensés (Merghem, 1996).

L'analyse de la variance, montre une différence inter génotypique hautement significative à  $p < 0.05$  et à  $p < 0.01$ .

Cette analyse est complétée par le test de Newman Keuls seuil 5%, qui repartissent les variétés selon leurs moyennes en deux groupes comme suit :

Génotypes	Moyennes mg/g MS	Groupes homogènes
Alfred	127.80	A
Aquadulce L	95.01	B
Reinablanca	85.82	B

-Le groupe A se caractérise par une moyenne élevée en tannins condensés 127.80 mg/g MS observée chez la variété Alfred.

- le groupe B, constitué par les deux autres variétés Aquadulce L avec une moyenne de 95.01 mg/g MS, la variété majeure Reinablanca avec une moyenne de 85.82 mg/g MS.

Néanmoins, pour l'effet du stress hydrique, l'analyse de la variance montre qu'il n'est pas significatif.

Il apparaît, toutefois, des analogies en ce qui concerne la teneur en tannins condensés chez les témoins de toutes les variétés, mais cette teneur augmente d'une façon remarquable chez la variété Alfred au traitement 25% avec une teneur de l'ordre de 150.23 mg/g MS.

### **b-2) Test vanilline**

Pour ce test, on obtient des valeurs qui varient entre 66.99 mg/g M.S valeur la plus élevée chez la variété Alfred à 25 % et une valeur minimale de 28.72mg/g M.S chez la variété Aquadulce L.

Nous détectons une faible réactivité au test vanilline se traduisant par la présence d'unités catéchétiques monomères. Selon les résultats représentés sur le tableau N°VIII, on constate que presque toutes les valeurs observées sont proches, cela est confirmé par une analyse de la variance, qui montre que l'effet de deux facteurs qui est le stress hydrique et la variabilité n'est pas significatif à  $p < 0.05$ .

### **c) Le rapport PA/VA ou degré de polymérisation moyen**

Ce rapport permet de rendre compte de degré de polymérisation des tannins condensés présents dans les téguments des graines de *Vicia faba* L.

Le rapport PA/VA calculé pour la féverole (variété Alfred ) est le plus fort et atteint 4.5 à un stress sévère (25%). Cette valeur présente la richesse poly phénolique des téguments de cette dernière et la plus part de ces phénols détectés sont des proanthocyanidines qui atteint une valeur de l'ordre de 150.23mg/g de matière sèche .

Comparativement aux autres variétés, ce rapport est faible, comme l'indique le Tableau N°VIII Cela se traduit par la présence de molécules peu polymérisées dans les téguments, c'est le cas de la variété Reinablanca et Aquadulce L soumises à différents traitements.

# **PARTIE IV : ACP**

**A**nalyse en **C**omposantes **P**incipales



Tableau N°IX : Corrélations entre les paramètres étudiés

	HP	NR	SF	LG	NGP	NGG	PMoG	PROLF	SUCF	PROG	SUCG	PHTOT	BUOH	VAN
HP	1													
NR	-0,573	1												
SF	-0,09	0,458	1											
LG	-0,615	0,697	0,4	1										
NGP	0,574	-0,148	0,541	-0,353	1									
NGG	0,491	0,111	0,581	0,042	0,847	1								
PMoG	0,228	0,457	0,723	0,666	0,176	0,07	1							
PROLF	-0,56	0,362	-0,406	0,598	-0,806	-0,429	-0,41	1						
SUCF	-0,533	0,364	-0,522	0,513	-0,878	-0,579	-0,54	0,927	1					
PROLG	-0,659	0,366	-0,402	0,59	-0,867	-0,541	-0,52	0,968	0,934	1				
SUCG	-0,639	0,284	-0,516	0,52	-0,884	-0,615	-0,53	0,913	0,96	0,939	1			
PHTOT	0,318	-0,581	-0,886	-0,702	-0,286	-0,419	-0,3	0,129	0,192	0,11	0,171	1		
BUOH	0,154	-0,54	-0,727	-0,696	-0,093	-0,299	-0,2	0,003	0,054	0,048	0,109	0,816	1	
VAN	0,135	-0,106	-0,295	-0,388	-0,128	-0,322	-0,1	-0,119	0,088	-0,026	0,069	0,298	0,479	1

L'analyse des données a été effectuée aussi par l'analyse en composantes principales (ACP).

**1) Analyse en Composantes Principales (ACP) : pour tous les paramètres**

L'analyse en composantes principales, consiste à transformer les  $p$  variables quantitatives initiales inter-corrélées en  $P$  nouvelles variables quantitatives non corrélées appelées composantes principales.

Pour obtenir ces résultats nous allons procéder en étapes suivantes :

**1-1) Matrices de corrélations**

Elles sont basées sur les corrélations entre les différents paramètres étudiés au niveau de ces matrices, on a envisagé les corrélations hautement positives et hautement négatives et qui expliquent les paramètres impliqués dans la tolérance (tableau N° IX ). Les corrélations sont les suivantes :

- Hauteur de la plante (HP) :

On note différents types de corrélations :

Qui est négativement corrélés avec le Nombre de rameaux (NR)( -0.57).; Longueur de la gousse (LG) (- 0.61) ; la teneur en proline dans les feuilles (PROLF) (-0.56) ; sucres dans les feuilles (SUCF) et la proline est les sucres dans la graine respectivement (-0.65) et (-0.63).

- Nombre de rameaux :

Il est corrélé positivement avec la longueur de la gousse (LG) (0.67).

Négativement corrélé avec les phénols totaux (PHTOT)(-0.58) les tanins condensés (BuOH)(-0.54).

- Surface foliaire(SF) :

Elle est positivement corrélée avec ; nombre de gousse par plante (NGP) (0.54) nombre de graine par gousse (NGG) (0.58) ; le poids moyen de la graine (PMOG)(0.723).

Négativement corrélé avec la teneur en sucre dans les feuilles (SUCF) (-0.52) ; les sucres dans la graine(SUCG)(0.516) ; les phénols totaux (PHTOT)(-0.88) les tanins condensés (BuOH)(-0.72).

- Longueur de la gousse(LG) :

Elle est positivement corrélée avec la teneur en proline dans les feuilles (PROLF)(0.59) ; les sucres dans les feuilles (SUCF)(0.513) ; et la teneur en proline dans la graine et les sucres dans la graine qui sont respectivement (0.590) et 0.52).

Négativement corrélée avec les phénols totaux (PHTOT)(-0.702) ; les tanins condensés (BuOH)(-0.696)

- Nombre de gousse par plante (NGP) :

Il est hautement corrélé avec le nombre de graine par gousse (NGG) (0.84).

Négativement corrélé avec la teneur en sucre dans les feuilles (SUCF) (-0.87) ; la proline dans les feuilles (PROLF)(-0.80)et a la fin les sucres dans la graine (SUCG)(-0.88).

- Nombre de graine par gousse NGG :

Il est négativement corrélé avec la surface foliaire(SF)(0.57) ; la teneur en proline dans la graine (PROLG)(-0.54) ; les sucres dans la graine (SUCG)(-0.61)

- Poids moyen de la graine (PMOG) :

Il est positivement corrélé avec la surface foliaire(SF)(0.72) ; Longueur de la gousse (LG) (0.66).

Négativement corrélé avec La teneur en proline dans les feuilles(PROLF) (-0.54) ; La teneur en sucres dans les feuilles (SUCF)(-0.53) ; proline dans la graine(PROLG) (-0.52).

- La teneur en proline dans les feuilles(PROLF) :

Elle est hautement corrélée avec la teneur en sucre dans les feuilles (SUCF)(0.92) ; la teneur en proline dans la graine (PROLG)(0.98) ; les sucres dans la graine (SUCG)(0.91).

- La teneur en sucres dans les feuilles (SUCF) :

Elle est hautement corrélée avec la teneur en proline dans la graine (PROLG)(0.93) ; les sucres dans la graine (SUCG)(0.96).

- La teneur en proline dans la graine(PROLG) :

Plan 1 -2      Axe 1 horizontal      Axe 2 vertical

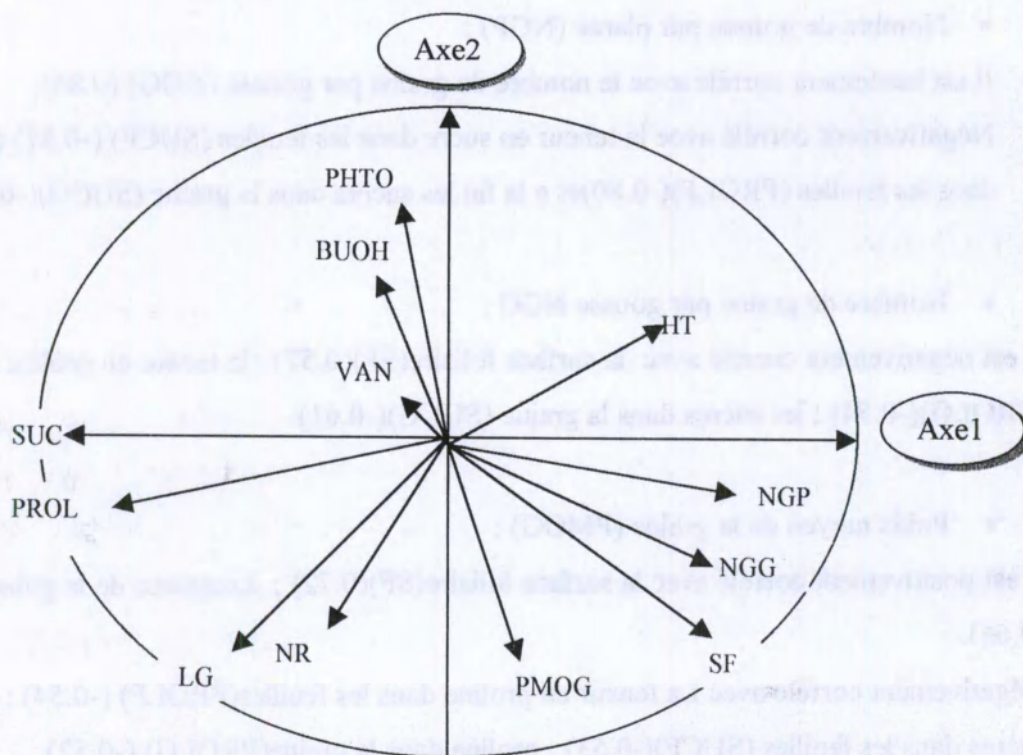


Fig. 30 Cercle des corrélations

Elle est hautement corrélée avec la teneur en sucre dans la graine (SUCG)(0.93)

- La teneur en phénols totaux (PHTOT) :

Elle est hautement corrélée avec les tanins condensés (BuOH)(0.81).

### 1-2) Cercles de corrélations

L'analyse en composantes principales illustrée par la représentation des variables dans le plan formé par les axes 1 et 2 selon leur coefficient de corrélation élevé au carré, fait remarquer qu'une variable est d'autant mieux représentée sur le plan qu'elle est proche du cercle ; ce qui nous a permis d'intégrer les principaux paramètres impliqués dans l'explication de la tolérance au stress hydrique et cela à différents traitements.

Le plan 1-2 ou le plan principal dont la participation des axes orthogonaux est de : (89.3% ), fait ressortir la quasi-totalité de variables (HP, NR, SF, NGP, NGG, PMOG, PROLF, SUCF, PROLG, SUCG).

Il fait ressortir la convergence et la divergence de certaines variables les unes par rapport aux autres (Fig. 30 )

Ce sont surtout les variables (NGP, PROLF, SUCF, PROLG, SUCG) qui contribuent fortement à la formation de l'axe (1), donc à la variation totale car leur pourcentage d'explication dépasse le 50% (57.5%), quant aux variables (HP, NGG, LG) participe de manière équilibrée à la formation de l'axe (1-2)

Les variables (NR, SF, PMOG, PHTOT, BUOH) marque la formation de l'axe (2), qui explique seulement (31.9%)de la variance totale.

Pour ce qui est qualité de la représentation :

- Les variables : SF, LG, NGP, PROLF, SUCF, PROLG, SUCG, PHTOT, PMOG

$$\sum r^2 > 0.80$$

Sont très bien représentées dans le plan

- Les variables : HP, NR, NGG, BUOH

$$0.65 < \sum r^2 < 0.80$$

Sont bien représentées dans le plan

- La variable : VAN

$$\sum r^2 < 0.40$$

Est médiocrement représentée.

Représentation plan 1-2

Axe 1 horizontal

Axe 2 vertical

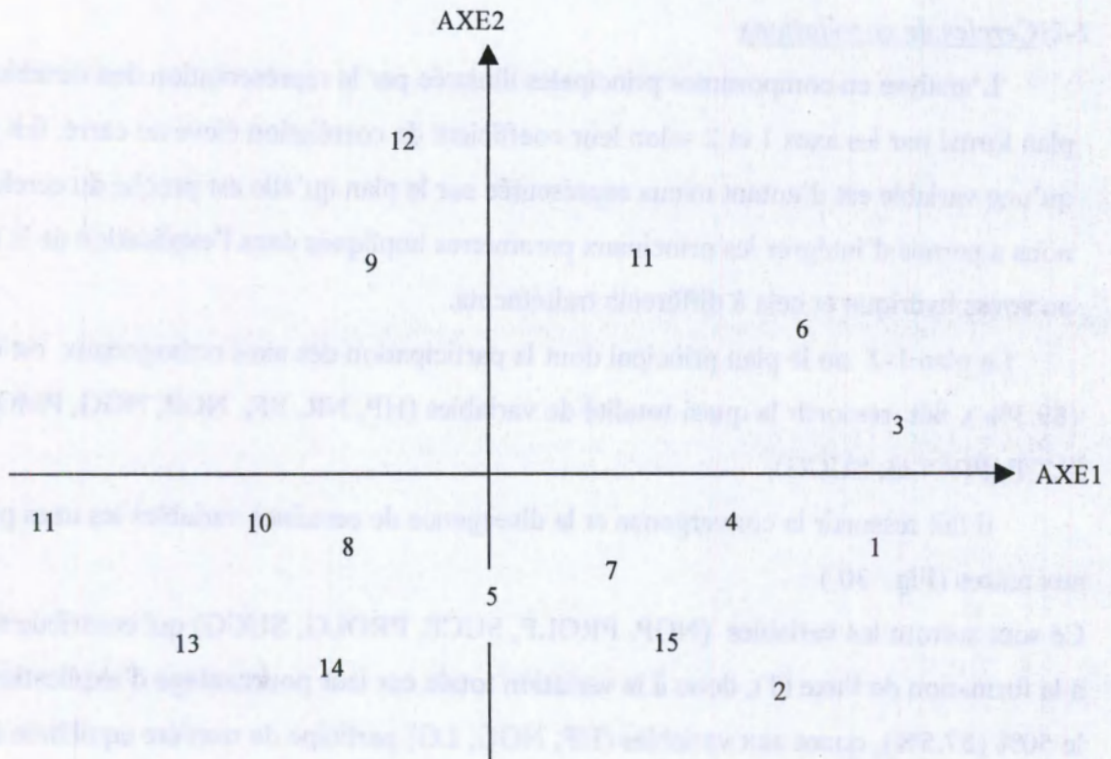


Fig. 31 représentation graphique des individus

Pour la représentation des individus :

La quasi totalité des individus contribuent à la formation de l'axe (1), dont les coordonnées s'échelonnent de (1-3) pour les Témoins suivi par (7, 6, 4, 15, 14) qui ont des coordonnées élevées et se situent sur la droite (coté positif du cercle).

Parallèlement à ces derniers, les individus (5, 8, 10, 11, 13) du lot stress ont plus contribué dans la formation de la partie négative du cercle.

Quand aux individus (9, 12) ils contribuent à la formation de l'axe 2 (fig. 31 ).

Donc l'effet du stress hydrique est tellement présent que l'analyse a séparé les traitements : T, S1, S2, S3, S4 et cela par la répétition des individus (1, 2, 3) les témoins se situe dans le plan positif ayant un : nombre de gousse par plante ; nombre de graine par gousse ; Surface foliaire et poids moyen de la graine, élevée par rapport aux stressés qui se situent dans le plan négatif du cercle et ayant des taux de sucres solubles, proline, nombre de rameaux, longueur de la gousse plus élevés par rapport aux témoins.

Concernant les génotypes, la variété Reinablanca contribue à la formation de l'axe 1-2 ; le génotype Aquadulce L et à un stress sévère contribue à la formation de l'axe (1)(coté négatif du cercle )qui se caractérise par des teneurs élevées en sucres solubles, proline, longueur de la gousse, nombre de rameaux.

Et à la fin le génotype Alfred contribue à la formation de l'axe (2) se caractérise par des teneurs en phénols totaux, tanins condensés plus élevées par rapport aux autres génotypes.

*Code :*

<i>(1-3) T2moins</i>	<i>(10- 12)S3</i>
<i>(4 -6) S1</i>	<i>(13 -15)S4</i>
<i>(7 -9) S2</i>	

Tableau N° X : Correlation entre les paramètres biochimiques

	PROLF	SUCF	PROLG	SUCG	PHTOT	BUOH	VAN
PROLF	1						
SUCF	0,934	1					
PROLG	0,995	0,964	1				
SUCG	0,992	0,972	1	1			
PHTOT	-0,236	-0,568	-0,33	-0,357	1		
BUOH	-0,398	0,7	-0,486	-0,511	0,985	1	
VAN	-0,563	-0,665	-0,985	-0,989	0,489	0,63	1



## **2) Analyse en composantes principales pour les paramètres biochimiques :**

### **2-1)-Matrices de corrélations :**

Elles sont basées sur les corrélations entre les paramètres biochimiques et qui explique les paramètres impliqués dans la tolérance, les corrélations sont les suivantes :

Selon le tableau N°X, la teneur en proline dans les feuilles est corrélée positivement avec les sucres solubles dans les feuilles (0.934), avec la teneur en proline dans la graine (0.995), la teneur en sucres solubles dans la graine (0.992) et négativement corrélée avec la teneur en tannins condensés (avec le test vanilline) (-0.560).

Les corrélations observées avec les sucres solubles sont les suivantes : ils sont corrélés positivement avec la teneur en proline dans la graine (0.964), les sucres solubles dans la graine (0.972) et négativement corrélés avec les phénols totaux (-0.568).

Ainsi que pour la teneur en proline dans la graine, négativement corrélée avec les tanins condensés (avec le test vanilline) (-0.875).

Pour la teneur en sucres dans la graine, on note des corrélations négatives avec les tannins condensés (test butanol-HCl) (-0.511) et le test vanilline (-0.989).

Concernant les phénols totaux, on observe des corrélations positives avec les tannins condensés (test Butanol- HCl) (0.985).

### **2-2) Cercles des corrélations :**

L'analyse en composantes principales illustrée par la représentation des variables dans le plan formé par les axes 1 et 2 selon leur coefficient de corrélation élevé au carré, fait remarquer qu'une variable est d'autant mieux représentée sur le plan qu'elle est proche du cercle ; Ce qui nous a permis d'intégrer les principaux paramètres biochimiques impliqués dans l'explication de la tolérance au stress hydrique.

Le plan 1-2 ou le plan principal des axes orthogonaux est de (99.1%) fait ressortir la quasi totalité de variables, toutes les variables contribuent à la formation de l'axe 1 donc la variabilité totale car leur pourcentage dépasse les 50% (78.4%). (fig. 31)

Pour ce qui est de la qualité de représentation des variables : PROLF, SUCF, PROLG, SUCG, PHTOT BUOH :  $\Sigma r^2 > 0.80$  donc elles sont très bien représentées dans le plan.

Pour la variable : Van,  $\Sigma r^2 < 0.40$  donc elle est médiocrement représentée.

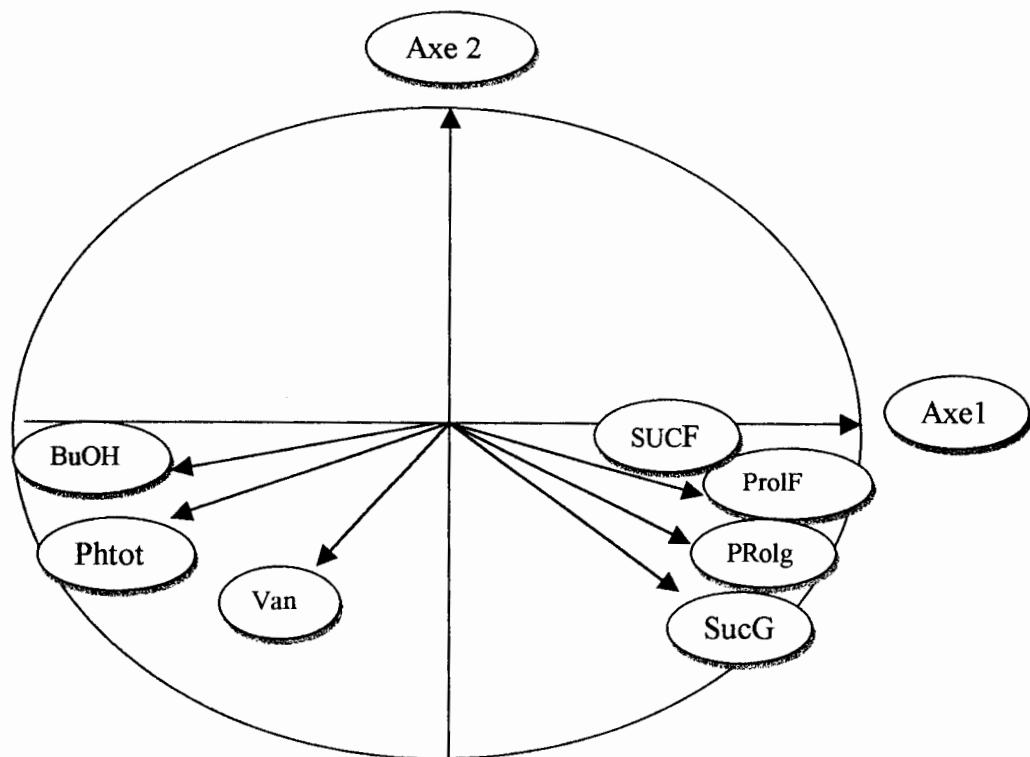


Fig. 32 Cercles des corrélations

## **Conclusions générales**

## *Conclusions générales*

Ce travail concerne l'effet d'une contrainte abiotique-stress hydrique- ( sous différents degrés d'alimentation hydrique : ( 75%, 50%, 25% de la capacité au champ)ainsi qu'au stde remplissage des gousses, sur la plante et les composants de la graine de *Vicia-faba*L.

Les résultats obtenus, montrent une importante variabilité à la réponse au stress hydrique. D'une manière générale, on note que le stress hydrique affecte la croissance ; ceci est observé par la réduction de la hauteur de la plante surtout à un stress sévère (25% de la capacité au champ) :

Un stress sévère affecte les événements phénologiques de la plante, ce stress a provoqué l'accélération du développement de la plante et rend la variété Aquadulce L la plus précoce.

La surface foliaire est aussi affectée par le stress hydrique par une réduction de cette dernière. L'analyse en composantes principales (ACP) donne des corrélations positives avec le poids moyen de la graine ainsi que pour le nombre de rameaux, et cela pour toutes les variétés étudiées.

Pour les composantes du rendement, les résultats montrent que la longueur de la gousse varie d'une variété à l'autre. Elle est positivement corrélée avec le poids moyen de la graine, qui est conditionné par la longueur de la gousse, Cette composante du rendement semble la moins affectée par le stress hydrique.

Le nombre de gousse/plante, le nombre de graine/gousse semble aussi affectés par le stress hydrique et ces paramètres sont positivement corrélés.

Le poids moyen de la graine (PMOG) plus affecté par le stress au stade remplissage des gousses, on note une diminution du poids moyen de la graine chez l'ensemble des cultivars.

Du point de vue biochimique le stress hydrique provoque une accumulation importante de la proline et en sucres totaux au niveau des feuilles (stade 5 feuille ) et de la graine à maturité. Parmi les variétés étudiées, on note une accumulation importante de la proline et des sucres solubles chez la variété locale (Aquadulce L).

Selon (Watad et al, 1983 ; Handa et al, 1986), l'accumulation de la proline se manifeste chez les espèces les plus tolérantes.

Bellinguer et al, 1989, concluent que cette accumulation ne représente ni un indicateur de la sensibilité ou de la résistance intrinsèque de la plante mais un indicateur de l'acquisition de la tolérance aux agressions (tel que le stress hydrique ). La teneur en proline est plus importante dans les feuilles que dans la graine, ainsi que de nombreux travaux rapportent que cet osmoticum est synthétisé dans les feuilles et transporté vers les sites de la résistance aux agressions lesquelles varient selon les espèces (Le Saint, 1969 ; Vezina et Paquin, 1982 ; La Liberté et Paquin, 1984).

Pour les sucres solubles, nos résultats indiquent que l'accumulation de cet osmoticum est importante chez la variété locale par rapport aux variétés d'introduction.

Concernant les composés phénoliques, il ressort de cette étude que les génotypes ne se comportent pas de la même manière analogue au stress hydrique, on note une accumulation importante chez la variété Alfred par rapport aux deux autres variétés, et cela peut être une stratégie adaptative de cette dernière.

L'analyse en composantes principales nous a révélé des corrélations entre l'accumulation des métabolites primaires (proline et sucres ) et les métabolites secondaires (tannins) et que ces derniers peuvent être utilisés comme biomarqueurs dans la réponse au contrainte hydrique.

C'est sur ce dernier point que doit être poursuivi ce travail et qui sera complété par d'autres tests.

# Résumé

## Summary

This work concerned a trial that was conducted in green house, on three varieties of Faba bean (*Vicia faba L*) submitted to water stress coins different degrees of water treatments: 75%, 50%, 25% of the yield capacity and a stop of irrigation to the stage of replenishment of pods.

The objective is to clarify the effect of water stress on the plant and on the seed components by mechanisms of adaptation that affect phonological, agro morphological and biochemical aspects.

The results that have been obtained showed that water stress has a depressive effect on the growth parameters, components of the output and biochemicals parameters. In a remarkable way to stern stress (25%).

Concerning the biochemicals mechanisms, every variety shows a strategy of adaptation to water stress. For the variety Aquadulce L, it appears by an accumulation of primary metabolits (proline , solubles sugars). on the other hand, the Alfred variety, by an accumulation of secondary metabolits (Tannins).

**Key words** : *Vicia- faba L*, water stress, Tannins, solubles sugars, proline, adaptation.

## المخلص

لقد تضمن هذا البحث تجربة تمت تحت البيت البلاستيكي على ثلاثة أصناف من الفول (*Vicia faba L*) تحت تأثير الإجهاد المائي وعولمت بأربع جرعات من التغذية المائية : 75 % ، 50 % ، 25% من السعة الحقلية و مع التوقف التام لعملية السقي أثناء مرحلة امتلاء القرون.

الهدف هو توضيح تأثير الإجهاد المائي على النبات (*Vicia faba L*) ومكونات البذرة عن طريق ميكانيزمات التأقلم التي مست الخصائص الفيزيولوجية، المرفولوجية و البيوكيميائية.

النتائج المتحصل عليها أظهرت بأن للإجهاد المائي تأثير سلبي على المعايير المدروسة وبصفة أكثر عند النقص الشديد للماء (25% من السعة الحقلية) .

فيما يخص الميكانيزمات البيوكيميائية، كل صنف يظهر استراتيجية خاصة للتأقلم مع نقص الماء. بالنسبة للصنف Aquadulce L فان التأقلم يتم عن طريق تراكم نواتج الميتابولزم الأولي(البرولين و السكريات الدائبة). أما فيما يخص الصنف Alfred ، فان التأقلم يتم عن طريق تراكم نواتج الميتابولزم الثانوي (التانينات).

**الكلمات المفتاحية :** الفول (*Vicia faba L*)، نقص الماء، البرولين، السكريات الدائبة، التأقلم، التانينات.



**REFERENCES**

**BIBLIOGRAPHIQUES**

- A BOUSSOUAN C. ; 1982.  
Réponses au stress hydrique de différents géotypes de blé. Thèse 3ème cycle. I.N.P. ,  
Toulouse, p208.
- AKAZAWA T et OKAMOTO K , 1980  
Biosynthesis and métabolism of sucrose. *In press J(ed)*. The biochemistry of plants.  
Académie press, London, New York, pp 119-220.
- AMBERGER S.; OBENDORFER J.; 1988.  
Levels of free proline in ornamental plants: Influence of plant age, leaf age, and leaf region  
In *Saint paulia* and *chrysanthemum*. *J. plant physiol.* **132**, p : 758-761.
- ASKARA.; 1986.  
Faba beans (*vicia-faba L* )and their role in human diet food and nutrition *bulletin*, **8**,(3) p:  
15-22.
- ASPINALL D.; PALEG L. G.; 1981.  
Proline accumulation physiological aspects in the physiology and biochemistry of drought  
resistance in plants. Edited by Aspinall D and Paleg L G, p 206-207.
- BATE-SMITH C.; 1973.  
A. Heamanalysis of Tanins : the concept of relative astringency, *phytochemistry*,  
**12**, 907- 912.
- BASSI R.; SHARMA S. S.; 1993.  
Proline accumulation in wheat seedlings exposed to zinc and copper. *Phytochemistry*,  
**33**(6), 1339-1342..
- BELLINGER Y.; BENSOUAD A and LAHER F.; 1991.  
Physiological significance of proline accumulation, a trait of use to breeding for stress  
tolérance, 449-458. in *Acevedo E.*, Conesa.
- BENLARIBI M.; MONEVEUX PH.; 1988.  
Etude comparée du comportement en situation de déficit hydrique de deux variétés  
algériennes de blé dur (*Triticum durum* DESF) adaptée à la sécheresse. C. R Acad. Ric. Fr.  
**74** (5), 73-83.
- BENLARIBI M.; 1990.  
Adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* DESF) : étude de caractères  
morphologiques et physiologiques. Thèse de Doctorat d'Etat. ISN université de  
Constantine, 164 p.
- BENSARI M.; 1989.  
Répartition du carbone photosynthétique entre le saccharose et l'amidon dans la feuille de  
Soja ; Influence d'un déficit hydrique. Université de Constantine. Thèse de Doctorat  
d'Etat, p : 61.

- BERKOWITZ G.A.; GIBBS.; 1983.  
Reduced osmotic potential effects on photosynthesis . Identification of stromal acidification as a mediating factor. *Plant physiol.* , **71**, 905-911.
- BHASKARAU S., SMITH R H and NEWTON R. E. J., 1985.  
Physiological changes in cultured sorghum cells in response to induced water stress : I- Free proline. *Plant physiol.*, **79**, 266-269.
- BINET P.; 1989.  
Métabolisme et adaptation des végétaux supérieurs aux contraintes thermiques et salines  
*Bull. Ecol. T.* **20** (1) 41-49
- BLUM A.; 1985.  
Photosynthesis and transpiration in leaves and ears of wheat and barley varieties. *J. Exp. Bot.* **36**, 432-440.
- BOULTER D.; 1977.  
Quality problems, in "protein plants" with special attention paid on the protein of legumes.  
*In* protein quality from leguminous crops. P65.
- BRADFORD K. J.; HSIOAT C.; 1982.  
Physiological responses to moderate water stress. In encyclopedia of plant physiology, New series, vol **12 B**, *physiological plant ecology II*, Langeo.L., Nobel. P.S. , Osmon C.B. et Zeiglerh. eds Hidelberg, New york, 232-263.
- BRINIS L.; 1995.  
Effet du stress hydrique sur quelques mécanismes morphophysiologiques et biochimiques de traits d'adaptation et détermination génétique chez le blé dur (*Triticum durum* DESF )  
Thèse de doctorat U. ANNABA. P : 101-103.
- CALMES J.; VIALA G.; GELFI N.; BLANCHET R.; 1985.  
Influence du déficit hydrique sur trois variétés de soja : effet sur la protéogenèse des graines. *Agronomie*, **3**, 169-176.
- CARLSON D R.; BRUN W. A.; 1984.  
Alteration of 14 C. Assimilate partitioning in leaves of soy beans having increased reproductive loads at one node. *Plant physiol*, **75**, 887-890.
- CHAMPIGNY M. L.; 1985.  
Regulation of photosynthetic carbon assimilation at the cellular levels : a review.  
*Photosynth. Res* **6**, 273-286.
- CORLET S. A. ; 1991  
Produire des graines oléagineux et protéagineux ed Condé p : 186-197.

- DELAUNEY A J.; CHIEN. AN. HU P. B. KAVI KISHOR and VERMA D. S., 1993  
Cloning ornithine  $\delta$  amino transferas. c DNA from *Vigna aconitifolia*, by trans complementation in *Esherichia coli* and regulation of proline biosynthesis. *The jour of biochem.* **268**(25), 18673-18678
- DREIR W et GORING M.; 1974.  
Der einfluss boher. Salzkonzentrationen auf verschieden physiologische parameter von aiswurzelu. *Wiss. Der H. V. Berlin, Nath. Naturwiss* , **23**, 641-646.
- DUBOIS M ; GILLESK L.; HAMILTON J K.; REBERGP A.; SMITH F.; 1956.  
Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analatyca chemistry.* Vol **28**, N°3.
- EL- MEKKAOUI M.; 1990.  
Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez le blé dur (*Triticum durum* DESF), et l'orge (*Hordeum vulgare*), recherches de tests précoces de sélection. Thèse ENSAM – Montpellier ; 193p.
- EL- NAHRY F. I., MOURAD. F. E.; ABDEL-KHALIK.; BASSILYNS S. M.; 1980.  
Chemical composition and protein quality of lentils (lens) consumed in Egypt. *Quality plant. Foods Hum Nutri.*, **30**-87-95.
- ERROUX J.; 1974.  
Agronomie méditerranéenne. I. Le milieu méditerranéen et ses problèmes. *Les cultures vivieres en Algerie.* 387p.
- EVANS M. L.; 1984.  
Functions of hormones at the cellular level of organisation. In encyclopedia of plant physiology, New series, vol. **10** hormonal regulation of development II. Scott T. K. eds springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New york, Tokyo, 23-79.
- FELLOWS R J.; PATTERSON R P.; RAPER C D Jet HARRIS D.; 1987.  
Nodule activity and allocation of photosynthate of soy bean during recovery from water stress. *Plant physiol*, **84**, 456-460.
- FISHER DB.; OUTLAW H. W.; 1979.  
Sucrose compartimentation in the palidase parenchyma of *Vicia- faba* L. *Plant physiol*, **64**, 481-483.
- FISHER R. A et MAURRER R.; 1978.  
Drought resistance in spring wheat cultivars. Grain yield responses. *Aust. J. Agri. Res.* **29**, 897-912.
- FISHER R. A et TURNER NIC.; 1978.  
Plant productivity semi arid zones. *Ann, Rev,Plant Physiol*, **29**: 297-315.

- FORKMAN G.; 1992.  
Structure and biosynthesis of flavonoids. Proceedings of the XVITH international conference of groupe polyphénol, **16**(1) 19-27.
- FRANCK A. B. ; POWER J. E et WILLIS W. O., 1973.  
Effet of tempaerature and plant water stress on photosynthésis, diffusion resistance and leaf water potential in spring wheat, *Agro. J*, **65**, 777-780.
- FREIDERICK J W et HUFFAKER R. C.; 1980.  
photosynthésis, leaf resistances and ribulose -1,5 biophosphate carboxylase degradation in senescing barley leaves. *Plant physiol*, **65**, 1103-1107.
- FREUDERBERG K et WEIGNEN K.; 1960.  
Classification and nomenclature of the flavonoids. *Tetrahedron* **8**, 336-349.
- FUKUTOKU Y et YAMADA Y.; 1982.  
Accumulation of carbohydrate and proline in water stress soybean (*Gly. max L.*) *soil sc. Plant Nutrit*, **28**, 147-151.
- GERHAD R, 1993.  
Métabolisme des végétaux, édition Française ISBN 2-88074-231- 5, p : 194-202.
- GUIGNARD J. L, 1974.  
Abrégé de biochimie végétale ed, MASSON et Cie, 149-151.
- HADDADI M.; 1978.  
Recherche des facteurs antitrypsiques de quelques graines de légumineuses. Effet de quelques prétraitements. Thèse d'ingénieur en Agronomie, INA Alger, Algérie.
- HANSON A. D.; 1980.  
Interpreting the métabolic responses of mesophytes to plant water deficits. *Annu. Rev. Plant physiol.*, **33**, 163-303.
- HARBORNE J. B, 1967.  
Comparative biochemistry of the flavonoids, Academic press, New york, 1-30
- HARBORNE J. B.; GRAYER R. J.; 1988.  
The flavonoids advences in research since 1980, ed. J. B HARBONE, (Hapman and Hall, London, 1-20.
- HASLAM E.; 1977.  
Symmetry and promiscuity in procyanidin biochemistry, *Phytochemistry*. **16**, 1625-1640.
- HASLAM E.; 1989.  
Plant polyphenols. Vegetable tannins revised. Eds Cambridge university press, Cambridge, 1-13.

HELLER R. ; 1969.

Précis de biologie végétale : Nutrition et métabolisme. p578.

HELLER .W. ; ERNIST D. ; LANGEBARTELS. H and SANDERMANN. H.; 1994.

Induction of poly phenol biosynthesis in plants during development and environmental stress INRA ed : 69p.

HENCHI B.; BOUKHRIS et VIERA DA SILVA. J. ; 1982.

Effet de la sécheresse sur le comportement métabolique de Plantago albicans L. *Acta. Oecol. Plant*, **3**, 59-66.

HENSON I. E., 1981.

Changes in abscisic acid contents during stomatal closure in pearl millet (Pinnesetum americanum L . Leeke) *Plant scilett*, **21**, 121-127.

HEWITT J. D.; CASEY L . L et ZOBEL R. W.; 1985.

Effect of day length and night temperature on starch accumulation and degradation in soy bean. *Ann. Bot.*, **56**, 513-522.

HUBAC C.; GUERRIER D.; 1972.

Etude de la composition en acides aminés de deux corex : le corex stemaphyllum L . F rachystylis (J. GAY) ASCH et GRAHN., très résistant à la sécheresse et le corex satifalia pordium, peu résistant à la sécheresse. Effet d'un apport de proline exogène. *Oecol. Plant*, **7**, 147-165.

JONES M. M et RAWSON.; 1979.

Influence of rate of development of leaf water deficits upon photosynthesis, leaf conductance, water use efficiency and osmotic potential in sorghum. *Physiologia plantarum.*, **45**, 103-111.

JORDAN W. R.; BROOWN K. W et THOMAS J C.; 1975.

Leaf age as a determinant in stomatal control of water loss from cotton during water stress. *Plant physiol.*, **56**, 595-599.

KARAMANOS A. J et GIMENZ C.; 1991.

Physiological factors limiting growth and yield of faba beans. Option méditerranéennes. Series Séminaire N°10-79-90.

KARRER P.; STRONG M.; , 1936.

Polyphenols *Helv. Chim. Acta* **19**, 25-28.

KNUC. G et CHEN H. M.; 1986.

Effect of high temperature on proline content in tomato floral buds and leaves. *Sci. Hort. Sci.*, **111**(5), 746-750 in chemical abstract (1986), 105.

LAFON J P.; THARAUD C.; RAYER P.; PALE Y.; 1988.

Biologie des plantes cultivées organisation, physiologie de la nutrition tome I. Tech. et Doc. Lavoisier, 146-155.

LEWICKIS. D.; 1993.

Evaluation des paramètres liés à l'état hydrique chez le blé dur (Triticum durum. DESF) et de l'orge (Hordeum vulgare L) soumis à un déficit hydrique modéré, en vue d'une application à la sélection de génotypes tolérants. Thèse de doctorat, p: 87.

LEGUON J et DUC G.; 1992.

Amélioration des espèces végétales. ed. INRA. 189-201.

LENHINGER.; 1985.

Principe de Biochimie ed. Flammarion medecine science, Paris, 1006p.

LOPEZ F. B.; SETTER T. L et Mc DAVID C. R.; 1987.

Carbon dioxide and light reponses of photosynthesis in Cowpea and Pigeopea during water deficit and recovery. *Plant Physiol.*, **85**, 990-995.

LUCAS W. J et MADORE M. A.; 1988.

Recent advances in sugar transport, Vol **14**, carbohydrates. San Diego, London. Academic.

MANSOURI M, 1983

Effet des traitements thermiques sur les facteurs antinutritionnels et la valeur alimentaire de trois légumineuses : Phaseolus vulgaris, Cicer arietinum et Lens exulenta  
Thèse de magister en science alimentaire. I. N. A. Alger. Algerie.

MARES D. J.; HAWKER J S et POSSINGHAM J. V.; 1978.

Starch synthesizing enzymes in chloroplasts of developing leaves of spinach, *J. exp. Bot.*, **29**, 829-835.

MERGHEM R. ; 1996.

Les facteurs antinutritionnels (F. A. N) phenoliques de Pisum sativumL et de Vicia faba L. (Leguminosae) : Aspects structuraux, genetiques et phenotypiques. Thèse Doctorat d'Etat p :78-81.

MEZIANI L. ; BAMMOUN A. ; HAMOU M.; BRINIS L.; et MONNEVEUX P.; 1993.

Essai de définition des caractères d'adaptation du blé dur dans différentes zone agroclimatiques de l'Algérie. Colloque tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale, Montpellier(France), 15-17 Décembre 1992. ed INRA, Paris 1993( les colloques N°64), 191-203.

MILLARD B D et DENMEAD O. T.; 1976.

Water relations of wheat leaves in the field, *Agron. J.* **68**, 303-307

MONNEVEUX et NEMMAR.; 1986.

Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (Triticum aestivum)et chez le blé dur (Triticum durum DESF) : étude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomie*, **6**, 583-590.

- MOSELY G ; GRIFFITHS D. W, 1979  
 Varietal variation in the anti-nutritive effects of fields bean (*vicia-faba* )in fed to rats *J. Sci. Fd. Agric*, **30**(8), 772-778.
- MOSSE. J et PERNOLLET J C.; 1983.  
 Storage proteines of legume seed. In ARORA S. K. Chemistry and biochemistry of legumes, IBH publishing co. Oxford.
- MORGAN J. M.; 1989.  
 Physiological traits for drought tolerance. In drought tolerance in cereals (BAKER FWG., ed ) CAB Int, Walling ford, 53-64.
- MOUHOUCHE. B, 1994.  
 Effet du stress hydrique sur les composantes du rendement du haricot (*Phaseous vulgaris*). 17th European régional conférence on irrigation and drainage. ICID. Varna. Bulgaria. 8pages.
- NEMMAR.;1983.  
 Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez les variétés du blé dur (*T. durum* DESF) et le blé tendre (*T. aestivum*) :evolution des teneurs en proline au cours du cycle de développement., E. N. S. A. Montpellier. Thèse de Doctorat ingénieur.
- OKUDA T.; 1993  
 Polyphénolic phenomene, éd. A Scalbert, INRA, Paris, 1993, 221-235.
- PAKIN R et LECHASSE. P.; 1982.  
 Acclimatation naturelle de la luzerne (*Médicago media pers* ) au froid. I- variations de la teneur en sucres totaux des feuilles et des collet. *Occ ol plant*, **3**, 27-37.
- PALF I et al.; 1973.  
 Free proline and water deficit in plant tissues *Fiziol rast* , **20**, 189-193.
- PENON P.; 1982.  
 Substances de croissance. In « croissance et développement »édité par MAZLIAK P.
- PICARD J.; 1977.  
 Féverole : espoirs malgré des déceptions génétiques. *Cultivar* 100-163
- PION R. ; PAWLAKM.; 1967.  
 Influence de la composition des protéines alimentaires sur les teneurs en acides aminés libres du sang total et du muscle du rat en croissance. *C. R. Acad. SC. Paris*, **264**, 380-382.
- PREISS J.; 1982.  
 Regulation of biosynthesis and degradation of starch, *Ann. Rev. Plant physiol.*, Vol **33**, 431-454.



- PROTSENKO D.; SHIMATIKO G. and RUBANYUK E. A.; 1968.  
Drought hardiness of winter wheat varieties as related to their amino-acid composition .  
*Fiziol. Rast* . **15** : 680-687.
- PUGNAIRE F., ENDOLZ L. S and PARDOS J.; 1993.  
Constraints by water stress on plant growth. In : *Resistance des plantes à la secheresse : mécanismes physiologiques.* (LAMAZ T., TOUSCH D., SARDA X., GRIGNON C. ; DEPIGNY-THIS D. MONEUVEUX P. DELHASSEN E.)(non publié).
- RAWSON R. R. ; RICHARDS R. A. and MUNNS. R.; 1988.  
An examination of selection criteria for salt tolerance in wheat, barley and tritical genotypes.  
*Aust. J. Agri. Research*, **39**, 759-772.
- RAYKROYD W et ROME.; 1964.  
Les graines de legumineuses dans l'alimentation humaine (FAO).
- SAKR B.; 1991.  
The statut of faba bean production in Maroco. Options méditerranéennes. Series séminaires N°10, 153-157.
- SALUNKHE D K.; 1982.  
Legumes in humain nutrition : current status an future research neads. *Current science*, **51**, (8), 387-394.
- SAUGIER B.; RIPLEY E A et LUEKEP.; 1974.  
Modelling : VU- A Mechanistic model of plant growth and water use for the naturel grassland. Matador project, Technichal repport N°65. University of Saskatchewan, Saskatoon, 96p.
- SHANAHAN J. F. ; DONNELLY K. J. ; SMITH D. H. and SMITADE.; 1985.  
Shoot developpemental properties associated with yield in winter wheat. *Crop. Sci.* **25**, 770-775.
- SINGAL H. R. ; SHEORAN I. S and SINGH R.;1985.  
Effect of water stress on photosynthesis and in vitro activities of the PCR cycle enzymes in pigeonpea (*Cajanus cajan* L )
- SLATYER R O.; 1973.  
The effect of internal water status on plant growth, developement and yield. *In : Plant response to climatic factors* (R. O. Slatyer, ed), UNESCO, 177-191.
- SRINIVASA RAO N. K and BHATT R M.; 1988.  
Photosythesis, transpiration, stomatol diffusivee resistance, and relative water content of capsium (Bell pepper) grown under water stress. *Photosynthetica.*, **22**(3), 377-382.
- STARON T.; 1982.  
L'encyclopédie nutritionnelle de l'homme. *In : les sciences alimentaires.*

STEWART C R and LEE J. A. ; 1974.

The role of proline accumulation in halophytes planta. (*Berl*), **120**, 279-289.

STEWART C R.; 1981.

Proline accumulation on biochemical aspects. In Physiology and biochemistry of drought resistance in plants. (Paleg L J and Aspinall D. (eds)., Sidney academic Press, 243-259

STITT. M.; 1987.

Fructose - 2,6- bisphosphate? and plant carboxylate metabolism, *Plant physiol.*, **84**, 201-204.

SUKUMARAN.; EZEKIEL R et PERUMAL N. K. ; 1989.

Response of net photosynthetic rate and stomatal conductance to water deficit in different potato cultivars. *Photosynthetica* **23**(4), 664-666.

TALOUIZTCA.; FLORENZA I.; RAFALES M.; CHAMPIGNY M et MOYSE A.; 1987.

Influence du deficit hydrique sur la fixation, l'assimilation du  $^{14}\text{CO}_2$  et la distribution des photosynthétats chez les jeunes plantes de blé. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, serie III, **305**, 721-728.

TALL M. and ROSENTHAL I.; 1979.

Salt tolerance in *Simmondsia chlemensis*. Water balance and accumulation of chloride, Sodium and proline under low and high salinity. *Ann Bot*, **43**, 701-705.

TODD G W.; 1972.

Water deficits and enzymatic activity in KOZLOWSKI T. T. ed : Water deficits and plant growth. Academic press. New York, **3**, 177-216.

TROLL W and LINDSLEY J, 1955.

A photometric method for the determination of proline. *J. Biol. Chem.*, **215** : 655-660.

TURNER N/ C.; BEGG J. E RAWSON H. M. ENGLISH S. H. HEAN A. B. 1978.

Agronomic and physiological responses of soybean and sorghum crops to water deficits. III components of leaf water potential, leaf conductance,  $^{14}\text{CO}_2$  photosynthesis, and adaptation to water deficits. *Aust. J. Plant physiol.*, **5**, 179-194.

TURNER N. C.; 1986.

Adaptation to water deficits : a changing perspective. *Aust J plant physiol*, **13**, 175-190.

VESINA L et PAKIN R.; 1982.

Effet des basses températures sur la distribution de la proline libre dans les plantes de Luzerne. (*Medicago media*. pres). *Physiol vég.*, **20**(1), 101-109.

VIDAL. A et POGNONEC J. C. ; 1984.

Effet de l'alimentation en eau sur quelques caractères morphologiques et anatomiques des feuilles de soja (*Glycine max* L. merill), *Agr*, **4**(10), 967-975.

VIERA DA SILVA J. B.; 1968.

Influence du potentiel de la solution nutritive sur la teneur en glucides et amidon de trois espèces de *Gossypium* C. R. Acad. Sci. Paris. 265, 1289-1292.

WALTON D C.; GALSON E and HARRISON M A.; 1977.

The relation ship between stomatal resistance and abscissic acid levels in leaves of water stressed bean plant a differents stages of developpement. *Crop. Sci.*, 17, 713-716.

WANG E. T ; VANBERKUM P ; BEYENE D; SUI X H; DORADO O; CHEN W. X ; and MARTINEZ ROMERO E .; 1998.

*Rhizobium huautlense* sp. Nov., asymbiont of sesbania herbacea that has a close phylogenetic relationship with *Rhizobium galgea* . *int. j. syst. Bacterial.*, 1998, 48, 687-699.

WARDLAWL. F.; 1970.

The early stages of grain developpement in wheat : Response to light and temperature in single variety. *Aust. J. Biol. Sci.*, 23, 765-774.

WILLSKTTER R et BRIDLE. P, 1913

*Justus liebig's Ann. Chem.*, 1913, 401, 69-92.

ZAGHOUANE O. ; 1991.

The situation of faba bean (*Vicia faba* L.) in Algeria. *Options méditerranennes - séries séminaires* N°10 123-125.

ZID et GUIGNON, 1991.

Les tests de selection précoces pour la résistance des plantes au stress salin et hydrique. Ed. AUPELEF -UREF. J.LIBBEY. EUROTEST. Paris, 91-108.

ZIMMER N.; CORDESS R.; 1961.

Influence des Tanins sur la valeur nutritive des aliments chez les ruminants., INRA-ENSA. M unité de Zootechnie méditéraneene. 167-179.

# **ANNEXES**

### Les abréviations utilisées

**Rein** : Variété Reinablanca

**Aqua** : Variété Aquadulce L

**Alfr** : Variété Alfred

**T** : Témoin

**S1** : 75% de la capacité au champ

**S2** : 50% de la capacité au champ

**S3** : 25% de la capacité au champ

**S4** : Stade remplissage des gousses

**HP** : Hauteur de la plante

**NR** : Nombre de rameaux

**SF** : Surface foliaire

**LG** : Longueur de la gousse

**NGP** : Nombre de gousse par plante

**NGG** : Nombre de graine par gousse

**PMOG** : Poids moyen de la graine

**PROLF** : Teneur en proline dans les feuilles

**SUCF** : Teneur en sucres solubles dans les feuilles

**PROLG** : Teneur en proline dans la graine

**SUCG** : Teneur en sucres solubles dans la graine

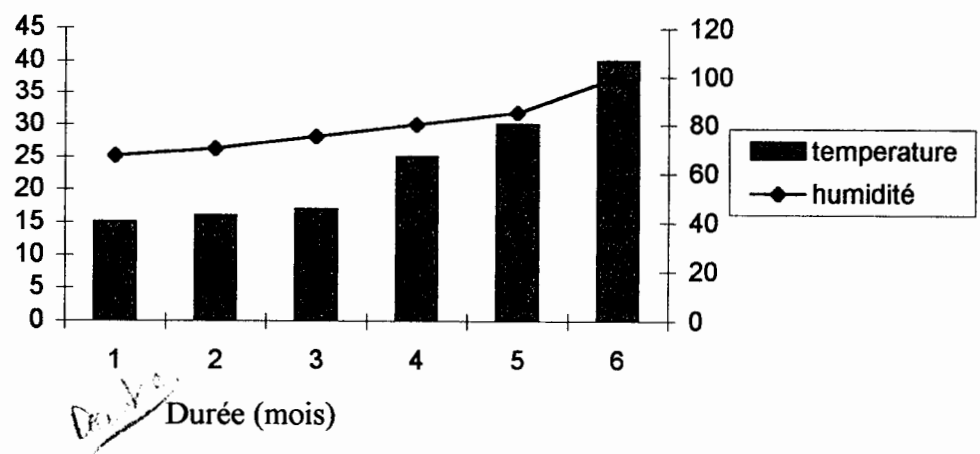
**PHTOT** : Teneur en phénols totaux

**T.condensés** : Teneur en tannins condensés par le

**BuOH** : BuOH / HCl

**VAN** : Test vanilline.

*Annexe 1 : Temperature et humidité relative durant tout le cycle de la plante*



**Annexe 2** : Effet du stress hydrique sur les paramètres de croissance

Variétés Traitement	Reinablanca					Aquadulce L					Alfred				
	T	S1	S2	S3	S4	T	S1	S2	S3	S4	T	S1	S2	S3	S4
<b>Paramètres</b>															
Hauteurs de la plante (cm)	72,67 ± 3,78	62,67 ± 2,3	62,33 ± 2,88	59,67 ± 10,5	72,33 ± 6,42	52,33 ± 7,76	59,67 ± 0,57	57,33 ± 3,78	54 ± 4	53 ± 7	75,33 ± 7,57	73,33 ± 5,77	66,67 ± 5,27	63 ± 3,46	66 ± 3,6
Nombre de rameaux	1,66 ± 0,57	1,33 ± 0,57	1,33 ± 0,57	2 ±	1,66 ± 0,57	2,33 ± 0,57	1,33 ± 0,57	1 ± 0	2 ± 0	2 ± 1	1 ± 0	1 ± 0	0,66 ± 0,57	1 ± 0	1 ± 0

T : Témoin

S1 : 75% de la capacité au champ

S2 : 50% // //

S3 : 25% // //

S4 : Stade remplissage des gousses

**Annexe 3 : Effet du stress hydrique sur la surface foliaire (cm<sup>2</sup>)**

<b>Géotypes Taitements</b>	<b>Reinablanca</b>	<b>Aquadulce L</b>	<b>Alfred</b>
T	26,07 ± 0,15	26,97 ± 1,53	16,5 ± 0,56
S1	24,57 ± 0,68	24,63 ± 0,15	15,18 ± 1,00
S2	20,00 ± 1,55	15,9 ± 2,12	10,63 ± 0,55
S3	15,23 ± 0,47	12,37 ± 0,81	8,87 ± 1,23

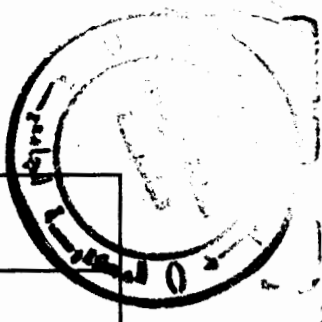


**Annexe 4 :** Influence du stress hydrique sur les composantes du rendement

Paramètres	Géotypes Traitement	Reinablanca					Aquadulce L					Alfred				
		T	S1	S2	S3	S4	T	S1	S2	S3	S4	T	S1	S2	S3	S4
Longueur de la gousse(cm)		11,33	10	10,33	11,33	12,33	10,66	10,66	12	14,33	11,33	7	6	6	5,33	6,33
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		3,05	2	2,08	1,15	1,52	1,15	3,05	2	0,57	1,15	0	1	0,57	0,57	0,57
Nombre de gousse/plante		3,33	2,67	2,67	2	3,33	3	2,33	2,33	1,67	3	3	2,67	2,67	2,33	3
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		0,57	0,57	0,57	0	0,57	0	0,57	0,57	0,57	0	1	0,57	0,57	0,57	0
Nombre de graine/gousse		4	2,67	2,67	2	3,33	3	2,33	2,33	2,33	3	3	2,67	2,67	2	3,33
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		1	0,57	0,57	1	0,57	0	0,57	0,57	0,57	0	1	0,57	0,57	1	0,57
Poids moyen de la graine(g)		1,63	1,7	1,37	1,5	0,77	1,8	1,47	1,37	1,57	0,57	0,5	0,43	0,57	0,43	0,13
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		0,3	0,1	0,05	0,26	0,05	0,4	0,25	0,3	0,15	0,05	0,1	0,15	0,05	0,15	0,05

**Annexe 5 : Valeur de Fisher de l'analyse de la variance**

<b>Paramètres</b>	<b>Valeur de Fisher</b>	<b>Fcal</b>	<b>Ftab 5%</b>	<b>Ftab 1%</b>	<b>ddl</b>
<b>Hauteur de la plante</b>		1,86	3,32	/	(4, 30)
<b>Nombre de rameaux</b>		3,25	2,69	/	(4, 30)
<b>Surface foliaire</b>		25,06	3,4	5,61	(2, 24)
<b>Longueur de la gousse</b>		1,3	2,69	5,3	(4, 30)
<b>Nombre de gousse par plante</b>		6,73	2,69	4,01	(4, 30)
<b>Nombre de graine par gousse</b>		6,69	2,69	4,02	(4, 30)
<b>Poids moyen de la graine</b>		24,25	2,69	4,02	(4, 30)
<b>Teneur en proline dans les feuilles</b>		21,6	3,01	4,72	(3, 24)
<b>Teneur en sucres solubles dans les feuilles</b>		20,5	3,01	4,72	(3, 24)
<b>Teneur en proline dans la graine</b>		44,55	2,69	3,7	(4, 30)
<b>Teneur en sucres solubles dans la graine</b>		56,14	2,69	3,7	(4, 30)
<b>Teneur en phénols totaux</b>		6,12	3,32	5,39	(2, 30)



<b>Nom :</b> BOUSBA	<b>Prénom:</b> Ratiba	<b>Date de soutenance :</b> 2001
<b>Thème :</b>		
Effet d'une contrainte abiotique -stress hydrique - sur la plante et les composants de la graine de <i>Vicia faba</i> L, ( Leguminosae)		
<b>Diplôme :</b> Magister		
<b>Résumé</b>		
<p>Notre étude a porté sur un essai conduit sous serre sur trois génotypes de fève (<i>Vicia- faba</i> L) qui ont été soumis à une contrainte abiotique (stress hydrique ) sous différents traitements hydriques : 75%, 50%, 25%, de la capacité au champ et un arrêt d'irrigation au stade remplissage des gousses,</p> <p>L'objectif est d'élucider l'effet du stress hydrique sur la plante (<i>Vicia-faba</i> L) et les composants de la graine par des mécanismes d'adaptation , qui affecte les aspects phénologiques, agromorphologique et biochimiques,</p> <p>Les résultats obtenus, montrent que le stress hydrique a un effet dépressif sur les paramètres de croissance, composantes du rendements et paramètres biochimiques, D'une façon remarquable par un stress sévère( 25%)</p> <p>Concernant les mécanismes biochimiques, chaque variété manifeste une stratégie d'adaptation au stress hydrique, Pour la variété Aquadulce L elle se manifeste par une accumulation des métabolites primaires (proline et sucres solubles), par contre pour la variété Alfred, elle se manifeste par une accumulation des métabolites secondaires (Tannins),</p>		
<b>Mots clés :</b> <i>Vicia faba</i> L, stress hydrique, Tannins, proline, sucres solubles, adaptation		
<b>Laboratoire de recherche :</b> Phytochimie- Institut des sciences de la nature-		
<b>Rapporteur :</b>	MERGHEM Rachid	M,C U,Constantine
<b>devant le jury :</b>	BENLARIBI Mostefa	Prof, U, Constantine
	BENGUEDOUER Amar	M,C U, Constantine
	AGLI Abdennacer	M,C U,Constantine