

*République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mentouri de Constantine*

*Faculté des Sciences de la Nature
Département des Sciences de la Nature et de la Vie*

Laboratoire de Génétique Biochimie et Biotechnologies Végétales

*Mémoire présenté par : Bendana Hadjer
pour l'obtention du diplôme de Magister en Biologie*

Filière : Biotechnologies végétales

Option : Génomique et techniques avancées des végétaux

Intitulé :

*CONTRIBUTION A L'ETUDE DES PARAMETRES
PHYSIOLOGIQUES, MORPHO-AGRONOMIQUES ET BIOCHIMIQUES
DE LA CULTURE DU COLZA (*Brassica napus L. var. fantasio*).*

Soutenu le : / /2008.

Membres du jury :

<i>-Mr KHELIFI Douadi</i>	<i>Prof : Univ de Constantine</i>	<i>Président.</i>
<i>-Mr BENSARI Mourad</i>	<i>Prof : Univ de Constantine</i>	<i>Rapporteur.</i>
<i>-Mme KHALFALLAH Nadra</i>	<i>Prof : Univ de Constantine</i>	<i>Examineur.</i>
<i>-Mr BENBELKACEM Kaddour</i>	<i>Directeur de Recherche</i>	<i>Examineur.</i>

REMERCIEMENTS

J'exprime ma plus profonde reconnaissance et gratitude à mon encadreur Prof : M. Bensari, qui a été à l'origine du choix de ce thème original et intéressant, qui ma constamment aidé et orienté. Je le remercie de sa disponibilité pour m'éclairer de ses compétences.

Des remerciements particuliers au Prof : D. Khelifi qui m'a ouvert les portes de son laboratoire de « Biochimie Génétique » pour effectuer plusieurs manipulations. Egalement à Mme la directrice et responsable du « Laboratoire de cytogénétique » Prof : N. Khalfallah nous ne pouvons attester que d'une gentillesse et sympathie incomparables.

Au Prof : K. Benbelkacem pour m'avoir consacré beaucoup de son temps et son aide précieuse.

Je les remercie encore une fois d'avoir accepter d'être membres de jury et pour l'intérêt apporté à ce travail.

J'adresse également mes vifs remerciements au Prof : Mergham qui m'a laissé travailler en toute liberté dans son laboratoire je le témoigne toute reconnaissance et gratitude.

Au Prof : Hedi qui ma consacré un peu de son temps pour réaliser mes manipulations dans son Laboratoire de « Biotechnologies microbiennes ».

A Mr : Louadfel : Directeur de la S. R. P. V (Station Régionale de la Protection des Végétaux de la wilaya de Constantine) qui m'a fournit le site où a été menée la culture.

A Mr : M. Bouhouhou pour ses encouragements et conseils.

Je tiens à remercier Mr Gridi, Mr Achouri ; Secrétaire général de la Chambre d'Agriculture, et président de la CA respectivement, d'avoir accepter de coopérer et de me fournir aimablement beaucoup de produits agricoles, d'être à l'écoute à mes inquiétudes en matière de suivi de culture et l'accueil chaleureux qu'ils me réservent à chaque fois. J'ai eu l'immense plaisir de travailler avec des gens aussi professionnels comme eux.

A la fin je tiens à remercier également Mr : N. Belbekri Chef de service du Laboratoire de Biotechnologies Végétales et Biochimie Génétique pour son aide et soutien.

Liste des abréviations :

Ac.	Acide.
ACP	Acyl Carrier Protein.
B. napus.	Brassica napus L.
CCM	Chromatographie sur Couche Mince.
CE	Esther de Cholestérol.
DPG	Di Phosphatidyl Choline.
DW	Dry Weight.
F	Feuille.
FFA	Free Fatty Acids ; Acides Gras Libres.
Fig	Figure.
FW	Fresh Weight.
I ₂	Iode bissublimé.
LPC	Lyso Phosphatidyl Choline.
MGDG	Mono Galactosyl Diacyl Glycérol.
N P K	Azote Phosphate Potasse.
Nbr	Nombre.
PC	Phosphatidyl Choline.
PE	Phosphatidyl Ethanolamine.
PG	Phosphatidyl Glycérol.
Pg.	Page.
PI	Phosphatidyl Inositol.
Rf	Rapport Frontal.
RWC	Relative Water Content.
S.	Stade.
SP	Sphingomyéline.
Tab	Tableau.
TG	Triacyl Glycérol.

TLC	Thin Layer Chromatography.
TW	Turgid Weight.
WUE	Water Use Efficiency.

Les acides gras et les résidus acyl sont abrégés par leur nombre d'atomes de carbone suivi par le nombre de doubles liaisons.

INTRODUCTION.....	1
<u>CHAPITRE I : RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES.</u>	
Rappels Bibliographiques.....	3
A. BOTANIQUE ET ECOPHYSIOLOGIE.....	7
A. 1 Biologie du Brassica napus L.....	7
1. Description générale.....	7
a) Place dans la classification botanique.....	8
- Classification classique.....	8
- Classification phylogénétique.....	8
b) Centre d'origine de l'espèce.....	8
c) Biologie de la reproduction.....	9
2. Variété.....	9
- Le type « Hiver » (colza d'hiver).....	9
- Le type « printemps » (colza de printemps).....	9
2.1. Identification visuelle de la graine de colza.....	10
3. Culture.....	11
3.1. Stades repères du colza.....	11
• A l'automne:.....	11
A. Stade cotylédonaire.....	11
B. Formation de la rosette.....	12
• Au printemps:.....	12
C. Montaison.....	12
D. Boutons accolés.....	12
E. Boutons séparés.....	13
F. Floraison.....	13
G. Formation de siliques.....	13
A. 2 Utilisation.....	14
- Alimentation humaine.....	14
- Alimentation animale.....	15
- Plante mellifère.....	15
- Engrais vert.....	15
- Potentiel antifongique.....	15

- Biocarburant.....	15
- Usages industriels.....	16
A. 3 Ecophysiologie.....	16
1) Facteurs et conditions de la croissance.....	16
a) Température.....	16
b) Eau.....	18
c) Les éléments minéraux.....	18
d) La culture du colza, place dans les systèmes de culture, choix variétal.....	19
e) Implantation.....	19
F) Fertilisation.....	20
1 Fertilisation Azotée.....	20
2. Fertilisation Soufrée.....	23
3. Régulateurs de croissance.....	23
B. PROTECTION PHYTOSANITAIRE.....	24
C. LES PRINCIPAUX COMPOSES BIOCHIMIQUES DU COLZA (Brassica napus L.).....	25
1. LES LIPIDES.....	25
a) La chaîne de synthèse des acides gras.....	28
2. LES PROTEINES.....	28
1. Structure.....	28
3. LES GLUCIDES.....	30
<u>CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES.</u>	
1. Matériel.....	32
2. Méthodes.....	33
<u>CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION.....</u>	39
CONCLUSIONS GENERALES.....	70
PERSPECTIVES.....	73
BIBLIOGRAPHIE.....	74
INDEX.....	85

INTRODUCTION

A l'aube de la deuxième dicennie du nouvel millénaire et à la lumière des enjeux de la mondialisation de l'économie et de la globalisation, les pays en voie de développement doivent plus que jamais mobiliser leur énergie et déployer leurs efforts pour mieux s'insérer au contexte mondial en rapide évolution. Ces enjeux revêtent un caractère particulièrement sensible lorsqu'il s'agit de sécurité et d'autosuffisance alimentaires, facteurs qui s'évaluent pour de nombreux pays, par rapport à de nombreux produits céréaliers, huiles de table...etc. (1^{ier} Symposium International Sur la Filière Blé, Alger 2000). Ces dernières, représentent une grande part dans la ration alimentaire de leurs populations. La production d'huiles à partir des graines des plantes oléagineuses tel que le tournesol, soja, coton, arachide, et finalement le colza sur lequel notre étude va être menée est soumise le plus souvent à diverses contraintes climatiques, techniques, économiques et sociales ; est loin de satisfaire les besoins de consommation couverts pour une grande partie par les importations ; à titre d'exemple, les exportations Françaises d'huiles de colza et de tournesol vers l'Algérie dépassent aujourd'hui 50.000 tonnes/an.

L'augmentation de la production (rendement) non seulement en terme de quantité mais de qualité également, apparaît dès lors comme un point de passage obligé pour tenter d'atténuer notablement la dépendance alimentaire et relever ce grand défi.

L'Algérie déploie ces dernières années de grands budgets qui ne vont pas uniquement à cultiver la plante de colza à travers le territoire, mais à encourager et financer les recherches scientifiques locales afin d'étudier la plante en question sur différents angles : paramètres biochimiques, agronomiques et écologiques afin de permettre à la fois de répondre aux importants besoins en huiles de la population Algérienne et de diversifier les cultures pour un meilleur équilibre des assolements.

L'objectif de ce travail était d'étudier les paramètres physiologiques, morpho-agronomiques et biochimiques durant les deux stades critiques du développement de la culture du colza (*Brassica napus* L. var. *fantasio*); stade de floraison et stade de maturation des graines, une manière à contribuer dans l'appréciation de l'adaptation d'une telle culture sur notre sol et sous nos conditions climatiques et d'un autre côté évoquer la valeur diététique en étudiant les différentes catégories lipidiques qui caractérisent ces deux stades repères du développement.

Ce document est réparti comme suit : Chapitre I ; consacré à la biologie du colza, chapitre II ; concernant le matériel utilisés et les méthodes d'étude suivies et le troisième et dernier chapitre propre aux résultats obtenus avec discussion.

Enfin, une conclusion quant au travail réalisé est présentée suivie des perspectives.

RAPPELS HISTORIQUES ET BIBLIOGRAPHIQUES :

On mentionne explicitement le colza oléagineux et la moutarde dans des textes sanskrits datant de 2000 à 1500 ans avant Jésus-Christ et dans des écrits Grecs, Romains et Chinois remontant aux années 500 à 200 avant notre ère (Downey et Röbbelen, 1989).

En Europe, on croit que la culture du colza a commencé au début du Moyen Âge et qu'elle est devenue commerciale aux Pays-Bas dès le 16e siècle. À cette époque, l'huile de colza servait principalement de combustible à lampe. Plus tard, on l'a utilisée comme lubrifiant des moteurs à vapeur. L'huile de colza était largement utilisée comme huile comestible en Asie, mais, pour qu'elle devienne importante en Occident, il a fallu attendre l'amélioration de sa qualité et des techniques de transformation. Depuis la Deuxième Guerre mondiale, par suite de l'amélioration de la qualité de l'huile et du tourteau, la production du colza a augmenté considérablement en Europe et au Canada. La Chine, l'Inde, l'Europe et le Canada sont maintenant les producteurs les plus importants.

Le colza est une plante issue d'un croisement spontané entre un chou et une navette. L'origine de cet hybride n'est pas encore élucidée. Le croisement a pu se produire soit en pleine nature, dans le pourtour du bassin méditerranéen, soit des jardins potagers où étaient cultivés côte à côte, des choux pour la consommation humaine et de la navette pour produire de l'huile d'éclairage. L'hybride aurait été sélectionné ensuite sous deux formes : Le colza pour son huile, et le rutabaga pour ses racines.

Le croisement qui a donné naissance au colza a été occasionnellement observé dans la nature. Depuis, la culture de cette plante est en forte expansion surtout après la mise en évidence de ses différents usages industriels, dans l'alimentation humaine ; margarine, huile d'assaisonnement, production du miel, tandis que dans l'alimentation animale c'est la fourniture du tourteau (sous produit de l'extraction d'huile), utilisé comme un engrais vert pour limiter le lessivage d'azote, et finalement comme biocarburant très écologique.

Depuis 1973, la production mondiale de graines oléagineuses a progressé régulièrement. En 2004, elle atteint 370 millions de tonnes environ.

Depuis 1981, c'est le colza qui a connu la plus forte progression : la récolte a presque quadruplé, grâce notamment à l'augmentation de la production communautaire.

La part de ces graines dans la production mondiale d'oléagineux reste assez stable au cours des années.

En 2004, le soja occupe toujours la première place avec 57% des graines produites, le coton 11%, l'arachide 7%, le tournesol 8% et le colza 12% (*Statistiques des Oléagineux et Protéagineux, 2005-2006*). Si dessous, le tableau N°1 indique la production mondiale des graines oléagineuses de 1973 jusqu'à 2005.

Tableau 1 : Production mondiale de graines oléagineuses (estimations 2004/2005).

Années	73-74	81-82	86-87	96-97	99-00	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05
Monde	7143	12386	19818	31015	42621	37533	36678	33076	38990	46030
UE	1070	2018	3769	7354	11473	8950	8870	9501	9507	15275
Chine	1353	4065	5881	9201	10132	11381	11320	10552	11410	13040
Canada	1207	1837	3787	5062	8798	7205	5170	4407	6870	7820
Inde	1704	2382	2605	6300	5100	3750	4850	3600	6150	6200

Source : Oil World

A partir de 1981, la production mondiale d'huiles végétales progresse régulièrement.

En 2004, elle atteint 108 Mt.

L'huile de colza a connu également une bonne progression puisqu'elle a largement triplé depuis 1981, et se place, à présent, en troisième position, avec 14% de la production mondiale (11% en 1981), soit 15 millions de tonnes (*Statistiques des Oléagineux et Protéagineux. , 2005-2006*).

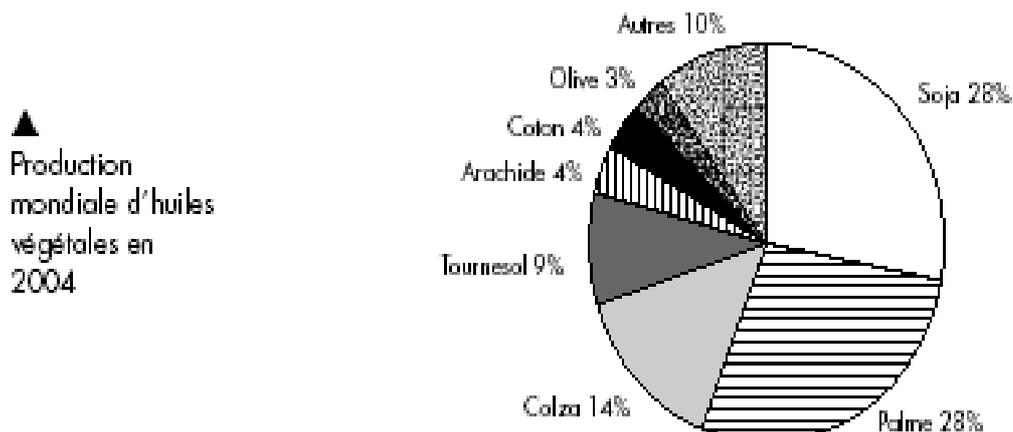


Figure 1 : Production mondiale d'huiles végétales en 2004 (source : Oil World).

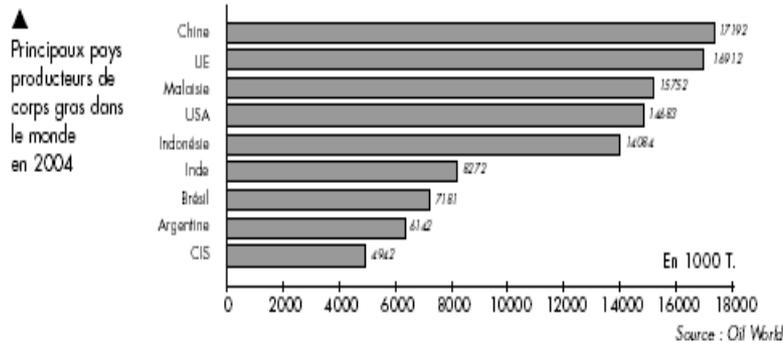


Figure 2 : Principaux pays producteurs de corps gras dans le monde en 2004.

Tableau 2 : Production mondiale d'huiles végétales (estimations pour 2004)

73/74 - 81/82 - 86/87 - 96/97 - 99/00 - 00/01 - 01/02 - 02/03 - 03/04 - 04/05

COLOZA										
Monde	2579	4325	6334	8953	11479	14471	13723	13307	12660	14874
UE	578	966	1518	2481	2943	3769	3512	3719	3586	4685
Chine	429	1022	1786	2116	3052	4695	4553	4163	3815	4249
Inde	540	676	934	1731	2087	1715	1554	1690	1266	2077
Canada	145	440	536	632	1195	1300	1139	897	1103	1384

TOUTES HUILES VEGETALES										
Monde	27149	40592	51586	62044	76458	92385	96013	98363	102878	108283
UE	3368	6123	7064	8115	9856	11233	11303	12002	11831	11963

Source : Oil World

-Consommation mondiale d'huiles végétales:

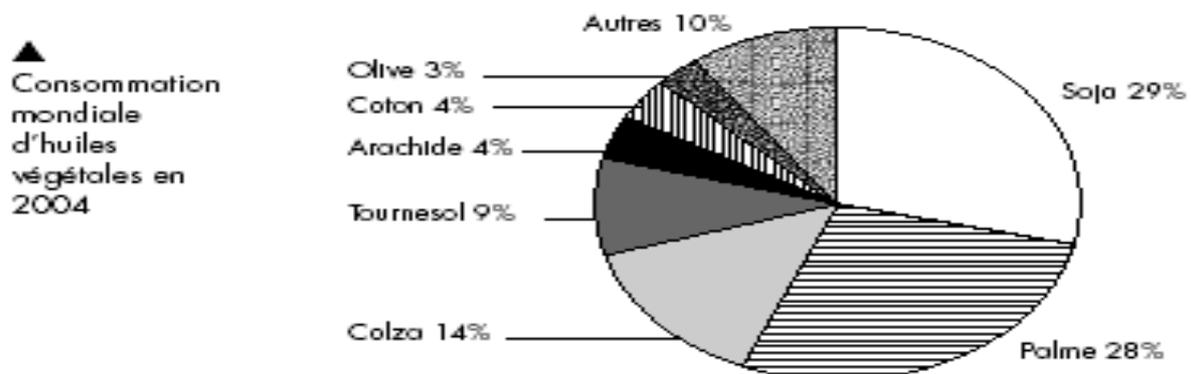
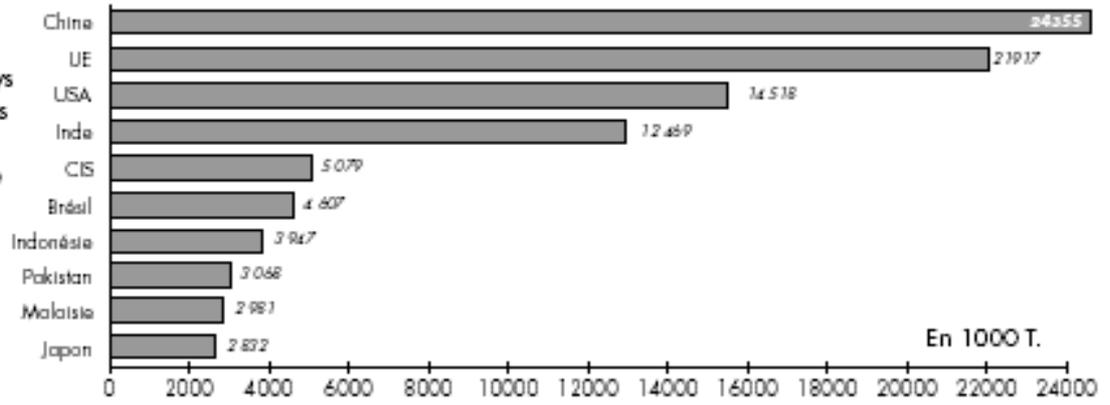


Figure 3 : Consommation mondiale d'huiles végétales en 2004.

▲
Principaux pays
consommateurs
de corps gras
dans le monde
en 2004



Source : Oil World

Figure 4 : Principaux pays consommateurs de corps gras dans le monde en 2004.

A. BOTANIQUE ET ECOPHYSIOLOGIE :

A. 1 Biologie du *Brassica napus* L.



Étymologie : Le colza vient du flamand « Koolsaed » = semence de chou (Kool=chou ; saed= semence) (P. Schweitzer – Laboratoire d'Analyse et d'Ecologie Apicole).

Nom scientifique : *Brassica napus* L. var. *napus*, famille des Brassicacées, sous-famille des Brassicoïdæ. (Wikipédia. , 1999)

1) Description générale

Le colza (*Brassica napus* L.) est cultivé depuis très longtemps. Il appartient à la famille des crucifères, ou Brassicacées, c'est-à-dire à la famille de la moutarde. Le mot « Crucifères » signifie «qui portent une croix» et fait allusion à la forme des fleurs, dont les quatre pétales sont disposés en forme de croix. Le *B. napus* a des feuilles vertes bleuâtres foncées, glauques, glabres ou portant quelques poils épars près de la marge, partiellement embrassantes. La tige est assez ramifiée, mais ce caractère varie selon les variétés et les conditions du milieu; les ramifications prennent naissance à l'aisselle des feuilles supérieures de la tige, et chacune se termine par une inflorescence. L'inflorescence est une grappe allongée de fleurs jaunes rassemblées aux extrémités mais ne dépassant pas les bourgeons terminaux. Les fleurs s'ouvrent successivement à partir de la base de l'inflorescence. (Musil. , 1950). Il existe deux types de colza : le colza oléagineux, dont le canola est un type aux qualités particulières, et le rutabaga, ou navet du Québec. On peut subdiviser le type oléagineux en formes de printemps et d'hiver.

Le *Brassica napus* oléagineux est une culture qui ne tolère pas autant la sécheresse que les céréales. Il s'adapte à toute une gamme de conditions et vient bien dans divers types de sols, à condition que l'eau et l'engrais soient en quantité suffisante. La température de l'air et du sol influent sur la croissance et la productivité également celle du Canola (nouvelle variété de colza cultivée principalement au Canada). La température optimale de croissance et de développement se situe juste au-dessus de 20°C, et la plante doit idéalement être cultivée à

une température variant de 12°C à 30°C. Après l'émergence, les plantules préfèrent une température relativement fraîche jusqu'au moment de la floraison; à partir de la floraison, une température élevée accélère le développement de la plante et raccourcit ainsi la période qui sépare la floraison de la maturité.

En effet, les variétés de *B. napus* exigent en moyenne 105 jours de culture du semis à la récolte. (Agence Canadienne d'Inspection des Aliments, BIO1994-09, La Biologie de *Brassica napus* L. (Colza/canola)

a) Place dans la classification botanique (INA P-G – Département AGER – 2003)

Le nom botanique des colzas cultivés et appartenant à la famille des crucifères (ou Brassicacées) est *Brassica napus*. Le genre *Brassica* est très important du point de vue des espèces cultivées.

- Classification Classique : (Wikipédia. , 9.12.1999)

Règne : Plantae
Division : Magnoliophyta
Classe : Magnoliopsida
Ordre : Capparales
Famille : Brassicaceae
Genre : *Brassica*

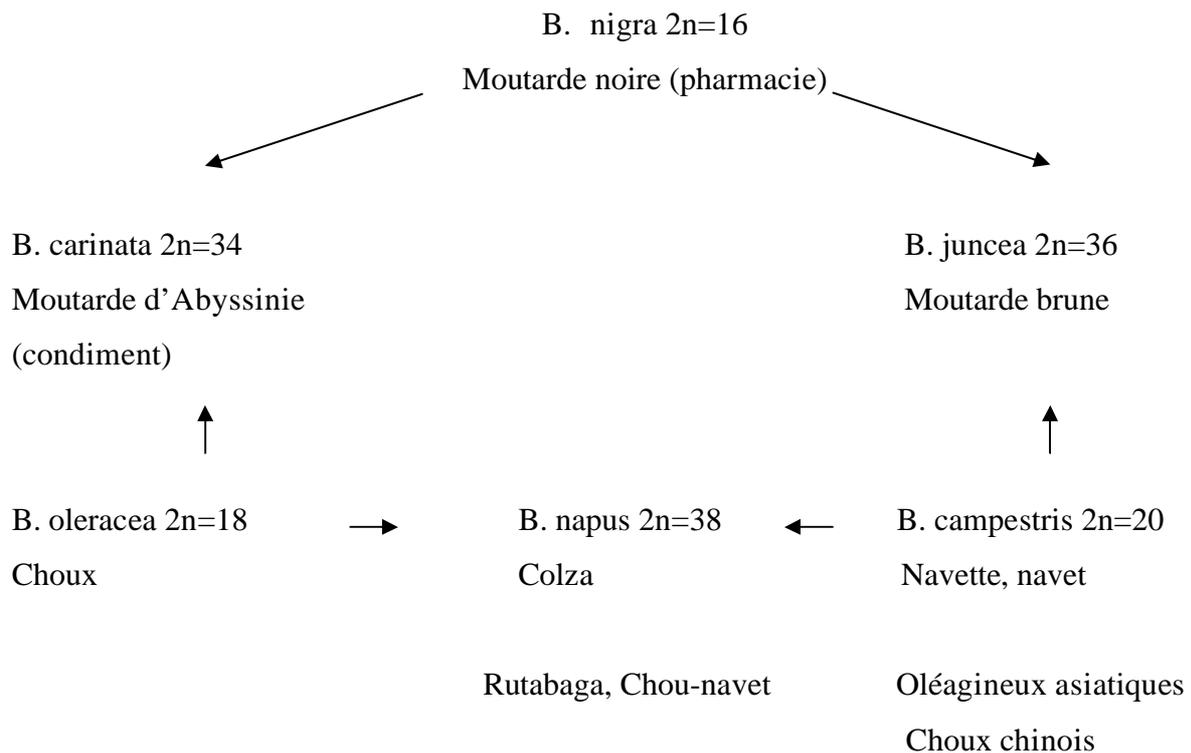
Nom Binomial : *Brassica napus* var. *napus*

- Classification Phylogénétique :

Ordre : Brassicales
Famille : Brassicaceae

b) Centres d'origine de l'espèce (ACIA BIO. , 09-1994)

Les origines du *B. napus* (plante amphidiploïde, $n = 19$) sont obscures. U. , 1935 a d'abord proposé qu'il y avait eu hybridation naturelle entre les deux espèces diploïdes *B. oleracea* ($n = 9$) et *B. rapa* (syn. *campestris*) ($n = 10$), mais les conclusions d'une analyse récente de l'ADN dans les chloroplastes et les mitochondries (Song et Osborn. , 1992) donnent à penser que le *Brassica montana* ($n = 9$) pourrait être très voisin du prototype commun qui a donné naissance aux cytoplasmes du *B. rapa* et du *B. oleracea*. On a aussi suggéré que le *B. napus* aurait une origine multiple et que la plupart des formes cultivées de cette espèce proviendraient d'un croisement dont le parent femelle serait une espèce très voisine ancêtre du *B. rapa* et du *B. oleracea*.



Les relations entre les diverses espèces de Brassica cultivées ont été établies par U. (1935). Ces relations ont été confirmées par l'étude de marqueurs protéiques ou de l'ADN chloroplastique.

c) Biologie de la reproduction : (ACIA BIO. , 09-1994)

Les ovules sont généralement fertilisés par autopolinisation, bien que des taux d'allofécondation de 20 à 30 % aient été signalés (Rakow et Woods. , 1987). Le pollen, lourd et collant, ne peut être porté par le vent à une grande distance. Il est donc transporté par les insectes, et principalement par les abeilles. Dans le cas de plantes situées à proximité l'une de l'autre, la pollinisation croisée peut également résulter du contact entre les grappes de fleurs. Les générations successives sont issues de graines des générations antérieures. On ne signale pour le Canada aucun cas de reproduction asexuée sur le terrain.

2) Variétés :

-Le type « Hiver » (Colza d'hiver) à phase rosette longue, qui demande pour accomplir son cycle végétatif une période hivernale vernalisante (< 10°C pendant au moins 40 jours), puis une photopériode longue ; il possède une certaine résistance au froid.

-Le type « printemps » (Colza de printemps) à phase rosette très courte, qui ne nécessite aucune phase vernalisante, mais requiert des jours longs ; il est sensible au froid.

A l'automne les organes racinaires (pivot + racines) représentent 50% de la biomasse totale. Lors de la phase printanière, l'accumulation de la matière sèche est essentiellement le fait de l'accroissement des tiges et des ramifications, ceci jusqu'au stade G4. Au-delà, seules les siliques concourent à l'augmentation de la matière sèche. Ces siliques issues de la transformation des fleurs, sachant que chaque silique comprend environ 20 à 30 graines noires sphériques. Ci-dessous figurent des explications importantes concernant la morphologie ; grosseur et forme des graines, ainsi que les caractères servant à les identifier. Ce sont des notions de bases et des règles valides sur lesquelles s'appuient les agriculteurs occidentaux pour éviter la contre façon des graines.

2.1) Identification visuelle de la graine de colza : (Bulletin de Biologie des Grains n°3. , Déc 2000)

Brassica napus L.

Nom Français : canola ou colza

Famille : *Brassicaceae* (syn. Crucifères)

Forme :

- Forme générale à peu près sphérique, sphérique-oblique ou cuboïde
- Présente généralement à l'extrémité hilare une large surface aplatie
- Graine parfois aplatie dans le sens de la longueur, du hile à l'apex, de sorte que le sillon radiculaire se trouve allongé sur un des côtés
- Sillon radiculaire presque absent, ou large et peu profond, ou large et profond (formant une vallée séparant bien les cotylédons)
- Radicule légèrement en saillie dans le sillon, ou y affleurant à plat

Couleur :

• Rougeâtre (notamment chez les graines immatures), grise, gris-noir, ou noir. Selon les travaux de Downey et Bell. , 1990 il existe un effet de la couleur de la graine de colza sur les teneurs en huile, protéines et cellulose de *B. campestris*. Plus la couleur de la graine devient davantage claire en passant du brun au jaune brun arrivant au jaune plus la teneur (%) en huile (de la graine) et protéines (tourteau) augmente et inversement pour la teneur en cellulose (tourteau).

Surface :

- Réticulations peu marquées, parfois à peine visibles
- Aréoles petites et peu profondes

- Surface recouverte de petits points luisants lui conférant une texture granuleuse ou «sucrée »
- Hile ayant une crête linéaire blanche, affleurant ou légèrement en saillie; chez les graines les plus pâles, le hile peut ressembler à une ligne séparant partiellement en deux la région hilaire, laquelle est plus foncée et légèrement convexe.

Dimensions :

- Longueur 1,1 à 2,6 mm, largeur 1,3 à 2,3 mm

Numéros de Référence:

- 2,5

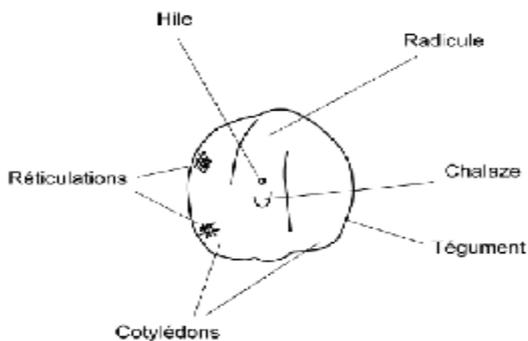


Fig 5

Fig 5 : La dénomination des différents composants de la graine de B. napus.

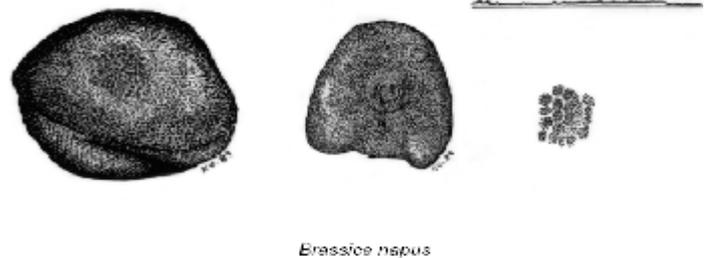


Fig 6

Fig 6 : Grosseur et morphologie de la graine de B. napus.

3) Culture :

3.1) Stades repères du Colza :(CETIOM. , 2002)

A l'automne :

A- Stade cotylédonnaire : Seuls les deux cotylédons sont visibles.



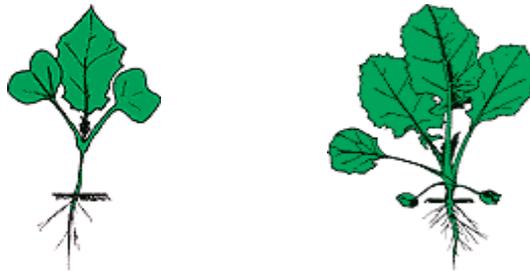
Stade A

- *Levée* : les jeunes plantes marquent la ligne.
- *Stade A (10)* : stade cotylédonnaire. Pas de feuilles "vraies".

B- Formation de la rosette

Stade B : apparition des feuilles. Pas d'entre-nœuds entre les pétioles. Absence de vraies tiges.

- **Stade B1 (11)** : 1 feuille vraie étalée ou déployée (voir ci-contre).
- **Stade B2 (12)** : 2 feuilles vraies étalées ou déployées.
- **Stade B3 (13)** : 3 feuilles vraies étalées ou déployées.
- **Stade B4 (14)** : 4 feuilles vraies étalées ou déployées (voir ci-contre).
- **Stade Bn (1n)** : n feuilles vraies étalées ou déployées.



Stades B1 et B4

Au printemps :

C- Montaison :

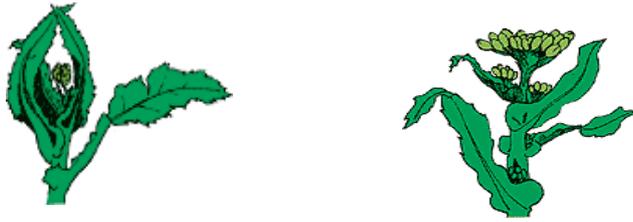
- **Stade C1 (31)** : reprise de végétation. Apparition de jeunes feuilles.
- **Stade C2 (32)** : entre-nœuds visibles. On voit un étranglement vert clair à la base des nouveaux pétioles. C'est la tige.



Stade C2

D- Boutons accolés

- **Stade D1 (51)** : boutons accolés encore cachés par les feuilles terminales.
- **Stade D2 (53)** : inflorescence principale dégagée. Boutons accolés. Inflorescences secondaires visibles. Au cours de ce stade, la tige atteint et dépasse la hauteur de 20 cm mesurée entre la base de la rosette et les bouquets floraux.



Stades D1 et D2

E- Boutons séparés : Nombreuses fleurs ouvertes.



Stade E

- **E (59)** : les pédoncules floraux s'allongent en commençant par ceux de la périphérie.

F- Floraison :

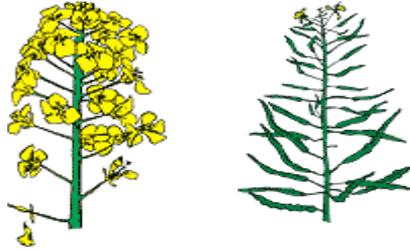
- **Stade F1 (60)** : premières fleurs ouvertes.
- **Stade F2 (61)** : allongement de la hampe florale.



Stade F1

G- Formation des siliques :

- **Stade G1 (70)** : chute des premiers pétales. Les 10 premières siliques ont une longueur inférieure à 2cm. La floraison des inflorescences secondaires commence à ce stade.
- **Stade G2** : les 10 premières siliques ont une longueur comprise entre 2 et 4 cm.
- **Stade G3** : les 10 premières siliques ont une longueur supérieure à 4 cm.
- **Stade G4 (73)** : les 10 premières siliques sont bosselées.
- **Stade G5 (81)** : grains colorés.



Stades G1 et G4

NB : Les chiffres mentionnés après les stades représentent la nomenclature échelle BBCH.

A. 2 UTILISATION (Wikipédia. , 1999)

Alimentation humaine

L'huile de colza naturelle contient de l'acide érucique qui est cancérigène pour l'homme à dose importante, mais employé comme additif alimentaire à faible dose. Des variétés à faible teneur en acide érucique dites « 0 », ont été sélectionnées. Ce sont les seules admises pour la consommation humaine. Les variétés dites « 00 » ou double zéro ont une teneur en acide érucique inférieure à 2 % de la fraction lipidique et une teneur en glucosinolates inférieure à 20 micromoles par gramme. L'appellation canola correspond à des graines de crucifères sélectionnées au Canada. Les espèces susceptibles de recevoir cette dénomination sont le colza, la navette (*Brassica campestris*) et la moutarde orientale (*Brassica juncea*). Ce nom vient de la contraction de « "Canadian oil, low acid" ».

L'huile de colza contient de l'acide oléique (60 %), de l'acide linoléique (22 %), et de l'acide linolénique (ce qui fait d'elle une importante source naturelle d'acides gras ; oméga-3). En Europe c'est l'huile végétale la plus consommée, devant l'huile de tournesol et celle de soja, mais elle n'est pas recommandée pour la friture.

L'huile de colza entre dans la composition de la margarine. La consommation d'huile de colza ou de margarine de colza, pourrait réduire de 70 % le risque de maladies coronariennes.

Les feuilles de colza aussi sont comestibles, à l'instar de celles du chou vert frisé (qui appartient au même genre *Brassica*). Certaines variétés sont vendues comme légumes verts, principalement dans les épiceries asiatiques.

Alimentation animale

L'extraction de l'huile fournit un coproduit, le tourteau du colza, qui est une source intéressante pour l'alimentation animale, riche en protéines qui peut concurrencer le tourteau de soja, seulement la valeur énergétique est faible.

Ce produit est employé principalement pour l'alimentation du gros bétail, mais aussi des porcins et de la volaille (bien que moins intéressant pour celle-ci). Sa très faible teneur en glucosinolates peut être responsable de troubles du métabolisme chez les bovins et les porcins. La plante entière est utilisée pour l'alimentation du bétail (plante fourragère).

Plante mellifère

Les fleurs de colza produisent un nectar abondant à partir duquel les abeilles font un miel clair, très riche en glucose, qui doit être extrait assez rapidement des rayons car il a tendance à cristalliser. Ce miel est habituellement mélangé avec d'autres miels plus doux pour la consommation directe ou bien vendu pour la pâtisserie. Il est souvent commercialisé sous l'appellation "miel de printemps"

Engrais vert

Si le colza est cultivé principalement pour sa graine, il sert aussi de plante de couverture en hiver. Ce type de culture est destiné à couvrir le sol et à contribuer ainsi à limiter le lessivage de l'azote. Il est ensuite enfoui, constituant alors un engrais vert

Potentiel antifongique

Une récente recherche de l'université de Cocody d'Abidjan réalisée par D. Kone et al (2006) a démontré que l'utilisation des huiles essentielles comestibles (*Chenopodium ambrosioides*, *Melaleuca quinquenervia*) est présentée comme une méthode alternative pouvant limiter le développement des champignons des stocks (*Aspergillus niger*, *A. flavus*, et *A. sp*). Où les champignons ont montré une sensibilité différentielle selon la concentration des huiles et leur nature. La différence d'activité des huiles est en relation avec diverses substances qui les composent. L'imprégnation des fèves (sujettes aux attaques fongiques) et d'autres denrées en stock d'huile essentielle se présente comme une méthode alternative de lutte biologique saine pour le consommateur et s'intègre dans une stratégie de lutte biologique pour une production saine et durable.

Biocarburant

L'huile de colza ou Huile végétale carburant utilisée directement comme carburant est plus écologique, ce qui évite la transformation en ester méthylique, et améliore l'écobilan,

mais nécessite des transformations plus ou moins importantes au niveau des moteurs. Transformée en ester méthylique, l'huile de colza donne le diester (qui est une marque commerciale), utilisé comme adjuvant du gazole pour limiter la pollution émise par ce dernier, mais le problème est que le diester est une marque déposée et donc plus cher, moins économique, moins écologique par sa transformation que l'huile végétale carburant.

Usages industriels

L'huile de colza est employée dans l'industrie comme agent antimoussant et comme adjuvant dans les herbicides.

Tableau 3 : Diversité des huiles de colza « taillées sur mesure » (AIGx- Association des Ingénieurs issus de la FuSAGx)

Acide gras dominant		APPLICATIONS
Acide laurique 40-50%	C12 :0	Détergents
Acide stéarique 40%	C18 :0	Margarine, beurre de cacao
Acide oléique 60-85%	C18 :1D9	Margarine, huile de friture, huile pour salade
Acide ricinoléique	C18 :1OH	Lubrifiants, cosmétiques, pharmacie
Acide vernolique	C18 :1	Résines, peintures
Acide pétrosélinique	C18 :1D6	Polymères, détergents
Acide linoléique	C18 :3D6, 9,12	Produits thérapeutiques
Jjoba – cire	C20, C22	Cosmétiques, lubrifiants
Acide érucique 50%	C22 :1	Polymères, produits cosmétiques et pharmaceutiques
Acide érucique 90%		Peintures

A. 3 ECOPHYSIOLOGIE

✓ FACTEURS ET CONDITIONS DE LA CROISSANCE

a) Température

C'est un facteur majeur de variation de la production en raison des risques de gelées hivernales et printanières, et de l'étalement de la floraison auquel les sommes de températures

correspondantes conduisent certaines années à augmenter la probabilité de risque d'égrenage des siliques les plus précoces.

Le zéro de croissance du colza est voisin de 0°C. Le colza de printemps occasionne des dégâts foliaires dès -8°C, à 2mm du sol, et sous abri. Il convient de retenir que la résistance maximale au froid est obtenue chez un colza d'hiver au stade « rosette », présentant environ 8 feuilles et un diamètre au collet de 8mm. A ce stade, le colza peut supporter des températures inférieures à -20°C. Ces informations sont cependant à nuancer selon la variété, la vigueur des plantes, la présence ou non de couverture neigeuse..Etc. La recherche de ce stade optimal à l'entrée de l'hiver renvoie donc au raisonnement de la date du semis et de la fertilisation azotée éventuelle à l'automne, en sachant que la perte de quelques pieds durant la phase hivernale peut être tolérée.

La seconde période où les températures basses peuvent affecter la culture se situe lors de la floraison. La température critique à ce stade ne doit en aucun cas atteindre les valeurs négatives. De plus, si les seuils de sensibilité identiques sont admis pour les boutons floraux, il est clairement établi que les jeunes siliques fraîchement nouées supportent des températures négatives de l'ordre de -5°C.

La somme des températures requise du début à la fin floraison est de 360 à 380 dj. Des températures trop élevées en fin de floraison peuvent conduire à la chute des boutons floraux.

(Miren A et Louis J. Corcuera. , 1999)

Les températures basses sont un facteur limitant pour le développement des plantes supérieures et leur distribution. Quelques unes sont capables de survivent sous de dures conditions, tandis que d'autres sont sensibles aux gelées et froid. Plusieurs espèces sont aptes à s'acclimater et montrent de manière saisonnière des différences de résistance au froid. Des changements biochimiques se produisent durant cette acclimatation. Parmi ces changements l'accumulation des carbohydrates, acides aminés, des solutions compatibles et bien d'autres molécules. De nouveaux polypeptides sont apparus à l'aide des propriétés de la cryoprotective, tandis que la concentration de d'autres molécules a diminué. Egalement des changements profonds dans la composition de la membrane sont connus. L'insaturation des acides gras généralement augmente lorsqu'il s'agit de basses températures, affectant ainsi la fluidité de la membrane et sa physiologie. Les mécanismes par lesquels les plantes apprécient les changements de températures sont encore inconnus.

Les changements profonds du métabolisme de la plante sous l'effet des basses températures peuvent être la conséquence du changement de l'expression génique. Donc, l'identification de

ces gènes et de leurs produits peut faciliter les expérimentations afin de comprendre la physiologie et la régulation de l'acclimatation des plantes au froid. L'étude des protéines cryoprotectives, qui sont *de novo* synthétisées durant ce stress. Le développement de nouvelles variétés contenant les gènes de résistance au froid et de la sorte étendre les limites de température de certaines espèces survivantes, et d'incorporer de nouveaux sols pour l'agriculture et les forêts.

b) Eau

L'alimentation en eau également limite fortement le rendement du colza d'hiver. En premier lieu, un manque d'eau peut affecter **la régularité de la levée**, surtout dans les régions méridionales, pouvant même nécessiter le retournement de la culture ; par ailleurs on observe souvent des périodes sèches en pré-floraison, qui conduisent à des échouages. La fin de la **floraison** et la période du **remplissage des siliques** se déroulent durant des périodes de déficit hydrique important, provoquant une chute du poids de 1000 graines. Des irrigations peuvent alors se justifier et conduire à des gains de rendement significatifs.

En revanche, une trop grande pluviosité au moment de la **fécondation et de la maturation** est défavorable : risques de ramification abondante (floraison trop prolongée), de non-visite des fleurs par les insectes.

Selon Denis J. MURPHY et al (1989), le stress hydrique occasionne un ratio croissant du poids sec des racines/ bourgeons (pousses). La quantité totale des acyl-lipides et phospholipides décroît radicalement. Cependant, la distribution relative des phospholipides individuels reste constante et indépendante du stress. Les stérols libres et estérifiés montrent une légère baisse suite au déficit hydrique. Par conséquent, le rapport stérols libres/ phospholipides augmente au niveau des cellules stressées.

c) Les éléments minéraux

Du semis au repos hivernal le besoin en **azote** représente 20% à 25% des besoins totaux. A partir de la reprise de la végétation, le colza est un grand consommateur d'azote : en un temps très court (montée), 50 à 70% des besoins doivent être satisfaits.

L'azote joue un rôle essentiel sur la croissance, l'indice foliaire, et le nombre de ramifications. Mais on note aussi une corrélation négative entre teneur en huile et en azote qui conduit à **une diminution de la production d'huile en cas de forte fertilisation azotée**.

En cas, de sécheresse ou d'apport excessif en matière d'éléments minéraux provoquant un taux de salinité élevé. Selon les travaux de A. Debez et al (2006) menés sur la physiologie et biochimie de la tolérance au sel chez une halophyte oléagineuse : *Cakile maritima*

(Brassicaceae) que le sel inhibe la germination sans altérer la viabilité des graines. Au stade autotrophe, les salinités modérées (50-100 mM NaCl) stimulent la croissance de la plante qui survit jusqu'à 500 mM NaCl. En effet le sel inhiberait la germination essentiellement par un effet osmotique, tandis que le comportement halophile de la plante s'acquiert lors du passage autotrophe : la croissance pondérale, stimulée aux salinités modérées (50-100 mM NaCl), est vraisemblablement soutenue par l'action simultanée d'une panoplie de mécanismes, dont : (i) l'aptitude de la plante à contrôler l'initiation des feuilles à maintenir l'hydratation des tissus, (ii) la force de sélectivité des systèmes d'absorption et de transport de K⁺, (iii) la stimulation de la photosynthèse, et (iv) l'aptitude de *C. maritima* à compartimenter le sel.

d) La culture du colza, place dans les systèmes de culture, choix variétal :

Le colza précède généralement une céréale dans les successions de culture. Un délai de retour du colza sur la même parcelle d'au minimum deux ans (mais souvent plus) est pratiqué par les agriculteurs.

Pendant longtemps seules des variétés classiques sous formes de lignées ont été commercialisées. En 1993, les premières associations variétales sous formes de composites hybrides (CHL) dont l'un des composants ne produit pas de pollen, apparaissent ; Ces CHL présentent des problèmes au moment de la nouaison par conséquent ils sont très peu utilisés dans le nord de la France (2-3% des assolements dans le Sud en 2000) à titre d'exemple. Puis des hybrides et des composites hybrides hybrides (CHH), à 50% fertiles et posant moins de difficultés, sont apparus. L'hybride mixte, lui est obtenu par croisement d'une lignée mâle stérile et d'un hybride restauré. Les hybrides restaurés ont l'avantage quant à eux d'être 100% fertiles. Par contre, ils sont souvent hauts et nécessitent l'utilisation de régulateurs de croissance.

Les critères de choix de la variété sont la productivité et le niveau de tolérance aux maladies, en particulier le Phoma.

e) Implantation :

A l'entrée de l'hiver, le colza doit avoir atteint le stade optimal de **résistance au froid** « 8 feuilles », « 88 mm au collet », « 15-20 cm de longueur du pivot » et « pas d'élongation de la tige ». Pour cela, il faut semer tôt.

On ne doit pas dépasser 4 kg de semence à l'hectare. La dose est à calculer en fonction de l'objectif de peuplement souhaité en sortie d'hiver (40 à 60 pieds/m²), des pertes estimées à la levée ou au cours de l'hiver, du poids de 1000 graines. Une densité trop élevée peut provoquer une élongation des plantes avant l'hiver et les rendre plus sensibles au gel. Le

développement des racines sera plus faible, d'où un mauvais ancrage. Les risques de verse seront alors accrus et l'alimentation minérale pénalisée. Les variétés hybrides étant plus rigoureuses que les variétés classiques, elles doivent être semées moins dense (20 à 30 pieds/m²).

Tableau 4: Exemple de calcul de la dose de semences.(Soltner. , 1998)

Objectif de peuplement sortie hiver	Pertes totales estimées	Nombre de graines à semer /m ²	Dose à semer (kg/ha)	
			Poids de 1000 Graines=4g	Poids de 1000 Graines =5g
40 pieds /m ²	20%	50	2	2.5
	40%	66	2.6	3.3
60 pieds/m ²	20%	75	3	3.8
	40%	100	4	5

Le semis doit être réalisé à 2 cm de profondeur. L'utilisation d'un semoir pneumatique monograine permet la réalisation d'un semis de meilleure qualité et la protection contre les altises et les mouches du chou grâce au traitement par microgranulés.

A la suite d'accidents météorologiques ou d'attaques de ravageurs, on peut être amené à **retourner** le colza avant la récolte. Cette décision peut être prise en automne en cas de mauvaise levée du colza, ou en sortie d'hiver (février-mars). La mise en place d'une culture de remplacement doit être raisonnée en fonction :

- De la période de retournement du colza,
- Des herbicides utilisés sur le colza qui, s'ils sont rémanents, peuvent être toxiques pour la culture de substitution,
- D'où l'intérêt économique du retournement.

f) Fertilisation

1) Fertilisation azotée

Un apport d'azote en **automne** peut être nécessaire pour permettre un développement suffisant à l'entrée de l'hiver, mais seulement si :

- Les fournitures du sol sont faibles,

-Le colza est en retard par rapport à la date optimale de levée.

Cet apport qui demeure exceptionnel (environ 30/40 unités/ha) doit être réalisé au plus tard trois à cinq semaines après la date de semis optimale conseillée afin que les conditions climatiques permettent l'utilisation par la plante de l'engrais épandu.

Tableau 5 : Bilan azoté du colza d'hiver(CETIOM. , 2002)

Besoins du colza = Rendement x 6.5	Dose d'engrais azoté apportée au printemps
	Minéralisation de printemps
	Azote absorbé à la reprise de végétation
Reliquats à la récolte	Reliquats à la reprise de végétation

Dès la **reprise de végétation au printemps**, les besoins en azote deviennent importants, la minéralisation n'étant pas suffisante pour satisfaire les besoins. Le CETIOM a réalisé récemment un gros travail sur la satisfaction des besoins en azote et le raisonnement de la fertilisation azotée du colza de manière à pouvoir conseiller les agriculteurs dans le sens d'une maîtrise de la production respectueuse de l'environnement. Afin de ne pas pénaliser la culture, le premier apport doit être effectué au plus tard à la reprise de végétation (« stade C1 »), quand les jeunes feuilles vert clair apparaissent dans le cœur de la plante. Pour favoriser l'absorption par le peuplement et éviter le lessivage, il est recommandé **defractionner les apports**. La dose totale d'azote apportée est ajustée en fonction du rendement objectif qui est déterminé par les besoins, et la taille du colza en sortie d'hiver, les « gros » colzas nécessitant des apports plus faibles au printemps. Il est nécessaire de fractionner l'apport d'azote au printemps, surtout si :

- Les risques de lessivage sont importants,
- Le colza est peu développé et l'enracinement est faible,
- On souhaite réaliser un apport de soufre,

- La dose totale est élevée ; quand elle dépasse 200 unités, il est prudent d'envisager trois apports.

Dans les sols lourds et ressuyant mal, peu propices au lessivage, où l'on risque de faire le second apport en retard, il faut augmenter la dose du premier apport et réduire celle du second.

Malgré les gros progrès réalisés, le raisonnement de la fertilisation azotée reste encore imprécis (variabilité des besoins nécessaires par quintal produit, interférences avec d'autres facteurs limitants tels que les maladies, absorption importante à l'automne, faible coefficient d'utilisation de l'azote engrais...).

Tableau 6 : Fertilisation phospho-potassique du colza d'hiver (CETIOM. , 2002)

Pour un rendement de 35q/ha, apportez :

Phosphore : dose de P₂O₅			
Teneur du sol	Si apport d'engrais au cours des 2 dernières années	Si apport d'engrais plus ancien	Observations
Riche	60 u	80 u	Sur les sols riches en calcaire (pH > 7.5), apporter le phosphore sous forme de superphosphate.
Peu pourvu	80 u	130 u	Apportez l'engrais phosphaté de préférence avant le semis
Potasse : dose de K₂O à apporter			
Riche	50 u	55 u	Si les pailles de la céréale sont enfouies prendre la dose la plus faible
Peu pourvu	65 u	80 u	
Phosphore et potasse : Les doses indiquées correspondent aux apports pour les colzas d'hiver. Cependant il est possible d'apporter des doses supérieures en incluant la fertilisation de la culture suivante, pour bloquer la fumure de fond sur la tête d'assolement.			

2) Fertilisation Soufrée

Le colza est exigeant en soufre. Il absorbe 220kg de SO_3^- par hectare pour un rendement de 35q/ha. Environ 70% de ce soufre est absorbé pendant la période « Reprise de végétation (C1) – Floraison (F1) », sous forme de sulfates. La minéralisation est souvent insuffisante début montaison pour couvrir les besoins du colza. Il faut donc compléter par une fertilisation appropriée. Une carence, même avec des symptômes fugaces, a un effet marqué sur le rendement.

L'apport de soufre doit être réalisé au printemps, au moment où les besoins sont les plus importants, c'est-à-dire entre C2 et D2. Il doit être systématiquement fait dans les régions où les carences sont fréquentes. En automne, les besoins sont faibles ; cependant, dans les sols pauvres en soufre (sables, sols acides asphyxiants, superficiels) on peut utiliser par sécurité un engrais phospho-potassique enrichi en sulfates. Si une carence en soufre limite le rendement, un excès augmente en revanche la teneur en glucosinolates. La réussite d'une culture de colza exige donc la maîtrise de la fertilisation soufrée. Cependant, une méthode de raisonnement reste encore à mettre au point car on connaît assez mal la dynamique du soufre dans le sol.

3) Régulateurs de croissance

-Application en Automne : L'objectif est de ralentir la croissance automnale et de prévenir ainsi une élongation trop importante du colza avant l'hiver, notamment dans les situations à risque telles que :

- Peuplement très fort,
- Reliquats d'azote excessifs,
- Semis précoces,
- Conditions climatiques favorables à une forte croissance des plantes.

-Application en printemps : Un régulateur de croissance permet de prévenir les risques de verse précoce. L'application du régulateur est à raisonner en fonction du risque de verse. Celui-ci dépend surtout de la variété et de la densité de peuplement.

B. PROTECTION PHYTOSANITAIRE

La culture du colza comme toute autre culture est sujette à différentes maladies fongiques ou résultantes de certaines déficiences en matières minérales, occasionnant ainsi de divers symptômes sur les feuilles, tiges, collets, racines...Etc. Parmi ces maladies on cite *phoma*, *sclérotinia*, *oïdium*, *cylindrosporiose*, *hernie des crucifères*, *pseudocercospora*, *alternaria*, *mildiou*, et *verticillium*. Autre que les maladies, la culture du colza peut être ravagée par la présence de certains insectes et limaces, les traitements sont certes disponibles et efficaces, mais la composition chimique de certains peut être source d'inquiétudes.

Les mauvaises herbes influencent à leur tour négativement la culture du colza surtout en matière de compétition pour les éléments du sol, parmi les herbicides commercialisés : Treflon, et les cyclohexanediones (CHDs) ces dernières en particulier la sethoxydime provoque une réduction importante des lipides des feuilles du colza où l'effet est progressif en fonction de la dose administrée (ce genre d'herbicides ont pour cible l'acétyl CoA carboxylase (ACCCase) chloroplastique ; enzyme qui catalyse la carboxylation de l'acétyl CoA en malonyl CoA précurseur de la synthèse des acides gras) (A. Belkebir et al., 2006).

C. LES PRINCIPAUX COMPOSÉS BIOCHIMIQUES DU COLZA (*Brassica napus* L.)

1. LES LIPIDES

La racine du colza contient les acides gras suivants: Acide érucique, eicosénoïque, arachidique, nonadécanoïque, béhénique, oléïque, et acide Palmitique.

(Albert L. Lehinger. , 1985)

Les acides gras sont les constituants du revêtement cireux des feuilles et des fruits et sont les précurseurs d'autres molécules spécialisées.

Les recherches réalisées ont permis de montrer l'importance des chloroplastes dans la synthèse des acyl lipides foliaires, et même de discuter la capacité des organites à synthétiser leur propre lipides membranaires par deux voies : La voie Procaryote, et la deuxième par interférence avec le milieu extraplastidial soit voie eucaryote (Johan W et al. , 1987). Voir les détails ci dessous en fig: 7 et 8.

a) La chaîne de synthèse des acides gras :

Les différents acides gras sont synthétisés tout d'abord à partir de l'acide stéarique qui se transforme en ac. Oléique et à partir de se dernier se réalise la synthèse de tout les acides gras essentiels. Le tableau suivant mentionne la majorité des acides gras du colza ainsi que le nombre d'atomes de carbone qui les composent.

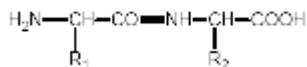
Tableau 7: Les différents acides gras saturés/insaturés synthétisés dans la plante du colza (AIGx : Association Royale des Ingénieurs issus de la FuSAGx)

Acides gras saturés	
Laurique	C12
Myristique	C14
Palmitique	C16
Stéarique	C18
Arachidique	C20
Béhénique	C22
Lignocérique	C24
Acides gras mono-insaturés	
Palmitoléique	C16 : 1,n-7 (D9)
Oléique	C18 : 1, n-9 (D9)
Gadoléique	C20 : 1, n-9 (D11)
Erucique	C22 : 1, n-9 (D13)
Acides gras poly-insaturés	
(Oméga 3 et 6)	C18 : 2, n-6 (D9, D12)
Linoléique	C18 3, n-3 (D9, D12, D15)
Linoléique (Oméga 3)	

2. LES PROTÉINES

1. Structure

Les protéines sont des polymères formés de l'union des acides aminés, reliés entre eux par une liaison peptidique (liaison entre COOH et NH₂).



La distance, après étude de réfraction au rayon X, entre le CO et le NH est de 1,32 Å.

(Jacques EVRARD. , 2003)

Les protéines de colza ont une composition en acides aminés bien équilibrée en regard des besoins. Elles ne présentent pas de déficiences en acides aminés indispensables, contrairement à la plupart des protéines végétales.

Tableau 8 : La teneur de certains acides aminés chez le Soja et le Colza.

Mg/ g protéine	Soja	Colza
Tryptophane	13	12
Thréonine	36	46
Leucine	77	75
Isoleucine	48	43
Lysine	60	57
Méthionine + Cystéine	25	50

(Douglas R. De Clerq et James K. Daun. , 1998)

La teneur en protéines est déterminée selon la méthode officielle n° Ba4e-93 de l'OACS à l'aide de l'appareil de dosage de l'azote de modèle LECO FP-428. Les résultats sont exprimés en pourcentage comme teneur en protéines, mesurée comme pourcentage de l'azote x 6.25 calculé selon le taux d'humidité de 8.5%.

(ABDERRAZAK M. , 2000)

L'accumulation de protéines la plus importante que l'on puisse observer chez les végétaux d'une manière générale se rencontre dans les tissus (albumen et cotylédons) de certaines graines. Une protéine présente dans une graine en quantité supérieure à 5% est considérée comme une protéine de réserve. Ces protéines de réserves qui sont d'une grande importance, tant pour la plante elle même au moment du développement de l'embryon lors de la germination que pour l'alimentation humaine ou animale, constituent dans la cellule de nombreux éléments figurés appelés corpuscules protéiques ou grains d'aleurone, dont la forme et la structure sont souvent caractéristiques d'une espèce donnée.

3. LES GLUCIDES

On les appelle aussi sucres ou hydrates de carbones.

Définition: Hydrate de carbone a saveur sucré et de formule brute $(CH_2O)_n$.

Mais certains sucres sont insipides (sans saveurs) comme l'amidon et certains produits ont une saveur sucrée mais ne sont pas des glucides: ce sont des édulcorants. Les glucides sont des polyalcools comportant soit une fonction aldéhydique soit une fonction cétone.

Les glucides se divisent en deux classes:

- Ø Les oses: monosaccharides ou sucres simples comportant qu'une unité de polyhydroxyaldéhyde ou polyhydroxycétone.
- Ø Les polysides: qui sont formés de plusieurs oses liés en chaîne très longue ramifiés ou linéaires: les polysaccharides. Exemple: amidon, glycogène.

- Selon James A. Duke. 1983 ; la graine de colza contient 6 glucosides ; *glucobrassicinapin*, *glucoberin*, *gluconapin*, *gluconasturtin*, *glucorapiferin* (*progoitrine*) et *sinalbine*.

Les glycérides du rendement des feuilles sont l'acide *hexadécatriénoïque*.

Ce chapitre nous renvoie à parler d'avantage du colza comme « plante mellifère » ainsi que les caractéristiques de son miel.

(Schweitzer P. – Laboratoire d'Analyse et d'Ecologie Apicole)

Si Le caractère mellifère du colza ne fait aucun doute, son miel ne fait pas l'unanimité. Tant chez les consommateurs que chez les apiculteurs, il a ses partisans et ses détracteurs. Le miel de colza est un des rares miels monofloraux à ne pas vouloir connu beaucoup plus sous l'appellation de « Miel de printemps », « Miel crème », et « Miel Toutes Fleurs ».

La physico-chimie d'un miel de colza est celle d'un miel de nectar. De coloration claire, généralement moins de 35 mm PFUND et devient presque blanc en cristallisant. Sa conductivité électrique est celle d'un miel peu minéralisé, en principe inférieure à 200 $\mu S/cm$ lorsqu'il est monoflaural et qu'il ne contienne pas de traces de miellat (d'érables par exemple). Elle ne devrait jamais dépasser 250 $\mu S/cm$.

C'est un miel assez acide puisque le pH d'une solution à 10% est en moyenne de 4. Son activité diastasique est en moyenne de 15. Sa teneur en eau dépend beaucoup des circonstances de sa production. Elle peut descendre à 16 – 16.5% mais se situe très souvent aux alentours de 18% voire plus, ce qui le rend sujet à la fermentation.

Contrairement à la majorité des miels, il contient plus de glucose que de fructose. Son spectre des sucres est des plus simples avec deux sucres majoritairement présents, le glucose et le fructose et quelques pour cent de maltose et de saccharose (moins de 1% pour ce dernier)...

Sa grande richesse en glucose avec un rapport Fructose/Glucose inférieur à 1 et un rapport Glucose/Eau supérieur à 2 sont à l'origine de sa cristallisation très rapide.

Le tableau ci-dessous montre la quantité (en gr) d'autres composants dans les différentes parties végétales de la plante de colza :

Tableau 9 : La teneur de différents composants chimiques chez la plante de colza.

	H2O	Carbohydate	Fibre	Frene	Ca (mg)	P (mg)
Inflorescence	87.4	6.4		1.5	117	97
Feuille	83.3	11.2	1.8	0.9	136	38
Racine	87.0	11	1.1	0.8	66	39

Fe (mg)	Equivalent B carotène (mico gr)	Thiamine (mg)	Riboflavine (mg)	Niacin (mg)	Acide ascorbique (mg)
3.4	3200	0.04	0.02	1.2	42
4.6	2680	0.08	0.15	0.5	120
0.4	348	0.07	0.07	1.1	43

II. Matériel et Méthodes :

1. Matériel :

1- 1 Matériel végétal :

L'étude a porté sur la variété « Fantasio » (*Brassica napus* L. var. fantasio), une lignée « 00 » de type printemps, inscrite en 2003 au catalogue Français, développée par Semences de France.

Les graines utilisées lors du semis sont prétraitées contre différentes maladies essentiellement : le Phoma et le Mildiou.



Figure 9 : Les graines du semis prétraitées.

1- 2 Le dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental repose sur un site dont les dimensions sont de 7m x 10m. L'interligne verticale est de 20cm, l'interligne horizontale est de 10cm (au sein de chaque parcelle), avec un mètre d'espacement entre chaque parcelle. Ci-dessous figure une photo du dispositif expérimental sur terrain :



Figure 10 : Dispositif expérimental du semis.

1- 3 Conditions de culture :

Le terrain choisi pour mener l'expérimentation est à sol lourd (argileux, humide) riche en éléments organiques, localisé à Sissaoui au niveau de la Station Régionale de la Protection des Végétaux de la wilaya de Constantine (S. R. P. V). Le semis fût manuel ayant pour objectif une densité de 50 pieds/m² respectant le poids de mille grains initial égale à 3.59gr. Chaque creux de dépôt contient de 1 à 3 graines (nombre de répétitions) à une profondeur de 2 à 3cm, toutes ces mesures ont été prises afin de faire face à la perte inévitable en grains lors du semis ou en plants lors du cycle de développement.

L'engrais appliqué est le N P K 15 15 15, un produit granulé contenant des quantités égales en azote, phosphate et potasse.

1- 4 Application d'un programme d'arrosage hebdomadaire:

Appliqué dès le stade F1 (60) soit le stade de floraison jusqu'à la maturation des graines G5 (81), où les parcelles sont irriguées régulièrement à raison de 72L/P (parcelle).

2. Méthodes :

2- 1 Paramètres physiologiques :

A- Mesure de la teneur en Chlorophylle :

Les mesures de chlorophylle ont été prises de façon hebdomadaire au niveau des mêmes pieds et feuilles F 3-4-5 (5 pieds choisis au hasard dans chaque parcelle) à l'aide d'un appareil de mesure de chlorophylle de model SPAD-502. Trois prises de mesures sont effectuées au niveau de la feuille sur trois points différents (sommet, milieu, et base) la moyenne des trois valeurs s'affiche sur l'écran à la fin (unité : SPAD). Les valeurs sont ensuite stockées sur un imprimé approprié (voir index).



Figure 11 : Appareil de mesure de chlorophylle de model : SPAD – 502.

B- Mesure du Contenu Relatif en Eau (RWC)

Un programme hebdomadaire a été effectué pour apprécier les valeurs de ce paramètre hydrique soit le contenu relatif en eau durant les deux stades finaux du cycle de développement du colza ; Floraison et maturation des graines. Le protocole suivi était de choisir en permanence la quatrième feuille des cinq pieds choisis au hasard de chaque parcelle, les feuilles conservées au froid dans un papier aluminium (obscurité) pour mesurer tout d'abord le poids frais (FW : Fresh Weight) après 24h de turgescence en eau distillée, le poids de turgescence (TW : Turgid Weight) et à la fin les feuilles passent 24h à l'étuve à 60°C pour apprécier la valeur du poids sec (DW : Dry Weight) afin de comptabiliser la valeur du RWC de la formule suivante :

$$\text{RWC} = (\text{FW} - \text{DW}) / (\text{TW} - \text{DW}) \text{ (Sharper et al., 1990).}$$

La valeur du RWC est stockée dans un imprimé à voir ultérieurement (voir index).

Remarque :

L'appareil des pesées est de Denver Instrument Company série AA – 250, l'étuve utilisée est de model « ELE International »



Fig 12

Figure 12 : Etuve de model « ELE International ».



Fig 13

Figure 13 : Balance de précision de série AA - 250.

2- 2 Paramètres morpho-agronomiques:

A- Précocité de floraison :

Par le dénombrement des jours séparant la date du semis de celle de floraison qu'on peut juger la précocité ou non de la culture en question.

B- Hauteur du plant :

La moyenne arithmétique de 5 mesures prises de chaque parcelle (au milieu) a servi à apprécier l'hauteur moyenne du plant de colza.

C- Le diamètre de la tige :

Par une coupe horizontale le diamètre de la tige fût mesuré.

D- Le diamètre de la silique :

Par la même manière mentionnée pour le diamètre de la tige on a mesuré également celui de la silique.

E- Nombre de ramifications : (nombre de branches/plant)

Le dénombrement des ramifications a été effectué aléatoirement à partir de cinq plants du milieu de chaque parcelle.

F- Nombre de siliques/branche :

Cinq pieds sont choisis au hasard de chaque parcelle, au niveau de chacun on comptabilise la moyenne arithmétique de cinq branches, la moyenne des cinq plants renseigne sur celle de la parcelle, à la fin, c'est à partir des trois valeurs des trois parcelles quand on peut apprécier la moyenne générale du nombre de siliques/branche pour l'ensemble du site.

G- Nombre de grains/silique :

Par la même manière, cinq siliques choisies de cinq pieds du milieu de chaque parcelle ont servi à l'appréciation de cette composante de rendement.

H- Le poids de la silique :

Exprimé en unité de gramme.

I- Rendement en grains/plant :

Cinq pieds choisis au hasard au milieu de chaque parcelle, les siliques de chaque pied décortiquées à part et les graines sont ensuite pesées, la moyenne de ces valeurs (pesées) est le rendement de grains/plant.

J- Nombre de plants/m² :

C'est au stade final G5 (récolte) que le paramètre nombre de plants/m² fût apprécié par un simple comptage du nombre de pieds au sein d'une parcelle élémentaire (1m x 1m) choisie au milieu de chaque grande parcelle (1m x 10m).

K- La biomasse totale/plant :

C'est la mesure du poids de la plante entière, siliques comprises. Mesuré à l'aide d'une balance de marque PHILIPS.



Figure 14 : Appareil de pesée de model PHILIPS.

L- La biomasse totale/parcelle :

Par la mesure du poids de l'ensemble des plants que comprennent deux parcelles élémentaires on a procédé à l'estimation de la biomasse totale/parcelle.

M- La biomasse totale du site :

C'est la somme des biomasses estimées pour chaque parcelle.

N- Rendement total/parcelle :

Par la pesée de la récolte en grains obtenue en deux parcelles élémentaires (20% de la parcelle entière) on estime le rendement/parcelle.

O- Rendement total/site :

La somme des récoltes estimées symbolise le rendement total du site.

P- Poids de Mille Grains :

A l'aide d'une balance à précision (voir mesures d'RWC) le poids de mille grains a été apprécié.

Q- Indice de récolte :

Comptabilisé de la sorte : Rendement en grains (gr) de la plante/masse totale de ses parties aériennes (gr).

2- 3 Paramètres biochimiques :

2- 3. 1 Préparations des extraits lipidiques végétaux :

A- Feuille :

Le protocole d'extraction des lipides foliaires est celui de BLIGH et DYER. , 1959 : 1gr de matière fraîche bouillie dans 10ml d'eau distillée pendant 3min, récupérée et broyée dans 10ml méthanol, chloroforme et le reste du bouillant. Une centrifugation de 2000 tr/min pendant 10min suivie d'un séchage du chloroforme à l'azote gazeux. Le culot lipidique sédimente et prêt à l'emploi.

B- Graines :

Le même protocole a été suivi.

2- 3. 2 Chromatographie sur couche mince :

La chromatographie sur couche mince est une technique analytique, rapide et simple, utilisée pour la séparation et l'identification des métabolites. Elle repose principalement sur le phénomène d'adsorption, elle permet d'avoir une idée globale des métabolites présents dans un extrait tel est le cas de notre étude, des extraits foliaires et d'autres de la graine ont été utilisés pour mettre en évidence les différentes catégories lipidiques foliaires et de la graines.

Elle nous a permis également de suivre la progression de ces molécules biologiques au cours du développement de la culture du colza du stade de floraison jusqu'au stade des graines mûres.

Le choix de la phase stationnaire a porté sur le gel de silice (Merk) qui permet la séparation des substances lipophiles et hydrophiles.

Les phases mobiles ; deux systèmes solvants ont été utilisés tous deux ayant pour composé volatil le chloroforme.

La durée de la migration pour les deux catégories lipidiques (polaire et neutre) variait d'une heure à une heure et demi de temps.

A- Préparations des couches minces :

Les couches minces de gel de silice sont préparées par dissolution de 20gr de gel de silice (Kieselgel 60H, Merk) dans 40ml d'eau distillée. Le gel ainsi préparé est versé dans l'étaleur (DESAGA HEIDELBERG, West Germany) pour effectuer un étalage uniforme des plaques en verre (20cm x 20cm) d'une épaisseur de 0.25mm, séchées à l'air libre pendant 10min et à l'étuve à 105 °C pendant 30min (Bensari et Bouhouhou. , 2002)



Fig 15



Fig 16



Fig 17

Figure 15 : Etaleur DEISAGA HEIDELBERG.

Figure 16 : Balance de précision model SARTORIUS.

Figure 17 : Plaque en verre étalée avec du gel de silice.

B- Préparation des phases mobiles :

1- Lipides polaires :

Le solvant approprié est LEPAGE composés de 50 ml de chloroforme, 15 ml méthanol, 4 ml acide acétique et de 2 ml d'eau distillée.

2- Lipides neutres :

La phase mobile adéquate est le Mangold peu polaire composé de 25 ml chloroforme, 15 ml méthanol, 4 ml ac acétique et 2 ml d'eau distillée.

NB :

La migration est lancée une fois que la vapeur du solvant a saturé le chromatank ou cuve de migration (SHANDON – S/P CHROMATANK ENGLAND) au minimum pendant 30min. Les plaques sont ensuite déposées et la cuve fermée.



Figure 18 : Chromatank.

C- Révélation :

- L'iode bissublimé est le révélateur universel utilisé pour la révélation des deux catégories lipidiques. Les plaques séchées à la fin de la migration sont introduites dans une cuve saturée en I_2 .
- L'acide sulfurique à pulvériser pour la révélation des spots de migration des lipides neutres donnant une coloration jaune brun similaire à celle de l' I_2 .



Fig 19



Fig 20

Figure 19 : Chromatank saturé en I_2 .

Figure 20 : Plaque révélée à l'acide sulfurique.

III. Résultats et discussion :

1. Les stades repères du développement de Brassica napus L. var. fantasio :

Ci-dessous figure un tableau récapitulatif des dates importantes lors du développement ainsi que l'ensemble des observations et interventions faites :

Tableau 10 : Stades repères du développement de la culture de B napus L. var. fantasio.

Stade	Date	Observations et interventions	Photos
*Semis	24 Déc 2007	*Présence importante d'altises et d'insectes à couleur rouge vif ressemblants aux pucerons verts d'automne.	
*S. Cotylédonaire A (10)	12 Jan 2008	*Présence abondante d'altises et de mauvaises herbes (essentiellement des graminés). *Désherbage manuel suivi par l'application d'un herbicide ; Treflon EC (substance chimique active ; Trifluraline).	
*S. Formation des rosettes B2 (12) B3 (13)	23.01.08 5.02.08	*Présence de limaces et d'escargots. *Surfaces foliaires dévorées par les altises nocturnes plus de trois pieds/10 sont touchés. *Désherbage manuel. *Apport d'eau (1 mois de sécheresse, 250L/site) *Désherbage manuel. *Plantules déracinées, attaquées par les limaces et les altises. *Présence de criquets, fourmis, et	

B4 (14)	25.02.08	<p>graines de mauvaises herbes.</p> <p>*Application d'anti-limaces et d'insecticide (D6).</p> <p>*Poussée de centouris.</p> <p>*Désherbage.</p> <p>*Application d'un anti-ver-blanc.</p> <p>*Présence de coccinelles (insecticide naturel).</p> <p>*Feuilles cotylédonaires jaunes et fanées.</p>	
*S. Montaison C2 (32)	15.03.08		
*S Boutons séparés E (59)	25.03.08	*Mauvaises herbes abondantes.	
*S. Floraison F1 (60)	07.04.08	<p>*Application du programme hebdomadaire de mesure d'RWC, chlorophylle, d'extraction des lipides foliaires, et d'arrosage.</p> <p>*Désherbage manuel.</p> <p>*Présence de méligèthes au niveau des grappes florales.</p> <p>*1^{ier} apport d'azote.</p>	
*S. Début de formation des	20.04.08	<p>*Pas de deuxième apport d'azote.</p> <p>*Pas de fumure (soufre)</p>	

<p>siliques. G1 (70)</p>			
<p>*S. G4 (73)</p>	<p>27.04.08</p>	<p>*Graines colorées. *Une vague importante de charançons des siliques.</p>	
<p>*S. Maturation des siliques</p>	<p>03.05.08</p>	<p>*Une cinquantaine de siliques sèches, ouvertes suite à l'attaque des charançons provoquant une perte tolérable en rendement.</p>	 
<p>*S. G5 (81)</p>	<p>07.06.08</p>	<p>*Grains colorés en brun foncé. *Tiges jaunes et sèches. *De multiple pieds atteints par l'oïdium (feutrage blanc sur tiges et feuilles), pseudocercospora (taches allongées de couleur noir au niveau des tiges) et l'hernie des crucifères (en réalisant une coupe au niveau de la tige on trouve un intérieur plein, blanchâtre avec des marbres brun-noir)</p>	

			
--	--	--	--

NB :

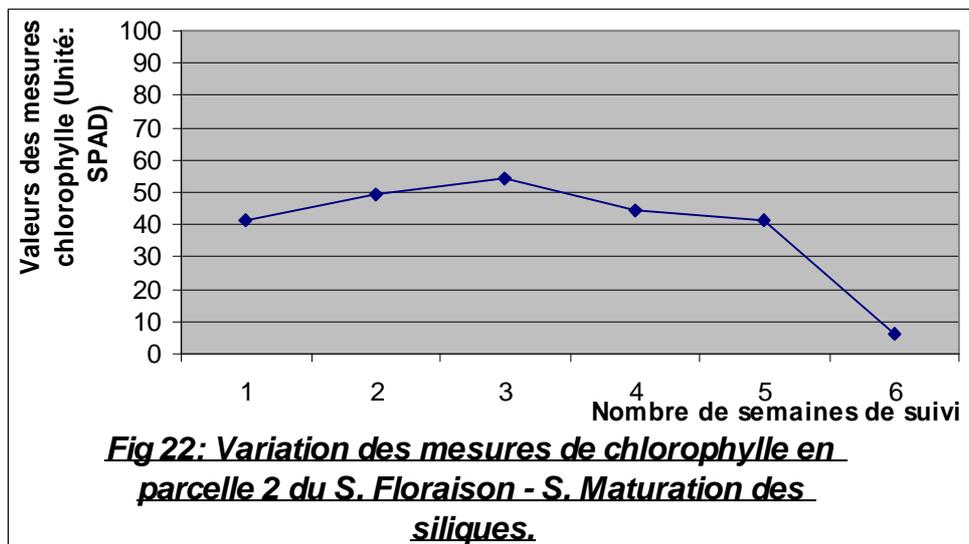
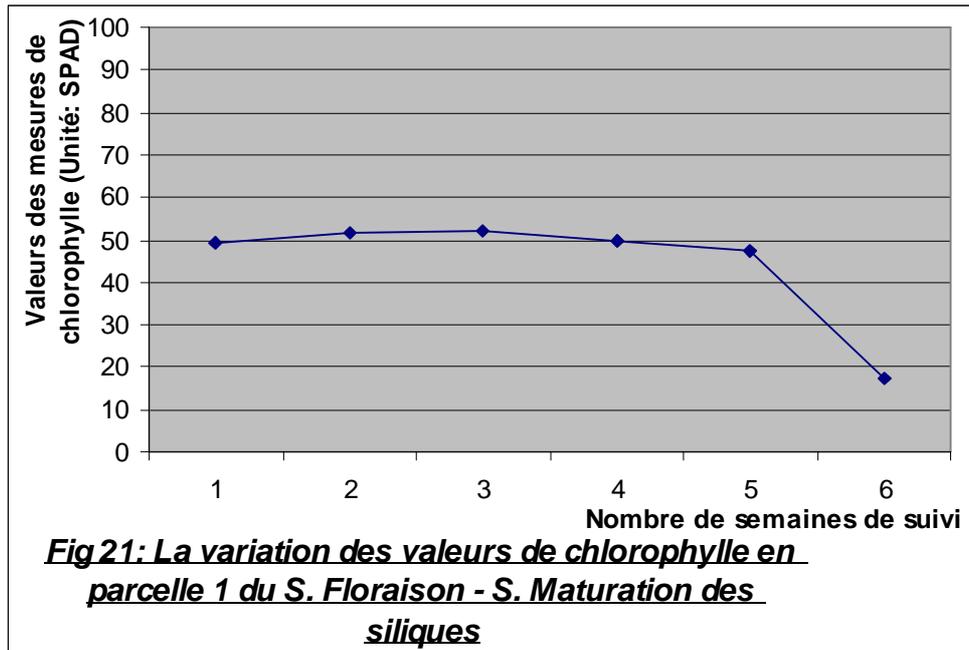
Les lettres en majuscule et les chiffres entre parenthèses qui succèdent les stades de développement de la culture du colza (dans le tableau) représentent la nomenclature « échelle BBCH ».

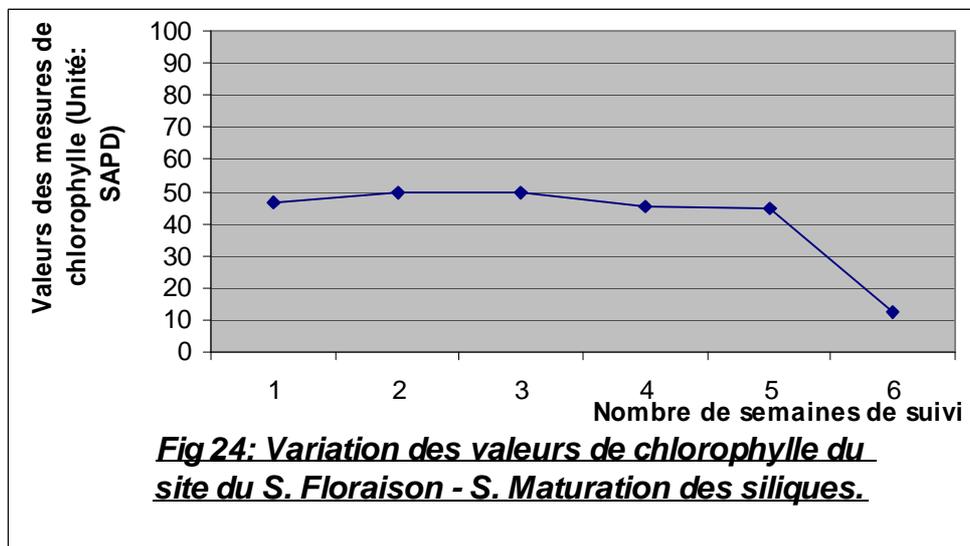
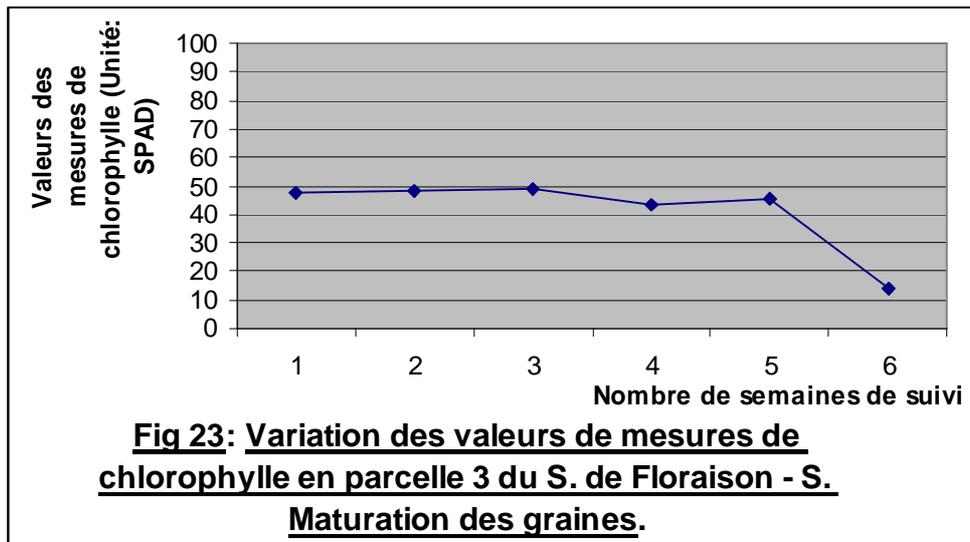
2. Les paramètres physiologiques :

Notre plante d'étude *B. napus* L. var. *fantasio* a été développée dans des conditions idéales (état de référence) où la plante est à son état thermodynamique optimal (Oukarroum. , 2007).

Ø Mesure de chlorophylle :

Les courbes de chlorophylle obtenues au niveau de chaque parcelle figurent ci dessous:





Analyse des courbes :

La courbe 1 propre aux valeurs de chlorophylle enregistrées en P1 (parcelle 1) est parfaitement croissante lors des trois premières semaines.

C'est à partir de la 4^{ème} semaine quand remarque une déclinaison des valeurs de chlorophylle qui continuent à baisser jusqu'à la sixième et dernière semaine de suivi.

Les mêmes remarques sont faites pour les courbes de la parcelle 2, 3, et celle du site ; les trois premières semaines marquées par des valeurs croissantes suivies par des valeurs en baisse continue jusqu'à la fin de la période de suivi.

Interprétation des résultats :

1- Les trois premières semaines caractérisées par des valeurs de chlorophylle croissantes correspondent au stade de Floraison lors duquel on parle d'épanouissement foliaire ; feuilles jeunes et adultes, ce qui justifie cette partie croissante de la courbe.

La décroissance est justifiée à son tour par le passage à la formation de siliques et maturation des graines tous deux caractérisés par le jaunissement des feuilles qui commencent tout d'abord par rétrécir en taille, jaunir, fâner et tomber ; on parle de feuilles âgées et sénescentes. Ces résultats concordent parfaitement avec ceux de Chartier et al. , 1970 où ils démontrent que la photosynthèse nette évolue avec l'âge de la feuille, elle présente un optimum lorsque le limbe a atteint sa surface définitive et décroît au cours du vieillissement car les feuilles jeunes et adultes assimilent d'avantage le CO₂ que les feuilles âgées.

2- La floraison a eu lieu en mois d'Avril où il y a eu très peu de précipitations enregistrées 29.6mm également des températures élevées ont marqué ce mois ces dernières favorisent l'assimilation du CO₂ (Bensari. , 1989) ce qui valide et justifie encore une fois les résultats obtenus en stade F1 (60).

3- La moyenne de chlorophylle en floraison est de 48.52 SPAD tandis que celle évaluée en stade final est de 34.37 SPAD. Travailler dans des conditions optimales plus d'un apport hydrique lors des deux stades critiques de développement de la culture de colza laisse penser que les résultats du paramètre physiologique qu'est la mesure de chlorophylle sont par évidence élevés par rapport à ceux enregistrés en cas d'un apport hydrique déficitaire, les résultats obtenus prouvent le contraire, dans notre étude la même culture a été développée dans un deuxième site parallèle au premier mais sous conditions de déficit hydrique hautement sévère (le premier niveau de stress hydrique a été obtenu pendant une semaine et désigné comme un déficit hydrique modéré (DM), le 2^{ème} niveau a été atteint après deux semaines et désigné comme un déficit hydrique sévère (DS) selon LAARABI A. et al . , 1997) appliqué dès la floraison jusqu'à la maturation des graines, la moyenne de chlorophylle enregistrée en stade F1 est de 50.29 SPAD après avoir appliqué l'étude statistique d'égalité des moyennes (test T de Student) l'hypothèse d'égalité des moyennes (m1=48.52, m2=50.29) est acceptée pour $\alpha=0.05$, 4ddl.

Tab 11 : Etude statistique relative aux moyennes appréciées en stade F1 (60) pour la variable « mesure de la chlorophylle »

	ddl	SCE	Tobs	T1- α /2
Site irrigué	4	8.38	0.544	2.776
Site non irrigué	4	55.03		

Comme mentionné précédemment la moyenne de chlorophylle appréciée lors du dernier stade de développement de B. napus L. var. fantasio (début de formation et maturation des graines) en conditions optimales est de 34.37 SPAD tandis que celle évaluée en alimentation

déficitaire en eau est de 33.88 SPAD. Encore une fois l'étude statistique d'égalité des moyennes a permis d'accepter l'hypothèse d'égalité des deux moyennes des deux traitements hydriques $m_1=34.37$, $m_2=33.88$ pour $\alpha=0.05$ et 4ddl.

Tab 12 : Etude statistique relative aux moyennes appréciées en stade final pour la variable « mesure de la chlorophylle »

	ddl	SCE	Tobs	T 1- α /2
S. I	4	717.43	0.0327	2.776
S non I	4	624.32		

Nos résultats sont confirmés et validés par les travaux de Tardieu et Dreyer. , 1997 où ils démontrent qu'en déficit hydrique, les stomates se ferment pour réduire les pertes d'eau, cette fermeture a pour conséquence l'augmentation de la température foliaire (voir interprétation 2), et c'est l'efficacité du système photochimique de la feuille qui est mise en jeu (Havaux. , 1993).

Selon Lu et Zhang. , 1998 plusieurs paramètres qu'ils soient biophysiques ou physiologiques (photosynthèse, conductance stomatique, teneur en chlorophylle, potentiel hydrique...Etc.) sont utilisés comme des indicateurs pour élucider l'effet d'un stress hydrique et l'état physiologique de la plante. Les investigations basées sur des évaluations de la fluorescence chlorophyllienne ont prouvé que PSII est tout a fait résistant aux déficits hydriques.

Cornic et al. , 1989 ; la tolérance remarquable de l'appareil photosynthétique à la déshydratation suggère que cette survie des plantes au manque d'eau est en partie dû à l'entretien de la capacité photosynthétique des feuilles, permettant le rétablissement rapide des plantes suite à une période de déficit hydrique ; on parle de deux mécanismes d'adaptation : M. d'évitement et M. d'entretien.

Ø Contenu relatif en eau (RWC)

Le RWC représente un indicateur très utilisé pour mettre en évidence l'état de la balance hydrique d'une plante. Il exprime la quantité d'eau absolue que la plante requière pour atteindre une saturation artificielle complète (Gonzalez et Gonzalez-vilar. , 2001).

Le suivi du RWC était hebdomadaire lors des deux derniers stades de développement de la culture de colza : Floraison et maturation des graines.

Les courbes obtenues figurent ci-dessous :

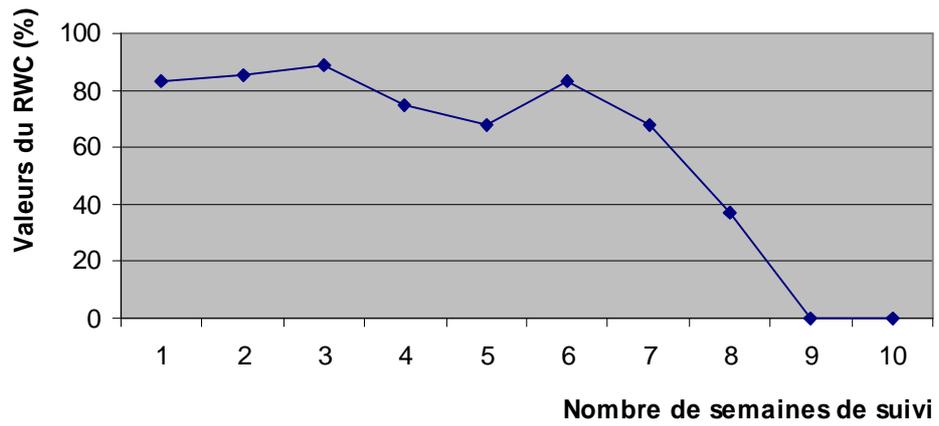


Fig 25: Variation des valeurs du RWC en parcelle 1 du S. Floraison - S. Maturation des graines.

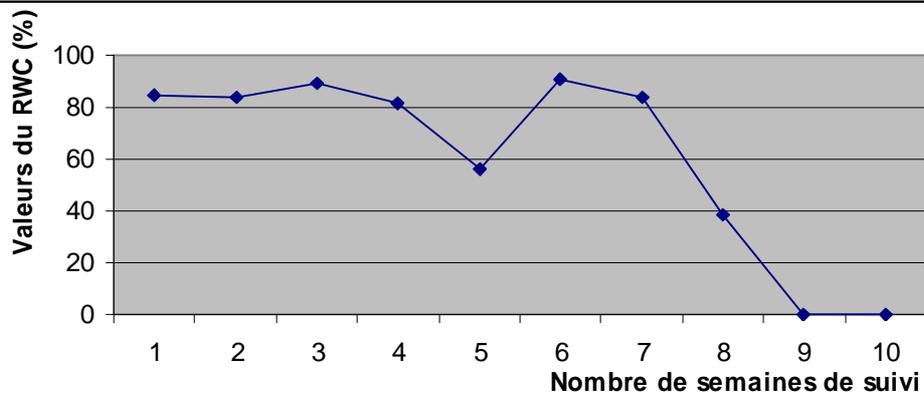


Fig 26: Variation des valeurs du RWC en parcelle 2 du S. de Floraison - S. de Maturation des graines.

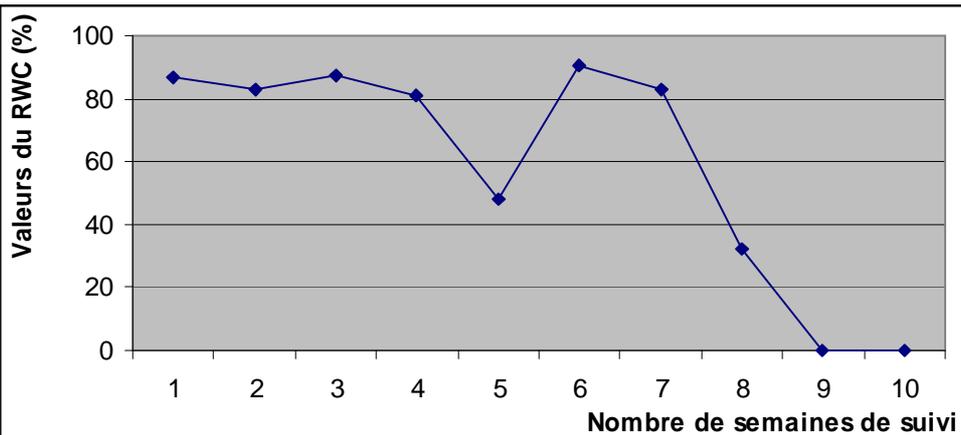
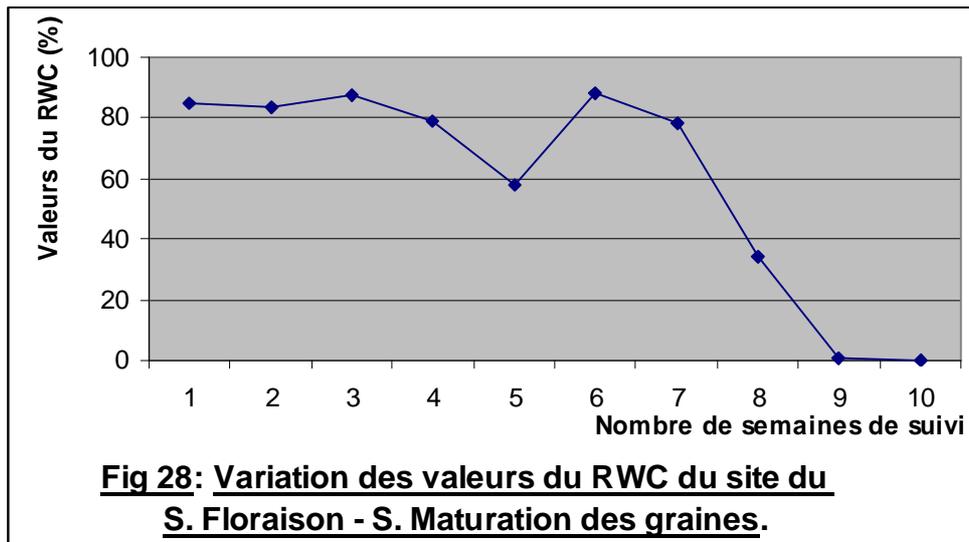


Fig 27: Variation des valeurs du RWC en parcelle 3 du S. Floraison - S. Maturation des graines.



Analyse des courbes :

Toutes les courbes suivent approximativement la même trajectoire, des valeurs élevées du RWC sont enregistrées lors des trois premières semaines suivies par des valeurs inférieures qui ont marqué la 4^{ème} et 5^{ème} semaine, pour grimper encore une fois et atteindre 88.15% en 7^{ème} semaine, puis une forte déclinaison a caractérisée les dernières semaines du suivi.

Interprétation des résultats :

Le stade de floraison où le passage des jeunes feuilles en feuilles adultes exige un apport d'eau important, les fortes précipitations du mois de Mars ; 114.3mm et le type de sol (argileux, à grande rétention d'eau) ont été à l'origine des valeurs élevées enregistrées en 1^{ère} et 2^{ème} semaine la légère baisse en deuxième semaine a été provoquée par les hautes températures du mois d'Avril. Le premier apport d'eau (programme hebdomadaire d'arrosage) a précédé la 3^{ème} semaine du suivi et a favorisé la hausse de la valeur du RWC pour atteindre 87.24%.

Le début de la formation des siliques ainsi que la maturation des graines sont une étape cruciale du développement de la culture de colza où la voie de l'alimentation minérale dévie vers la formation et le remplissage des grains (feuilles basales sénescents et feuilles apicales âgées) ce qui explique les valeurs décroissantes enregistrées en 4^{ème} et 5^{ème} semaine.

Les fluctuations pluviométriques influencent considérablement les courbes de développement des paramètres hydriques y compris le contenu relatif en eau (RWC) se traduisant tel est le cas par une flambée de la mesure du RWC suite à deux jours très pluvieux. A la fin, la courbe suit une trajectoire logique de valeurs en baisse continue justifiée par la chute des feuilles sénescents.

- 1- Il est à noter que la moyenne du RWC en stade de floraison est de 84.33% tandis que celle évaluée en stade finale est de 77.2% par conséquent la moyenne du RWC lors de la période de suivi (2 mois) en conditions optimales est de 78.98% une valeur élevée, attendue (programme hebdomadaire d'arrosage) et validée par les travaux de A. Zebouchi., 2003 où il explique que le RWC chez les plantes témoins ne varient pas de manière significative et avoisine en moyenne les 90%.
- 2- Nos résultats sont encore validés par comparaison avec ceux obtenus en alimentation hydrique déficitaire où la moyenne en stade floraison est seulement de 70.39% (soit 13.94% de réduction) et celle évaluée en période de suivi égale à 76.46% soit 2.52% en moins.

Selon A. Zebouchi., 2003 ; la variation au cours du temps du contenu relatif en eau (RWC) montre une décroissance continue d'importance variable selon l'intensité et la durée du stress hydrique appliqué. Dans les traitements modérés et sévères, RWC a diminué de manière significative en 4 mois de traitement.

Ces résultats nous orientent à juger que cette alimentation hydrique déficitaire est de type modérée vu la compensation du manque d'irrigation par l'espacement peu considérable entre champ irrigué et non irrigué et le type de sol argileux humide (à grande rétention des précipitations), ainsi que la longueur des racines de colza (2m) qui ont atténué sa sévérité et par conséquent les différences entre moyennes du RWC sont peu significatives.

NB :

Le degré de platitude du terrain qui diffère d'un point à un autre favorise certaines zones par rapport à d'autres en eau et/ou en exposition solaire.

3. Paramètres morpho-agronomiques :

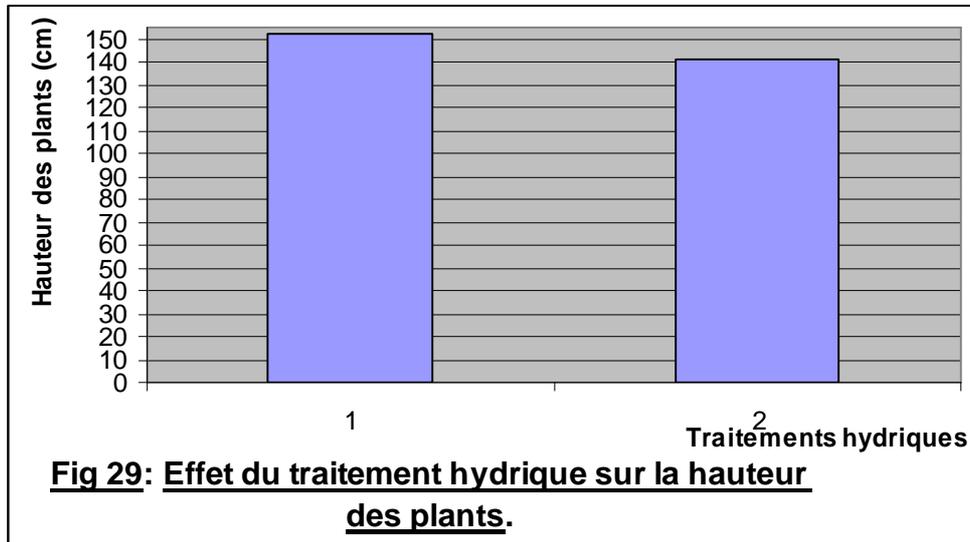
Dans tous les cas, les mesures d'architecture, physiologiques, et des relations hydriques ont été réalisées sur la feuille la plus jeune, et complètement développée au stade de floraison puis au niveau des feuilles sénescentes jusqu'à la récolte. Ces mesures ont été effectuées sur des plantes bien alimentées en eau, comparées à celles des plantes soumises à un déficit hydrique.

Ø Précocité de floraison :

Comme définie précédemment la précocité de la floraison est appréciée en fonction du nombre de jours séparant la date de semis de celle de floraison (50% des plants sont en

floraison). On a dénombré l'équivalent de 105 jours entre ces deux dates. Selon la théorie ; les variétés de Brassica napus exigent en moyenne 105 jours de culture du demi à la récolte (A. C. I A, BIO 94-09) ceci nous mène à juger qu'il s'agit d'une floraison tardive au même titre que la maturation tardive connue caractéristique de la variété Fantasio.

Ø Hauteur des plants :



1 : Traitement hydrique 1 ; site irrigué régulièrement.

2 : Traitement hydrique 2 ; site sous alimentation hydrique déficitaire.

L'étude statistique relative aux moyennes a permis de rejeter l'hypothèse d'égalité des moyennes des deux traitements pour $\alpha=0.05$ et 4ddl, l'intervalle de confiance calculée se situe entre ces deux valeurs [1.73 – 34.26].

Tab 13 : Paramètres statistiques relatifs aux moyennes de la hauteur des plants appréciés lors des 2 traitements hydriques

	SCE	DDL	Tobs	T1- $\alpha/2$
T1	117	4	3.072	2.776
T2	89			

Seulement à titre informatif, une étude statistique relative aux variances a été effectuée, les résultats obtenus nous ont permis de mettre en évidence l'absence de différences significatives par l'égalité des deux variances estimées lors des deux traitements pour $\alpha=0.05$ $K1=K2=2$.

Tab 14 : Paramètres statistiques relatifs à l'étude des variances des 2 traitements

	T1	T2
SCE	117	89
K	2	2
σ^2 (estimée)	58.5	44.5
Fobs	1.314	
F1- $\alpha/2$	39.0	

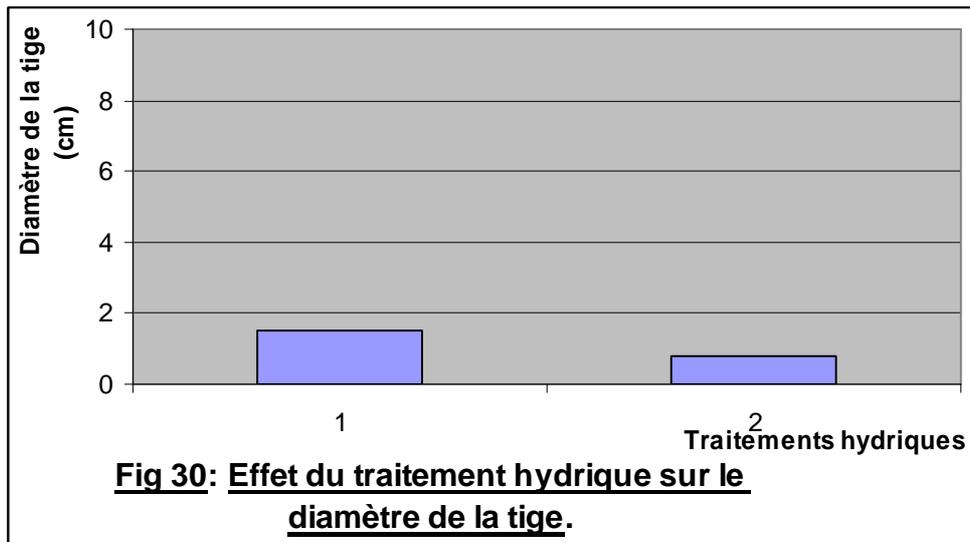
La différence entre les moyennes des deux hauteurs enregistrées lors des 2 traitements est de l'ordre 10.27cm est spécifique à l'espèce colza variété Fantasio, car il est indispensable de savoir que les réponses morphologiques et physiologiques corrélées à une certaine adaptation à l'égard de la rareté d'eau peut changer considérablement parmi les espèces. Il existe des niveaux de tolérance dépendant de la période où interviennent les déficits hydriques (arrêt de l'irrigation au stade début montaison, et/ou stade début épiaison, et/ou stade début grossissement du grain), les déficits hydriques induisent des changements irréversibles notamment de morphologie (LEPSE – INRA. , fév-mars 2000).

Selon la même source les déficits hydriques longs se traduisent par des changements progressifs dans la structure de la plante qui visent à réduire sa surface transpirante, mais qui induisent également une baisse de sa production. Au début du cycle végétatif la plante ajuste sa taille à l'eau disponible dans le milieu en réduisant la surface. Ainsi ses besoins en eau sont plus faibles et sa biomasse réduite

D'après les travaux du LEPSE la survie aux sécheresses sévères est assurée par une combinaison de mécanismes où l'aptitude à la survie est corrélée avec une précocité de l'épiaison et un ralentissement de la croissance des parties aériennes.

Deblonde et Ledent (2001), Monneveux et Nemmar (1986), Bezzala (2005), Hannel et Barralis (1982) et Tambussi et al (2005) ont tous démontré que les plantes manifestent une réduction des dimensions des parties aériennes (hauteur du plant comprise) en cas de sécheresse ce qui valide de plus nos résultats pour la variable hauteur du plant.

Ø Diamètre de la tige :

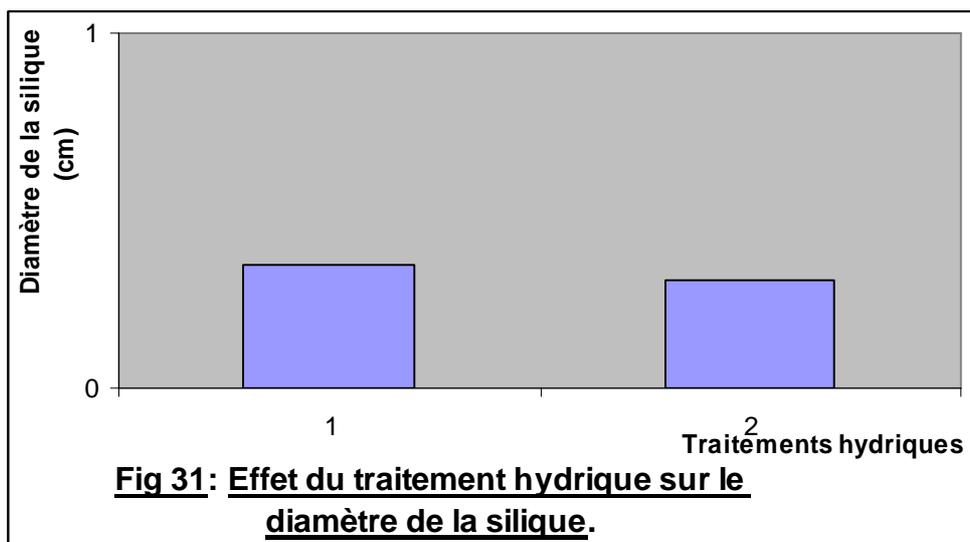


La grosseur de la tige décroît de moitié lors d'une alimentation déficitaire en eau qui s'est étalée du stade de floraison jusqu'à la maturation des graines.

Nos résultats coïncident avec ceux du laboratoire EPSE – INRA. , 2000 ; où il démontre que les déficits hydriques très longs induisent des changements progressifs dans la structure de la plante qui vise à réduire sa surface transpirante (surface foliaire), mais qui induisent également une baisse de sa production. Au début du cycle végétatif la plante ajuste sa taille à l'eau disponible dans le milieu en réduisant sa surface.

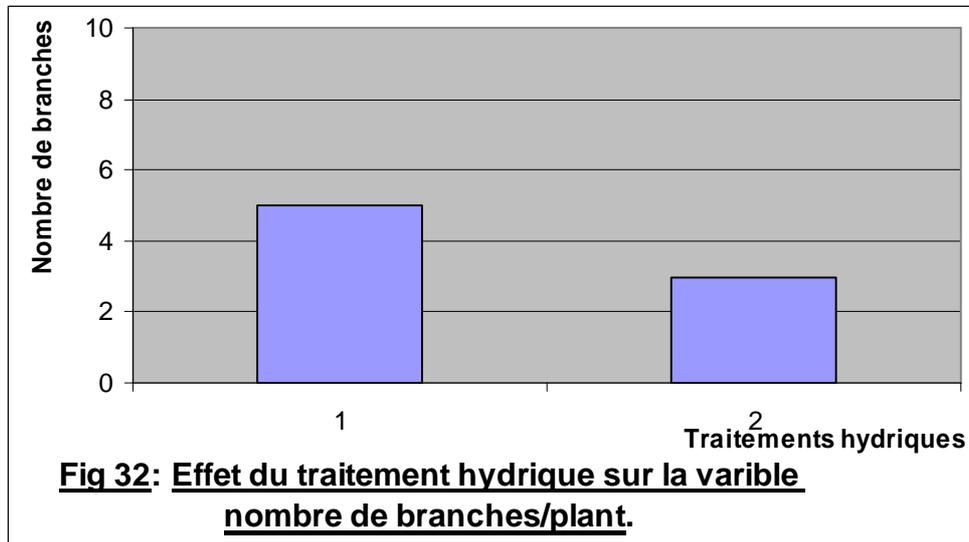
Ø Diamètre de la silique :

Il s'agit d'un paramètre significatif de l'état hydrique de la plante



La figure montre clairement une réduction du diamètre en cas de déficit hydrique comme mentionné précédemment, les plantes en sécheresse ont tendance à réduire leur surface (LEPSE – INRA. , 2000).

Ø Nombre de branches/plant:



Le nombre de ramifications/plant est clairement affecté par le déficit en eau. Ce même résultat a été obtenu par une multitude d’auteurs :

Lawlor et al. , 1995 estiment que la diminution de la taille des tiges secondaires résulte principalement de la compétition entre différentes zones d’allongement de la plante pour les principaux facteurs trophiques : eau, carbone et azote. En cas d’une alimentation déficitaire en eau, il y a une mauvaise circulation de la sève, ce qui produit une mauvaise répartition des facteurs trophiques et par conséquent une diminution des ramifications ou du tallage des céréales. Ainsi, si le déficit hydrique est interrompu par une période de récupération, la plante peut pallier la réduction des tiges secondaires par la formation de nouvelles tiges.

L’étude statistique relative à la corrélation pour la variable nombre de ramifications/plant et la variable rendement en grains/plant a pour coefficient de corrélation $r= 0.308$, le test de conformité ($H^0 : r= 0$) a montré que $T1-\alpha/2 > T_{obs}$ et donc l’hypothèse est acceptée pour $\alpha= 0.05$, 1ddl et donc pas de corrélation entre ces deux variables.

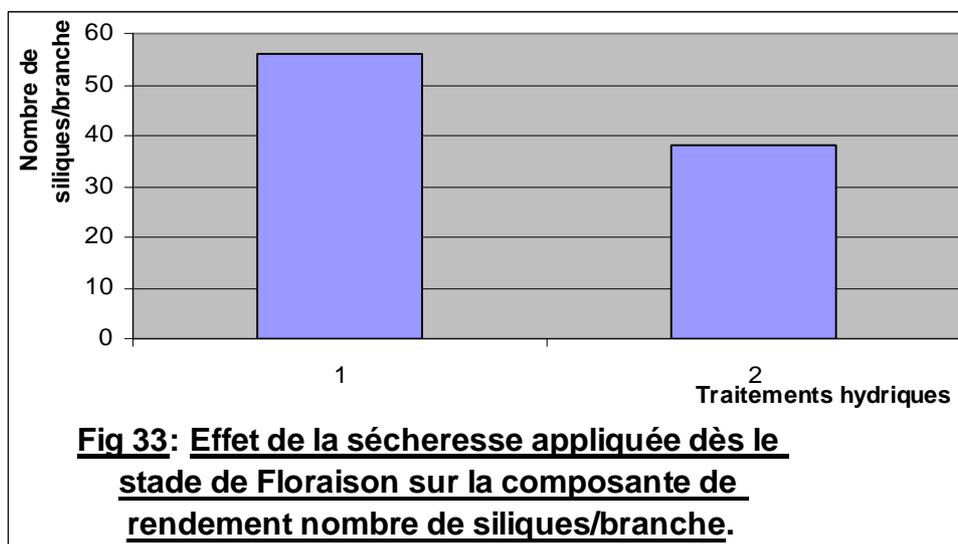
Etude de la possibilité d’une corrélation entre la variable nombre de siliques/branche et le nombre de ramifications/plant a permis de comptabiliser un coefficient de corrélation négatif égal à $-0,501$, le test de conformité a prouvé son égalité à zéro et qu’il n’est pas significatif pour $n1= n2= 3$, 1ddl, $\alpha= 0.05$.

Tab 15 : Paramètres statistiques relatifs à la corrélation pour les deux variables nombre de siliques/branche – nombre de ramifications/plant

R	Tobs	T1- $\alpha/2$	Test de conformité
-0.501	0.579	12.71	Accepter l'hypothèse $r=0$

Etude de corrélation entre nombre de grains/silique et rendement en grains/plant. Le coefficient de corrélation obtenu $r=0.009$ est relativement petit, le test de conformité (test T de Student) a prouvé son égalité à la valeur nulle « 0 » vu que la valeur $T_{1-\alpha/2}$ est strictement supérieur au $T_{obs}=0.007$ pour $1ddl$ et $\alpha=0.05$. On déduit qu'il n'y a pas de corrélation entre ces deux variables.

Ø Nombre de siliques/branche :



L'alimentation hydrique déficitaire a provoqué une chute de l'ordre de 67.86% du nombre de siliques/branche.

L'étude statistique relative aux moyennes évaluées lors des deux traitements hydriques nous mène à rejeter l'hypothèse d'égalité des deux moyennes pour $\alpha=0.05$, $4ddl$

Tab 16: Paramètres statistiques relatifs aux moyennes du nombre de siliques/branche évaluées lors des deux traitements

	SCE	n 1=n 2	α	ddl	Tobs	T1- $\alpha/2$	Intervalle de confiance
T1	117	3	0.05	4	3.076	2.776	[1.76 – 34.23]
T2	89						

L'étude statistique relative aux variances a permis d'accepter l'égalité des deux variances (pour $\alpha=0.05$, $K_1=K_2=2ddl$, $n=3$, $F_{obs}=1.303$, $F_{1-\alpha/2}=39$) c'est-à-dire que les écarts

existants entre les valeurs du même traitement sont les mêmes écarts trouvés entre les valeurs du second traitement, ceci ne renseigne guère que les valeurs des deux traitements sont égales vu qu'il n'y a pas d'égalité de leurs moyennes.

Les résultats montrent que le rendement nombre de siliques/branche a été affecté par le traitement hydrique déficitaire, nos résultats sont identiques à ceux d'autres auteurs :

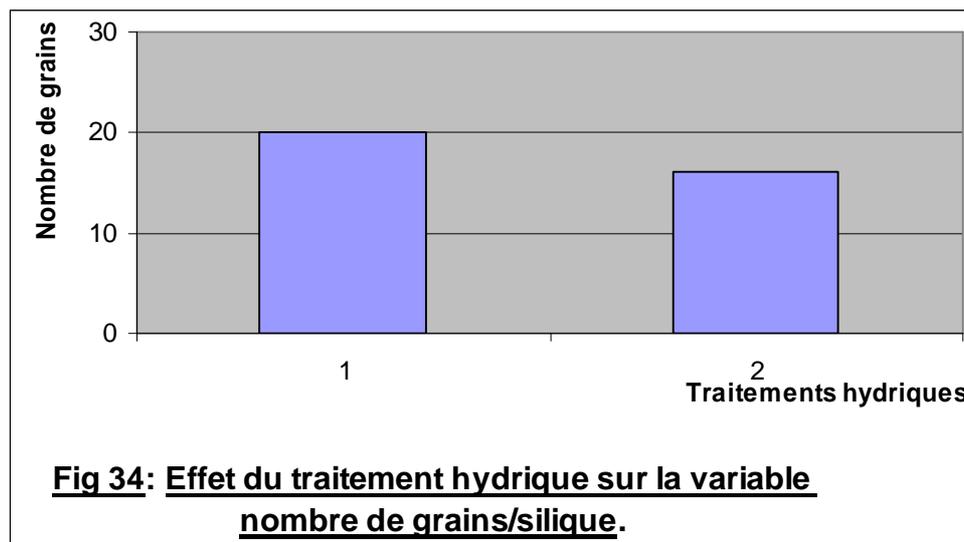
Diepenbrock (2000) démontre que les rendements de colza des plants individuels sont régis par la densité et la bonne distribution des plants en parcelle semée et du nombre de siliques/plant.

Kumar et Singh (2006) pensent que l'étape de la formation des siliques est un indice physiologique pour connaître les germoplasmes de Brassica tolérants la sécheresse. Une culture de Brassica privée d'eau donne un nombre de siliques inférieur à celui obtenu en culture menée en conditions d'irrigation optimales.

Remarque : Le dévastement de la culture par les charançons en stade G4 a induit vers une perte en rendement assez tolérable, tandis que la récolte a été gravement ravagée par les oiseaux en stade G5 et cela nous a pas permis de prendre en considération le pourcentage de siliques tombées.

Ø Nombre de grains/silique :

Une deuxième composante de rendement sujette à notre suivi et étude statistique.



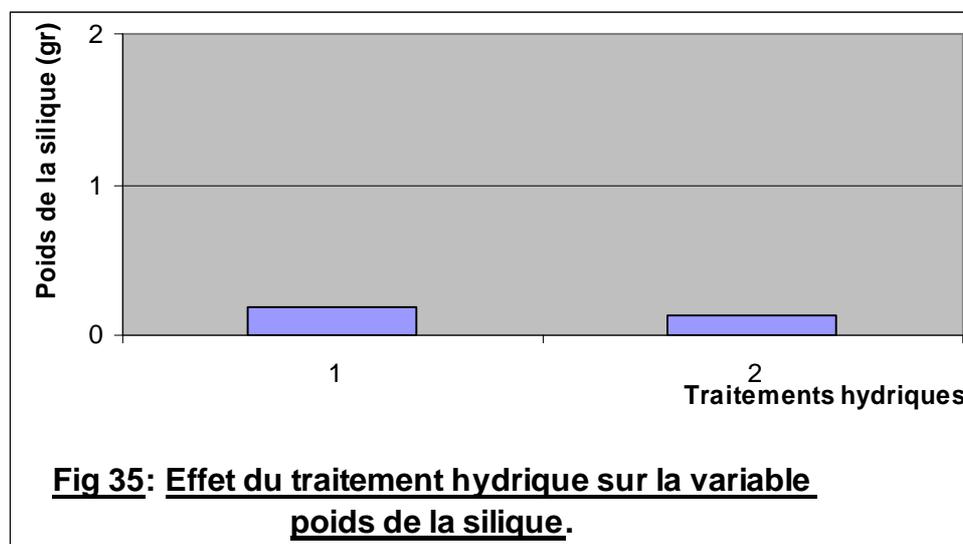
La figure montre clairement la chute du nombre de grains/silique par le passage du traitement 1 en traitement 2.

L'étude statistique relative aux moyennes nous a conduit à rejeter l'hypothèse d'égalité des deux moyennes pour $\alpha=0.05$, 4ddl, $n_1=n_2=3$.

Tab 17 : Paramètres statistiques relatifs à l'étude d'égalité des moyennes de grains/silique des deux traitements hydriques

	SCE	ddl	n	Tobs	T1- $\alpha/2$
T1	3	4	3	4	2.776
T2	3		3		

Ø Poids de la silique (gr):



Une réduction légère d'ordre 0.05gr a été appréciée comme différence entre les deux traitements.

Etude de corrélation : Poids de la silique – Rendement en grains/plant a permis de démontrer l'absence de corrélation entre ces deux variables pour $\alpha= 0.05$ et 4ddl.

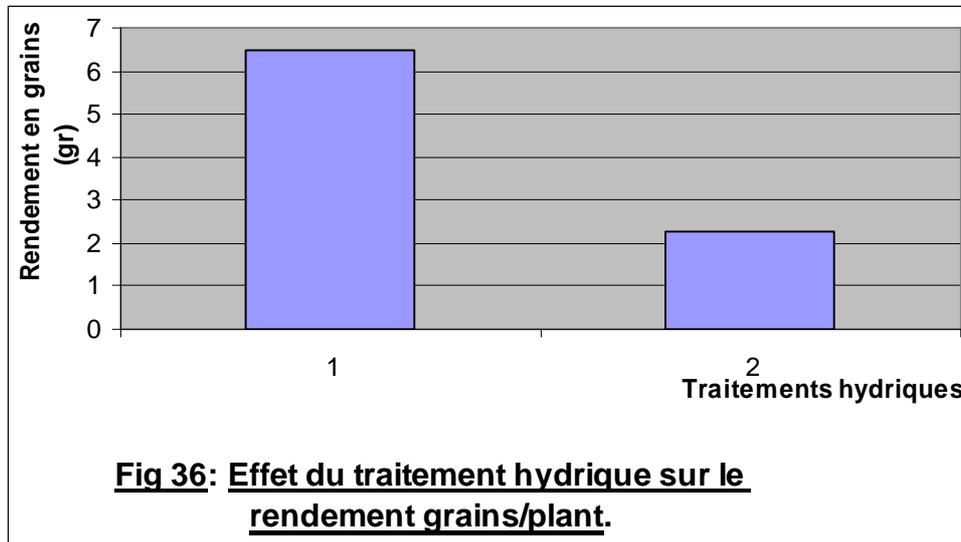
Tab 18 : Valeurs des paramètres d'étude de corrélation(poids de la silique - rendement en grains/plant)

	SCE	R	Tobs	T1- $\alpha/2$
T1	0.0041	-0.539	1.394	2.776
T2	2.22			

L'étude statistique relative à la corrélation pour la variable diamètre de la tige et diamètre de la silique a permis d'accepter l'hypothèse d'égalité du coefficient de corrélation à la valeur nulle : $r = 0.008552=0$ et donc pas de corrélation entre ces deux variables.

Ø Rendement grains/plant :

Les agriculteurs et chercheurs agricoles accordent beaucoup d'importance à cette variable qui est dans la majorité des cas positivement corrélée au rendement total, dans notre étude les résultats obtenus sont exprimés en figure 36.



Le rendement en site irrigué est quasiment le triple de celui obtenu en site à alimentation déficitaire en eau. Beaucoup de travaux valident notre résultat résumé en figure 36 :

LEPSE – INRA. , fév – mars 2000 ; le déficit hydrique provoque une réduction du rendement et de ses composantes chez les deux variétés de blé dur, et en déficits hydriques longs la probabilité de produire des semences reste envisageable mais moins nombreuses. Durant la seconde partie du cycle végétatif c'est par une sénescence accélérée des feuilles et l'avortement des graines que les réductions de taille s'opèrent.

Des relations positives de type linéaire sont observées entre le rendement du tournesol et l'eau consommée (Merrien et al. , 1981).

Une contrainte hydrique peut avoir des conséquences de nature et d'intensité variables selon sa position dans le cycle de développement, tout dépend de la composante de rendement mise en jeu en ce moment là.

A la floraison, un déficit hydrique de 50% réduit 30% le nombre de grains et de 20% leur poids moyen (Merrien et Grandin. , 1990).

En ne voyant pas l'utilité de prouver le rejet de l'hypothèse d'égalité des deux moyennes, on s'intéresse à l'étude de corrélation entre la variable nombre de siliques/branche et la variable rendement en grains/plant. Le coefficient de corrélation obtenu $r = 0.512$ le test de conformité

($H^0: r=0$) ou de signification de ce coefficient de corrélation pour $\alpha=0.05$, $T_{obs}=0.596$, $T_{1-\alpha/2}=12.71$ et $1ddl$ nous a conduit à accepter l'hypothèse $r=0$ et donc pas de corrélation existante entre ces deux variables.

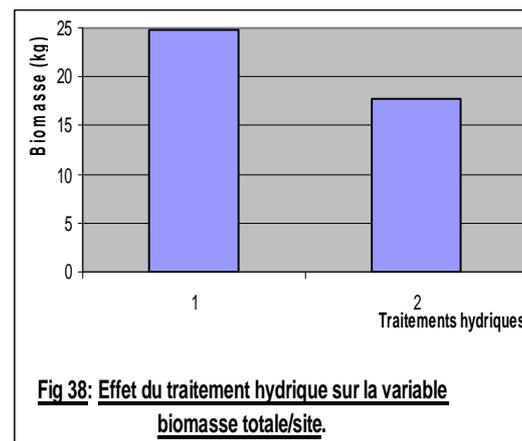
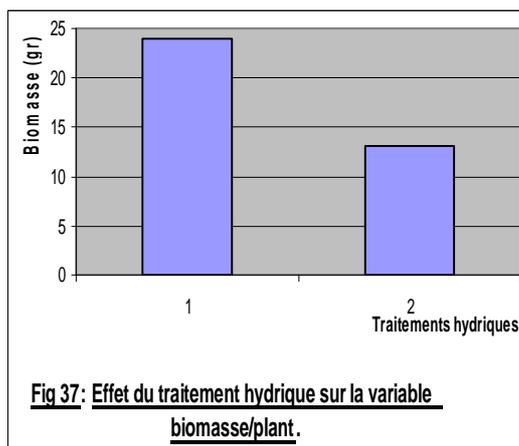
Tab 19 : Paramètres statistiques relatifs à la corrélation (nombre de siliques/branche – rendement grains/plant)

Cov (x,y)	sx	sy	r	Tobs	T1- $\alpha/2$	ddl	Test de conformité
0.512	6.244	0.860	0.512	0.596	12.71	1	R= 0

Ø Nombre de plants/m²:

Malgré le nombre de répétitions appliqué la moyenne de la variable nombre de plants/m² été de 50 plants/m² visé dès le départ de notre travail ce qui nous mène à parler d'une viabilité égale à 33.33% (un grain s'est développé sur l'ensemble des trois semés).

Ø La biomasse/plant et biomasse totale/site:



Remarque : Le numéro 1 signifie toujours le traitement 1 soit site irrigué régulièrement et le 2 ; site sous conditions déficitaires en eau.

Les deux figures montrent une décroissance de la biomasse (par plant ou du site) en passant d'un traitement hydrique optimal à un autre déficitaire. Cette réduction est approximativement d'ordre de 28.43% pour la biomasse/plant et de 45.84% pour la biomasse totale du site.

Nos résultats coïncident avec ceux d'Oukarroum. A. , 2007 où il démontre que le déficit hydrique et les hautes températures et d'autres affectent la croissance et le rendement des plantes.

En tenant en compte que la biomasse est une composante de rendement, selon Merrien et al . , 1981 ; des relations de type linéaire sont observées entre le rendement du tournesol et l'eau consommée.

Une contrainte hydrique peut avoir des conséquences de nature et d'intensité variable selon sa position dans le cycle de développement, tout dépend de la composante de rendement mise en place en ce moment là.

Ø Rendement/parcelle élémentaire et rendement total:

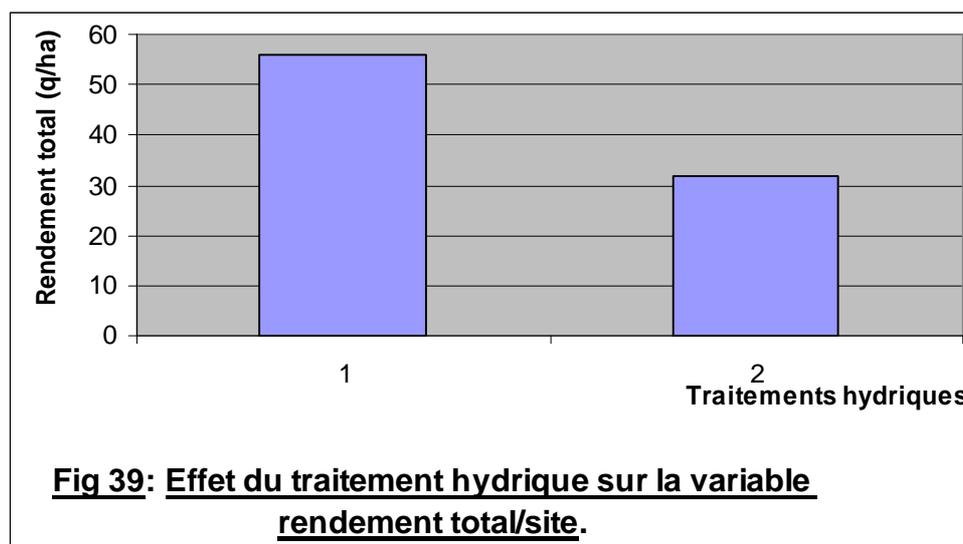
En récoltant seulement le 20% de chaque grande parcelle (récolte ravagée par les oiseaux) le rendement total a été estimé par une simple règle de trois.

Tab 20 : Rendement/parcelle élémentaire

	P1	P2	P3
Rendement (gr)	190	210	160
Moyenne	186.66		

Tab 21 : Rendement totale:

	P1	P2	P3	Site
Rendement (gr)	1900	2100	1600	5600
Rendement du site (q/ha)	56			



La chute du rendement total suite à l'alimentation hydrique déficitaire a été de moitié, un résultat attendu après avoir établie tous les histogrammes de toutes les composantes de rendement qui ont chuté à leurs tour suite à cette sécheresse provoquée.

Selon Kumar et al. , 1994 cette chute du poids est une suite logique aux changements morpho-physiologiques de la plante de colza suite à un déficit hydrique.

Wright et al. , 1996 ; ont comparé le comportement de *B. napus* et *B. juncea* en conditions de déficit hydrique, ils ont trouvé que *B. juncea* se comporte mieux que *B. napus* du point de vue de rendement.

Jensen et al. , 1996 ; ont prouvé dans leurs travaux que si l'on applique un traitement hydrique aux premiers stades végétatifs sur une culture de *B. napus*, le rendement ne serait pas trop affecté, il ne l'est que si on applique le traitement au stade critique de l'évolution de la plante (floraison et remplissage des grains), le rendement de cette expérimentation a chuté de 17%.

Maggio et al. , 2005 ; la culture de choux menée en conditions de déficit hydrique appliqué en floraison réduit le rendement de 50.5 T/ha à 17.5 T/ha.

Adjal. , 2006 ; démontre que le déficit hydrique durant la floraison et le début de maturation des graines de tournesol provoque une baisse de rendement du à l'avortement des grains ou à un défaut de remplissage des akènes ainsi qu'une diminution de la teneur en eau.

Katerdji et al. , 2004 ; en comparant le comportement de deux cultures (maïs et tournesol) en conditions de sécheresse ont obtenu un rendement faible chez les deux.

Soriano et al. , 2004 ; un manque d'eau donne une réduction importante des rendements de tournesol.

Le rendement en terme de quantité et qualité est affecté suite à une période de sécheresse en stade F1 (60) de la culture de *B. napus* (Bouchereau et al. , 1996).

Maintenant place à des études statistiques de corrélation entre la variable de rendement et d'autres de type morpho-agronomique :

- Rendement total - hauteur des plants :

Le test de conformité a permis de mettre en évidence l'égalité du coefficient de corrélation obtenu $r = -0.608$ à la valeur nulle pour confirmer l'absence de corrélation entre ces deux variables pour $\alpha = 0.05$, 1ddl où $T_{obs} = 0.766$.

- Rendement - nombre de branches :

Encore une fois pour ces deux variables pas de corrélation pour $\alpha = 0.05$, 1ddl, le T_{obs} est relativement faible et égale à 0.08.

Remarque : Beaucoup de tests de corrélation sont envisageables, seulement que pour certains paramètres le manque de données ne nous permette pas d'appliquer l'étude de corrélation tel est le cas pour le rendement total - PMG, rendement total – précocité de la floraison.

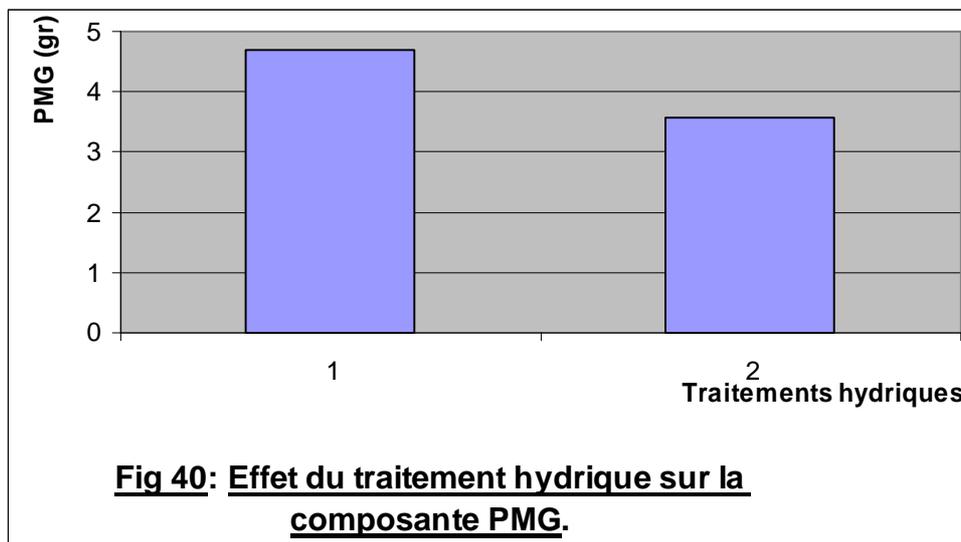
- Rendement - nombre de grains/silique :

Pas de corrélation pour 1ddl (n= 3), $\alpha= 0.05$, $T_{obs}= 1.764$.

- Rendement - nombre de siliques/branche :

Egalement pas de corrélation pour ces deux variables même si « r » est approximativement égal à 1 ($r= -0.911$). On peut également expliquer cette corrélation attendue et non obtenue par le nombre d'effectif « n » très bas (n= 3) et par conséquent le degré de liberté encore plus faible.

Ø Poids de mille grains (PMG):



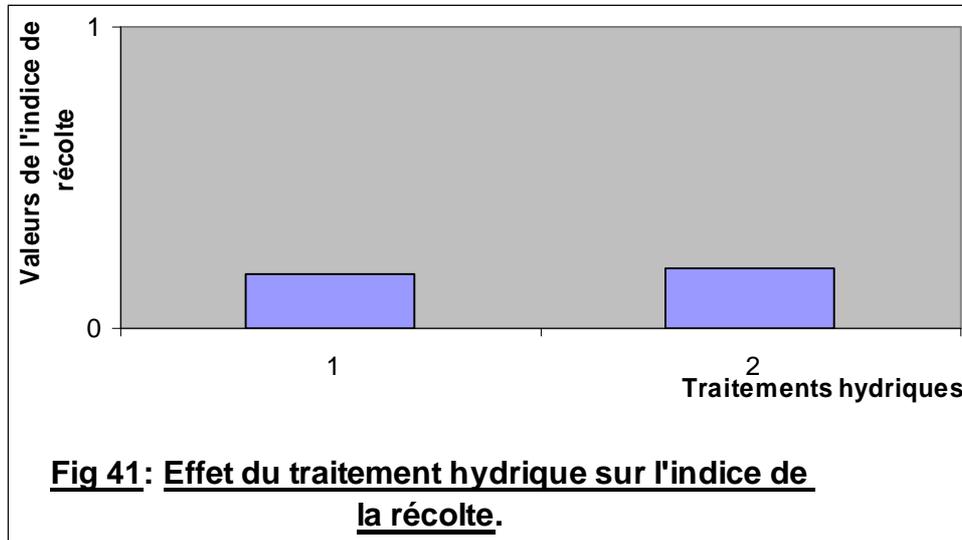
La différence en irrigation influe le poids de mille grains obtenu à la fin, c'est un résultat attendu en fonction des données déjà évoquées différences dans le nombre de grains/siliques, le poids de la silique, la biomasse/plant, le rendement en grains/plant.

Notre résultat est identique à celui obtenu par Steduto et al (1986), Gate et al (1992), Dabaeke et al (1996), A. Larbi et al (1997) où ils expriment que le PMG est réduit par le déficit hydrique post floraison par l'altération de la durée de remplissage des grains et l'accélération de la sénescence foliaire.

Parmi les auteurs qui ont évoqué le PMG d'une culture de colza menée en déficit hydrique Champolivier. , 1996 où il démontre que le déficit hydrique de floraison n'est guère

significatif sur la valeur du PMG seulement s'il est appliqué au moment du remplissage des grains et leurs maturation.

Ø **Indice de la récolte :**



Ce résultat est très logique voire attendu où l'indice de récolte est légèrement supérieure en site à alimentation hydrique déficitaire par rapport à celui obtenu en site à irrigation régulière pour la simple raison que le dénomérateur (biomasse/plant) servant à calculer l'indice est inférieur en traitement 2.

Selon Piquemal et al. , 1990 ; le déficit hydrique stimule le transfert des assimilats vers le capitule q'il soit néoformé ou stocké dans les organes végétatifs. Cette nutrition privilégiée du capitule permet alors de maintenir, voire augmenté l'indice de récolte en conditions sèches.

4. Paramètres biochimiques :

Les plaques obtenues figurent ci-dessous avec analyse des spots visualisés issus de la migration.



Figure 42 : Photo des spots de migration des lipides polaires foliaires.

Cette plaque fût réalisée à partir des feuilles en stade de floraison (avant l'application du programme d'arrosage hebdomadaire) en utilisant le solvant LEPAGE propre aux catégories lipidiques polaires.

La révélation à l'iode bissublimé nous a permis de visualiser quatre lignes de spots ayant pour rapports frontales (Rf) : 0.24 cm, 0.34 cm, 0.44 cm et 0.94 cm correspondants aux catégories lipidiques suivantes : Phosphatidyl Choline (PC), phosphatidyl ethanolamine (PE), phosphatidyl glycérol (PG), et lipides neutres ou simples respectivement.

La grosseur des tâches renseigne sur la concentration des catégories lipidiques en question.

Selon Aïd Fatiha. , 2003 un radiochromatogramme d'une CCM des lipides totaux foliaires de *Brassica napus* L. var. bienvenue a permis d'obtenir 70% de lipides neutres, 21% PC et 4.5% de PE.

En terme de qualité, notre résultat est le même que celui trouvé par A. Fatiha qui a également obtenu quatre bandes de migration à une différence près que la sensibilité du radiochromatogramme à la radio activité de l'oléate a même permis de mettre en évidence le 1.5% du MGDG soit le monogalactosyldiacylglycérol.

Et approximativement les mêmes spots sont obtenus par Rougham et Batt. , 1968 qui ont travaillé sur les sulfolipides dans les tissus des végétaux, et ceux d'Eldra DELANNY. , 2005 qui a travaillé sur *Arabidopsis thaliana*.

Il est important de noter que les changements foliaires en matière de composés lipidiques et bel et bien d'autres sont rapides et en fonction de plusieurs facteurs :

- La date de la récolte ou de la prise de la matière végétale par rapport à son cycle de développement, selon APPELQVIST LA. , 1975 In S. TRIKI. , 1997. , l'accumulation des lipides pendant le développement se fait selon une courbe sigmoïde. Matile. , 1992 In Vicky Buchanan- Wollaston et Karl Moris. , 2000 ; explique que le signe le plus clair et visible de la sénescence est le jaunissement dû à la dégradation de la chlorophylle et la rétention des pigments caroténoïdes.
- Stress abiotiques ; selon A. Fatiha. , 2003 le taux de lipides diminue d'environ 20% après 48 heures de choc thermique de plus de 24°C. Egalement les travaux de Williams et al. , 1988 qui ont porté sur l'effet de différentes températures de développement (5°C, 10°C, 20°C, 30°C) sur la composition en acides gras des diacylglycérols foliaires de *B. napus* L. var. tower qui ont subi une désaturation croissante aux basses températures.

Ce qui explique les légères différences entre les résultats des différents auteurs.

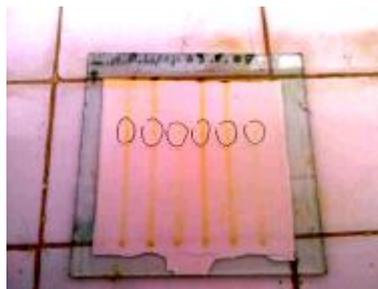


Figure 43 : Plaque de CCM des lipides polaires foliaires après avoir appliqué le programme d'arrosage.

Cette fois ci l'extrait foliaire a été préparé une fois que le programme hebdomadaire d'arrosage a commencé, comme prévu un nouveau résultat a été obtenu lors duquel on a seulement visualisé deux spots de migration ayant pour Rf : 0.95 cm et 0.60 cm correspondants aux lipides neutres et MGDG respectivement, sachant que les Rf sont spécifiques d'une catégorie lipidique donnée.

Il est à noter que le MGDG est synthétisé selon deux voies ; voie procaryote et une deuxième eucaryote (Johan. W et al. , 1987) et contient deux espèces moléculaires 16/18C et 18/18C (Williams et al. , 1988), c'est l'âge des feuilles et les fluctuations thermiques qui favorisent la synthèse et/ou la désaturation de certaines espèces moléculaires et par conséquent la présence ou absence de la catégorie lipidique en question, ce qui explique les différences significatives entre les deux premières plaques réalisées lors du même stade de développement.

Ceci nous ramène à évoqué encore une fois le travail colossal réalisé par Williams et al. , 1988 ; où ils ont encore étudié l'effet de l'âge de la feuille de Brassica napus L. combiné à l'effet de la température de développement sur les acides gras du MGDG où ils évoquent une phase rapide d'activité désaturase qui varie d'une température à une autre.

Le même résultat a été reproduit mais sous conditions d'alimentation hydrique déficitaire appliquée dès le stade de floraison, et on ne peut que déduire que la sécheresse n'a pas encore commencée à avoir de l'effet sur les activités métaboliques vu le nombre restreint de jours où ce type de stress a été appliqué.

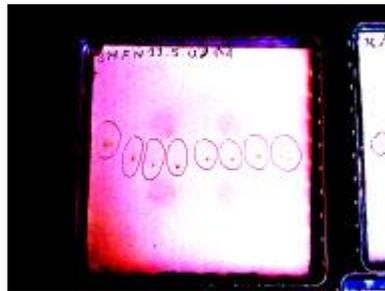


Figure 44 : Plaque de migration des lipides neutres foliaires.

A partir des feuilles du stade de floraison on a procédé à la mise en évidence des lipides neutres foliaires, une seule ligne de spots a été visualisée ayant un R_f égal à 0.47 cm et correspondant à la PE, caractérisée par trois espèces moléculaires abondantes (18 :2/18 :3 PE), (16 :0/18 :3 PE) et (16 :0/18 :2 PE). Cette catégorie lipidique trouvée au niveau des feuilles de colza n'est pas d'origine membranaire non plus des thylakoïdes. Selon Johan W. M. Heemkerk et Jef F. G. M. Wintermans. , 1987 ; on ne trouve pas de la PE (0 Mol%) dans les thylakoïdes et enveloppes membranaires tandis que dans les feuilles de Nicotiana tabacum L. et A. thaliana (L.) heynh elle se trouve en teneurs égales à 4 Mols% et 10 Mols% respectivement.



Figure 45 : Spots de migration des lipides polaires de la graine en stade G4.

Le choix d'un tel stade pour effectuer la CCM des lipides polaires et neutres a été raisonné de la sorte ; selon Saïda TRIKI et al. , 1997 : les résultats nous ont permis de situer le stade optimal de la lipogenèse à la troisième semaine après la floraison pour les graines de tournesol en maturation. Et donc les deux CCM des deux catégories lipidiques ont été menées sur des graines vertes en voie de maturation. Les résultats obtenus et qui figurent tout d'abord en photo 45 ; sont cinq lignes de spots caractérisées par les valeurs du Rf suivantes : 0.07cm, 0.11cm, 0.18cm, 0.42cm et 0.84cm correspondantes aux catégories lipidiques : Lipides neutres, PE, PC, sphingomyéline (SP) et lyso phosphatidyl choline (LPC) respectivement. Le même résultat a été évoqué par E. DELANNAY. , 2005 à partir d'un extrait végétal d'*A thaliana*. En cas d'une alimentation hydrique déficitaire la révélation à l'I² bissublimé n'a pas permis de mettre en évidence la présence des SP (voir photo 46).



Figure 46 : Spots de migration des lipides polaires du stade G4 d'une culture soumise à une alimentation hydrique déficitaire.

Egalement les lipides neutres en stade G4 ont été sujets à une CCM sur gel de silice où la phase mobile est le solvant Mangold.



Figure 47 : Lipides neutres de la graine de *B. napus* L. var. fantasio (conditions optimales) en stade G4.

Deux lignes de spots ont été visualisées ayant pour Rf : 0.31 cm et 0.75 cm, cette fois ci la révélation a été effectuée à l'aide de l'I₂ en premier lieu suivi par une deuxième révélation à l'acide sulfurique, les mêmes spots ont été visualisés lors des deux systèmes de révélation, il s'agit de la catégorie triacyl glycérol (TG) et esther de cholestérol (CE) respectivement.

Le même résultat a été obtenu par A. DELANNY. , 2005 après une CCM multi élution d'un extrait végétal d'A thaliana.



Figure 48 : Plaque des lipides neutres de la graine (G4) révélée par l'acide sulfurique.

En stade final de récolte où les graines sont de couleur brune noire un extrait a été préparé à partir d'une culture menée en conditions d'irrigation optimales les résultats obtenus pour les deux catégories lipidiques figurent ci-dessous :



Fig 49



Fig 50

Figure 49 : Spots de migration des catégories lipidiques polaires de la graine (G5).

Figure50 : Spots de migration des catégories lipidiques neutres de la graine (G5).

La figure 49 : montre une plaque très riche en spots de migration, six lignes ont été visualisées à l'aide d'I² bissublimé ayant pour Rf : 0.15 cm, 0.24 cm, 0.33 cm, 0.51 cm, 0.57 cm et 0.72 cm correspondants aux catégories suivantes : LPC, SP, PC, phosphatidyl Inositol (PI), PE et lipides neutres.

La figure 50 : montre 3 spots de migration caractérisés par des Rf égales à 0.20, 0.41 et 0.75 cm correspondants aux : acides gras libres (FFA), TG et CE.

Nos résultats ont été comparés à ceux d'E. DELANNY et beaucoup de ressemblances entre les plaques comparées ont été observées.

Des différences hautement significatives ont été également observées en comparant le résultat des deux plaques à leurs homologues obtenues en cas d'une alimentation hydrique déficitaire,

où seulement la PC a été visualisée pour les catégories lipidiques polaires tandis que pour les catégories lipidiques neutres seulement les FFA ont été visualisés, un résultat attendu après une sécheresse de plus de deux mois.



Fig 51

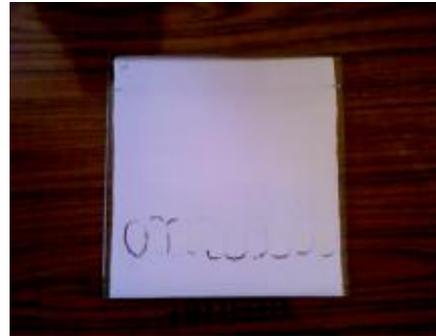


Fig 52

Figure 51 : Spots de migration des lipides polaires des graines de colza (stade G5) en conditions hydriques déficitaires.

Figure 52 : Spots de migration des lipides neutres (s. G5) de la graine de B. napus L. var. fantasio cultivée sous conditions de sécheresse.

Il est admis que les processus biologiques sont précoces et accélérés en cas de déficits hydriques et donc on parle d'une sénescence précoce (mentionnée en interprétation des paramètres physiologiques), selon V. BUCHANAN et al. , 2000 la biodégradation des macromolécules spécialement les lipides est un processus oxydatif et le niveau des espèces réactives à l'O² augmente dans les tissus sénescents.

S. LAARABI et al, 2005 ; le métabolisme dépend du contenu en eau et de la quantité d'eau que peut potentiellement recevoir la plante.

En égard à nos données, la technique appliquée de CCM pourrait servir d'outil de sélection des variétés tolérantes à la sécheresse en terme de qualité.

H. Bruk et al. , 2002 : ont démontré qu'un apport déficitaire en azote pour la culture de colza variété hiver provoque une WUE soit l'efficience de l'eau utilisée basse qui se traduira par une grande discrimination de la concentration du CO² et qui influencera à son tour la synthèse des molécules biologiques. Dans notre étude les deux cultures ont été privées du second apport d'azote.

Une autre étude a été réalisée celle de NEVES C. L. et al . , 2004 sur deux variétés de cacahuette (55-437, Fleur 11) cultivées en conditions d'irrigation et de sécheresse les résultats obtenus sont résumés ci-dessous :

- Le déficit hydrique a provoqué une réduction de l'activité hydrique des graines des deux variétés lors de trois stades de maturation.
- Des changements dans le contenu lipidique lors de ces trois stades ont été appréciés chez les deux variétés.
- Des changements dans la composition en acides gras lors des trois stades pour les graines des deux variétés (55-437 –Fleur 11).

CONCLUSIONS GENERALES

Des graines de la plante de colza variété Fantasio prétraitées ont été cultivées en conditions normales sur sol argileux humide, c'est à partir du stade de floraison qu'un apport hydrique à raison de 250L/site a été effectué de façon hebdomadaire (conditions optimales).

A partir du stade F1 (60) les mesures de chlorophylle ont commencé à être appréciées à partir de la troisième, quatrième et cinquième feuille de cinq pieds choisis au hasard au sein de chaque parcelle jusqu'à la chute des dernières feuilles sénescentes. Une moyenne égale à 48.52 SPAD a été appréciée en stade de floraison comparée à son homologue appréciée en conditions hydriques déficitaires égale à 50.29 SPAD l'hypothèse d'égalité des deux moyennes a été acceptée et donc pas de différences significatives seulement que la sénescence des feuilles des pieds stressés a été accélérée. En dernier stade les deux moyennes obtenues en conditions optimales et de stress sont de 34.37 SPAD et 33.88 SPAD respectivement, l'étude statistique corrélée aux moyennes a permis d'accepter l'égalité de ces deux moyennes.

Le paramètre hydrique ; contenu relatif en eau (RWC) a été suivi durant les deux derniers stades du cycle de développement de la culture de colza, après avoir établi les courbes de développement de ce paramètre physiologique également, les résultats trouvés sont similaires à ceux propres à la mesure de la chlorophylle où les moyennes des deux traitements hydriques des deux types de culture sont égales lors des deux stades, mais cette étude nous a permis de juger l'importance du système racinaire de la plante de colza qui vient compenser le stress en puisant des eaux profondes dues aux précipitations importantes qui ont marqué cette année, et s'adapter à cette déficience par une réduction des surfaces transpirantes et vertes et une chute rapide des feuilles âgées.

Une deuxième étude a été menée mais cette fois sur les paramètres morfo-agronomiques beaucoup de résultats ont été obtenus :

- Hauteur des plants : une diminution dans la hauteur des pieds stressés d'ordre de 10cm.
- On peut pas parler d'une précocité de floraison vue le grand nombre de jours (105) qu'il a fallu de la date de semis pour que le 50% des pieds atteignent le stade F1 (60).
- Le nombre de siliques/branche a diminué de 67.86% suite à une irrigation déficitaire.
- Egalement le nombre de grains/silique a chuté par le passage du premier traitement (irrigué) en traitement 2 (stress).

- Le rendement en grains/plant est quasiment le triple en traitement 1 en comparaison à celui obtenu en traitement 2, une étude de corrélation a été faite entre la variable nombre de siliques/branche et la variable rendement en grains/plant ; aucune corrélation n'a été mise en évidence.
- Nombre de branches/plant a été clairement affecté par le traitement 2, une deuxième étude de corrélation a été faite pour (x) : nombre de ramifications/plant et (y) : rendement en grains/plant où encore une fois nulle corrélation n'a été décelée, une étude statistique de corrélation entre nombre de siliques/branche et nombre de ramification/plant a permis de démontrer l'absence de corrélation suite à cette effectif bas où $n=3$, pas de corrélation entre la variable nombre de grains/silique et rendement en grains/plant.
- Le diamètre de la tige et de la silique tous deux ont été affectés par le passage en traitement 2, pas de corrélation appréciable entre ces deux variables.
- Une chute légère a été appréciée du poids de la silique cette variable n'est pas corrélée au rendement en grains par plant.
- Une chute spectaculaire du rendement et de la biomasse entre les deux traitements de 50% et 45.84% respectivement.
- Une densité égale à 50 pieds/m².
- PMG a grimpé de l'ordre d'un gramme entre graines de semis et celles récoltées en traitement 1.
- Comme prévu l'indice de récolte du traitement hydrique déficitaire est supérieur à celui comptabilisé en traitement hydrique optimale.
- De nombreuses études de corrélation ont été également faites (rendement/hauteur des plants, rendement/nombre de branches, rendement/nombre de grains par silique, rendement/nombre de siliques par branches) toutes ont démontré l'absence de corrélation en circonstance au « n » bas et degré de liberté encore plus faible.

Une étude de la qualité biologique a été réalisée en évoquant les différentes catégories lipidiques qui caractérisent les deux stades critiques du développement de la culture de colza (floraison et maturation des graines) comparées à celles obtenues sous alimentation hydrique déficitaire appliquée dès le début de la floraison jusqu'au stade G5 (récolte) pour voir l'influence du stress hydrique sur la qualité lipidique de la variété Fantasio premier intérêt de la culture de ces plantes protéoléagineuses.

Les catégories lipidiques obtenues sont :

- Les catégories lipidiques polaires foliaires avant l'application du traitement hydrique d'irrigation hebdomadaire sont : Phosphatidyl choline (PC), Phosphatidyl Ethanolamine (PE), Phosphatidyl Glycérol (PG), et lipides neutres.
- Les catégories lipidiques polaires une fois le programme d'arrosage appliqué sont : MGDG (Mono Galactosyl Diacyl Glycérol) et lipides simples.
- Les catégories lipidiques neutres foliaires sont : PE.
- Les catégories lipidiques polaires de la graine en stade G4 sont : lipides neutres, PE, PC, SP (sphingomyéline), et LPC (Lyso PC), une seule différence a été remarquée au niveau des plaques CCM des graines des pieds stressés est l'absence de la SP.
- Les catégories lipidiques neutres de la graine en stade G4 sont : TG (Triacyl Glycérol) et EC (Esther de Cholestérol).
- Les catégories lipidiques polaires de la graines en stade G5 sont : LPC (Lyso Phosphatidyl Choline), SP, PC, PI, PE, et lipides neutres (LN).
- Les catégories lipidiques neutres de la graine en stade G5 sont : FFA (acides gras libres), TG et CE, des différences significatives ont été observées pour les deux dernières catégories pour les plantes stressées qui se résument comme suit : seulement la PC a été visualisée pour les catégories polaires, pour les neutres seulement les FFA caractérisent l'extrait.

- **ABDERRAZAK MAROUF.** , 2000, Dictionnaire de botanique, Les phanérogames, Edition DUNOD. , Paris, 141, 171.
- **ACIA BIO.** , 09-1994, La Biologie de Brassica napus L. (Colza/canola).
- **ADJAL Y.** , 2006. Réponse de la Luzerne (*Medicago sativa* L.) au Stress Hydrique et à la Profondeur du semis. Thèse de Magistère, Sciences Agronomiques, Univ H. Lakhdar Batna.
- **Agence Canadienne d'Inspection des Aliments.** , 09 - 1994, La Biologie de Brassica napus L. (Colza/canola).
- **AID. F.** , 2003. Effets des chocs thermiques sur la composition et biosynthèse des lipides foliaires du colza: *Brassica napus* L. Thèse Doc. , USTBH Alger, 37 – 47.
- **AIGx-** Association des ingénieurs issus de la FuSAGx.
- **ALAM, M., H. AHMAD, M. H. QUAZI et H. I. Y. KHAWAJA.** , 1992. Cross compatibility studies within the genus *Brassica* L. Amphidiploid combinations, *Sci. Khyber* 5, 89-92.
- **ALBERDI M. et CORCUERA L.** , 1991. Cold acclimation in plants. *Phytochemistry*, Vol. 30, No. 10, pp. 3177 – 3184.
- **ALBERT L.** , 1985. *Lehinger, principes de biochimie*, Lehinger. Flammarion Medecine-Science.
- **AMSOL-PROLEA.** , Juin 2002. Colza : Le dynamisme des innovations génétiques conforte l'avenir de la filière, 1- 8.
- **BALESDENT M. H, BLAISE f, CHABIRAND M, FUDAL I, KUHN M. L, MENDES-PEREIRA M, MEYER M, NARCY J. P, ROUX J, ROUXEL T et SCHEMIT J.** , 5-09-2006. Génétique moléculaire des interactions *Leptosphaeria maculans*/colza. *Phytopathologie et Méthodologie de la Détection INRA.* , Versailles-Grignon.
- **BELKEBIR A., F. AID, R. DAPAEPE, G. KESRI- BENHASSAINE.** , Effet de la sethoxydime sur l'activité de l'acétyl CoA carboxylase de trois espèces végétales *Nicotiana glauca*, *Glycine max* et *Brassica napus*, In Xèmes Journées Scientifiques – AUF – Quelles Biotechnologies pour une agriculture durable?, Constantine 8 – 11 mai 2006.
- **BENSARI M.** , 1989. Photosynthèse et Répartition du Carbone Assimilé entre le Saccharose et l'Amidon chez le Soja; Influence d'un Déficit Hydrique. Thèse de Doc, Univ P. Sabatier Toulouse.

- **BENSARI M., BOUHOUHOU M.** , 2002 . Analyse des Lipides des Végétaux. Dpt SNV, Univ MENTOURI Constantine.
- **BEZZALA A.** , 2005. Essai d'Introduction de l'Arganier (*Argania spinosa* L. (Skeels) dans la Zone de M'Doukal et Evaluation de Quelques Paramètres de Résistance à la Sécheresse. Thèse de Magister, Sciences Agronomiques, Univ H. Lakhdar Batna.
- **BING, D. J., R. K. DOWNEY et G. F. W. RAKOW.** , 1991. Potential of gene transfer among oilseed Brassica and their weedy relatives, GCIRC 1991 Congress, Pp. 1022: 1027.
- **BISHOP D. H. L, CHANTAL ROCHE, et NISMAN B.** , 1964. Induction of Alkaline Phosphatase in a Subcellular Preparation from *Escherichia coli*. *Biochem. J.* 90, 378.
- **BLIGH E. G., DYER W. J.** , 1959. A Rapid Method of Total Lipid Extraction and Purification. *Can J Biochem*, 226: 497 – 509.
- **BOUCHEREAU A., CLOSSAIS B. N., BENSAOUD A., LEPORTE L., et REARD M.** , 1996. Water Stress Effects on Rapessed Quality, *European Journal of Agronomy* 5, 19 – 30.
- **BRUK H, LUGERT I, ZHOU W, et SATTELMACHER B.** , May 2006. Why is physiological water use efficiency lower under low nitrogen supply. *Springerlink.* , Netherlands, 400 – 401.
- **BRUNEL D, FOURMANN M, CHARLOT F et FROGER N.** , 18-04-2007. Marqueurs génétiques consensus dans la famille des Brassicacées. INRA.
- **BUCHANAN-WOLLASTON V. et MORRIS K.** , 2000. Senescence and cell death in *Brassica napus* et *Arabidopsis*. BIOS Scientific Publishers Ltd. , Oxford, 163 – 174.
- **Bulletin de Biologie des Grains n°3.** , Décembre 2000. Identification Visuelle des Graines Oléagineuses et les Graines des Mauvaises Herbes Connexes.
- **CARDOZA V., NEAL STEWART C., Jr.** , *Canola (Brassica napus L.)*, *Methods in Molecular Biology*, vol. 343, pp. 257 – 266.
- **CETIOM et ONIDOL.** , La qualité nutritionnelle des protéines de colza chez l'homme, Unité de Physiologie de la Nutrition et du Comportement Alimentaire de l'INA – PG. , France, 45 – 46.
- **CETIOM.** , 2002. Colza d'hiver : Les techniques culturales, le contexte économique. Grignon.

- **CHAMPOLIVIER L., et MERRIEN A.** , 1996. Effects of Water Stress Applied at Different Growth Stages to *Brassica napus* L. var. *oleifera* on Yield, Yield Components and Seed Quality. *European Journal of Agronomy* 5, 153 – 160.
- **CHARTIER P., CHARTIER M. et CATSKY J.** , 1970. Resistances for Carbon Dioxide Diffusion and for Carboxylation as Factors in Bean Leaf Photosynthesis. *Photosynthetica* 4, 48 – 57.
- **CLEMENT G.** , Résumé du séminaire. *Cahiers Options Méditerranéennes*, vol. 40, CIRAD-CA. , Montpellier France, 17-18.
- **Contamination d'une Mauvaise Herbe par du Colza Transgénique.** , 22-08-2005 (<http://www.agronome.com/article.php?sid=356>).
- **CORNIC G., J. L., LE GOUALLEC, J. M., BRIANTAIS M., et HODGES.** . 1989. Effect of dehydration and high light on photosynthesis of two C₃ plants (*Phaseolus vulgaris* L. and *Elatostema repens* (Lour.) Hall f.). *Planta* 177, 84-90.
- **CRAMER M. M., BEVERDORF W.D.** , 1984. Effect of genotype X Environment Interaction on Selection for Low Linolenic Acid Soybeans. *Crop Science*, Vol. 24, pp. 327 – 330.
- **DEBAEKE P., PUECH J., et CASALS M.L.** , 1996. Elaboration du Rendement du Blé d'Hiver en Conditions de Déficit Hydrique. I. Etude en Lysimètres. *Agronomie*, 16 : 3 – 23.
- **DEBEZ A., B. HUCHZERMEUER, C. GRIGNON, C. ABDELLY.** , Physiologie et biochimie de la tolérance au sel chez une halophyte oléagineuse locale : *Cakile maritima* (Brassicaceae), In X^{èmes} Journées Scientifiques – AUF – Quelles Biotechnologies pour une agriculture durable?, Constantine 8-11 mai 2006.
- **DEBLONDE P. M. K. et LEDENT J. F.** , 2001. Effects of Moderate Drought Conditions on Green Leaf Number, Stem Height, Leaf Length and Tuber Yield of Potato Cultivars. *European Journal of Agronomy* 14, 31 – 41.
- **DELANNAY E.** , 2005. Valorisation de l'huile de gluten de blé comme actif anti-âge en dermocosmétique, Thèse Doc, Université de Reims. , Champagne – Ardennne France, 38 – 63.
- **DENIS J. MURPHY et al.** , 1989, Synthesis of the major oil-body membrane protein in developing rapessed (*Brassica napus*) embryos. *Biochemistry*. J, 258,285-293.

- **DIEPENBROCK W.** , 2000. Yield Analysis of Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). *Field Crops Research* 67, 35 – 49.
- **DOWNEY et BELL.** , 1990 dans: *Bulletin de Biologie des Grains* N°3. , Déc 2000.
- **DOWNEY et ROBBELEN.** , 1989. Colza.
- **DOWNEY R. K. et G. ROBBELEN.** , 1989. Brassica species. In: *Oil Crops World*. New York, 339 – 362.
- **DOUGLAS R. DE CLERQ ; JAMES K.** , 1998. Qualité du Canola de l'ouest Canadien. *Laboratoire de recherche sur les graines, Commission Canadienne des grains*.
- **DUKE J. A.** , 1983. *Handbook of energy Crops*.
- **DUKE J. A.** , 1983. *Brassica napus, Handbook of Energy Crops*.
- **ELLERSTROM, S.** , 1978. Species crosses and sterility in Brassica and Raphanus. *Cruciferae Newsletter* 3, 16-17.
- **EVARD J.** , La qualité nutritionnelle des protéines de Colza chez l'homme. CETIOM, ONIDOL, INA-PG et CANA. , *Unité de physiologie de la nutrition et du comportement alimentaire service Valorisation, Qualité et Sécurité Sanitaire*.
- **FAN, Z., W. TAI et B. R. STAFONAN.** , 1985. Male sterility in *Brassica napus* L. associated with an extra chromosome. *Can. J. Genet. Cytol* 27, 467-471.
- **GALLAIS A. et H. BANNEROT.** , Amélioration des espèces végétales cultivées objectifs et critères de sélection.
- **GATE P., BOUTHIER A., et MONIER J. L.** , 1992. La Tolérance à la Sécheresse, Une Réalité à Valoriser. *Persp. Agric.*, 169 : 62 – 67.
- **GONZALEZ et GANZALEZ V.** , 2001. Relative Water Content RWC.
- **GRONDIN I., J. SMADJA, M. FARINES, J. SOULIER.** , Juil – Août 1997. Les triacylglycérols de deux huiles de sapindacés : études des lipides de *Litchi sinensis* Sonn. Et *Euphoria longana* Lam.. *OLEAGINEUX, CORPS GRAS, LIPIDES*. Volume 4, Numéro 4, 295 – 300.
- **HARBERD, D. J.** , 1972. A contribution to the cytotoxicity of Brassica (*Cruciferae*) and its allies. *Bot. J. Linn. Soc.* 65, 1-23.

- **HARBERD, D. J. and E. D. McArthur.** , 1980. Meiotic analysis of some species and genus hybrids in the Brassicaceae. In: Brassica crops and wild allies. Japan Scientific Societies Press, Tokyo, 65-67.
- **HAVAUX M.** , 1993. La fluorescence de la chlorophylle in vivo: Quelques concepts appliqués à l'étude de la résistance de photosynthèse aux contraintes de l'environnement. Les Colloques de l'INRA, 64, 19-29.
- **HAYS et al.** , 1999. Interaction between ABA and Jasmonic Acid. Plant Physiol. Vol. 119, 1066 – 1071.
- **HELEN A. NORMAN, PARTHASARATHY PILLAL et JUDITH B. SF. JOHN.** , 1991. In vitro desaturation of monogalactosyldiacylglycerol and phosphatidylcholine molecular species by chloroplast homogenates. Phytochemistry, Vol. 30, No, 7, pp, 2217 – 2222.
- **HENRY C.** , 2001. Biologie des populations animales et végétales, Edition DUNOD. ,Paris, 569.
- **HILARY J. PERRY et JOHN L. HARWOOD.** , 1993. Changes in the lipid content of developing seeds of Brassica napus. Biochemistry, Vol. 32, No. 6. ,Great Britain, pp, 1411 – 1415.
- **HILL Mc GRAW. LAPEOLES D. N.** , 1976. Dictionary of life sciences, pp. 124.
- **INA P-G.** , 2003. Colza, Département AGER, France, 1 – 24.
- **INRA – CETIOM.** , Hybridation entre le colza et la ravenelle en conditions proches de la pratique agricole.
- **INRA.** , 5 – 7 Sept 2006. La génétique au service de l'amélioration du colza.
- **INRA.** , Fév – Mars 2000. La résistance des plantes à la sécheresse. Laboratoire d'écophysiologie des plantes sous stress environnementaux (LEPSE), UMR ENSAM – INRA. , Montpellier.
- **JENSEN C. R., MOGENSEN V. Q., MORTENSEN G., FIEDSEND J. K., MILFORD G. F. J., ANDERSEN M. N. et THAGE J. H.** , 1996. Seed Glucosinolate, Oil and Protein Contents of Field-Grown Rape (Brassica napus L.) Affected by Soil Drying and Evaporative Demand. Field Crops Research 47, 93 – 105.

- **JOHAN W., M. HEEMSKERK et JEF F. G. M. WINTERMANS.** , 1987. Role of the chloroplast in the leaf acyl-lipid synthesis. *PHYSIOL. PLANTARUM* 70, Copenhagen, 558 – 568.
- **JOHN P. WILLIAMS, MOBASHSHER U. KHAN, KIRK MITCHELL, et GEOFF JOHSON.** , 1988. The Effect of Temperature on the Level and Biosynthesis of Unsaturated Fatty Acids in Diacylglycerols of *Brassica napus* Leaves. *Plant Physiol* 87, 904 – 910.
- **JOUHET J.** , Nov 2005. Etude des Remaniements Lipidiques des Cellules Végétales en Carence de Phosphate. Thèse de Doc, Univ Joseph FOURRIER, LPCV (Laboratoire de Physiologie des Cellules Végétales) – CEA. ,Grenoble.
- **KARLESKIND A.** , 1992. Manuel des corps gras Vol I – II, Lavoisier TEC & DOC. , Paris.
- **KATERDJI N., VAN HOORN J. W., HAMDY A. et MASTORILLI M.** , 2004. Comparison of Corn Yield Response to Plant Water Stress Caused by Salinity and Drought. *Agricultural Water Management* 65, 95 – 101.
- **KONE D et al.** , Potentiel antifongiques des huiles essentielles pour une protection durable de la qualité des récoltes In Xèmes Journées Scientifiques – AUF – Quelles Biotechnologies pour une agriculture durable ?,Constantine 8 – 11 mai 2006.
- **KUIPER P. J. C.** , 1985. Environmental changes and lipid metabolism of higher plants. *Physiol. Plant*, 64. , Copenhagen, 118 – 122.
- **KUMAR A., et SINGH D. P.** , 2006. Use of Physiological Indices as a Screening Technique for Drought Tolerance in Oilseed Brassica Species. *Annals of Botany* 81, 413 – 420.
- **KUMAR A., SINGH D.P. et SINGH P.** , 1994. Influence of Water Stress on Photosynthesis, Transpiration, Water Use Efficiency and Yield of *Brassica juncea* L. *Field Crops Research* 37, 95 – 101.
- **LAARABI. S., EL KINANI K., ETTOUHAMI A. et LIMOURI M.** , 2005. Analyse spectrométrique, in vivo de l'impédance électrique de la première feuille de maïs (*Zea mays* L.) en fonction des conditions hydriques du sol et de l'atmosphère. *C. R Biologies* 328, pp. 493 – 503.
- **LARBI A., A. MEKLIICHE, R. ABED, et M. BADIS.** , 1997. Effet du déficit hydrique sur la production de deux variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. durum) en région semi-

aride. CIHEAM – Options Méditerranéennes, INSID et INA Département Phytotechnie. , Alger, 295 – 297.

- **Lawlor D. W.** , 1995. The effects of water deficit on photosynthesis. BIOS Scientific publishers., Oxford.

- **LECERF J. M.** , 09-03-1999. Les acides gras. Institut pasteur. , Lille.

- **LEFLON M.** , 05-02-2007. Effets de la structure de l'hybride et du fonds génétique sur le taux de recombinaison entre les génomes A de *B. rapa* ('AA, 2n=20) et de *B. napus* (AACC, 2n=38). Application à l'introgression de gènes de résistance à *Leptosphaeria maculans* dans le colza. Thèse Doc, ANRA/Agrocampus Rennes.

- **LEFOL, E., V. DANIELOU, H. DARMENCY, M.-C. KERLAN, P. VALLEE, A. M. CHEVRE, M. RENARD et X. REBOUD.** , 1991. Escape of engineered genes from rapeseed to wild Brassicaceae, Brighton Crop Protection Conference: Weeds 3, 1049-1056.

- **LEPSE** (Laboratoire d'Ecophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux). , Fév-mars 2000. La résistance des plantes à la sécheresse. INRA., Montpellier.

- **LIEBERMAN et MAPSON.** , 1971. Biochemistry of food. Library of congress catalog card, pp. 44.

- **LU C., J., ZHANG.** 1998. Effects of water stress on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photoinhibition in wheat plants. Aust. J. Plant Physiol **25**, 883-892.

- **MAGGIO A., DE PASCALE S., RUGGIERO C. et BARBIERI G.** , 2005. Physiological Response of Field Grown Cabbage to Salinity and Drought Stress. European Journal of Agronomy **23**, 57 – 67.

- **MANTELIN S., LARCHER M., PRIN Y.** , 09-02-1999. Des modèles biologiques à l'amélioration des plantes, Journées scientifiques du réseau AUF « Biotechnologies végétales des plantes et sécurité alimentaire. 3-5-7-03-2000.

- **MATTSON, B.** , 1988. Interspecific crosses within the genus Brassica and some related genera. Sveriges Utsadesforenings Tidskrift **98**, 187-212.

MERRIEN A., GRANDIN L. , 1990. Comportement hydrique du tournesol: Synthèse des essais 'irrigation' 1983-88. CETIOM., Paris.

- **MERRIEN A., BLANCHET R., GELFI N.** ,1981. Relationships Between Water Supply, Leaf Area Development and Survival, and Production in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Agronomie* 1: 917–922.
- **MIREN A. et L. J. CORCUERA.** , 1999. Cold acclimation in plants. *Phytochemistry*, Vol 30, No. 10, pp. 3177-3184.
- **MONNEVEUX P., et NEMMAR M.** , 1986. Contribution à l'Etude de la Résistance à la sécheresse chez le Blé Tendre (*Triticum aestivum* L.) et chez le blé dur (*Triticum durum* Fesf.): Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomie* 6, 583 – 590.
- **MOULE C.** , 1982. *Plantes sarclées et diverses*. Paris.
- **MUENSCHER, W. G.** , 1980. *Weeds*. Second Edition. Cornell University Press, Ithaca and London, 586 pp.
- **MURPHY D. J, CUMMINS I. et KANG S. A.** , 1989. Synthesis of the major oil-body membrane protein in developing rapeseed (*Brassica napus*) embryos. *Biochem. J.* 258. , Great Britain, 285 – 293.
- **MUSIL.** , 1950.
- **NESI N.** , *Qualité de la graine de Colza*, ED « Vie-Agro-Santé », Univ Rennes.
- **NEVES C. L., CAMPOS P. S., ALMEIDA C., SEMEDO A. C., MATOS A., FIGUEIRA M.E.** ; 2004. Growth and Physiological Characteristics of Two Peanut Varieties and Chemical Components of Their Seeds and Shell. XIV Congresso Nacional de Bioquímica SPB/UAL, Vilamora 2 – 4 Dec 2004., Espagne, 102 – 107.
- **Office Algérien Interprofessionnel Des Céréales.**, 7-9 Fév 2000. Actes du 1^{ier} Symposium International Sur la Filière Blé, Alger.
- **OHLROGGE J. B.** , 1994. Design of new plant products : Engineering of Fatty Acid Metabolism. *Plant Physiol* 104, 821 – 836.
- **Oil World** dans **Statistiques des Oléagineux et Protéagineux.** , 2005-2006. Huiles et Protéines Végétales- De la Production à la Consommation France- Europe- Monde, 82 - 86 .
- **OLIVE G.** , 18-05-2005. Tome Biochimie. 1ère Edition, pp. 9 - 61.

- **OUKARROUM A.** , 2007. Vitalité des plantes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) en conditions de stress hydrique et thermique analysée par la florescence chlorophyllienne, Thèse de Doc, Département de Botanique et Biologie Végétale, Univ de Genève. , Suisse, pp. 1, 27 – 30.
- **P. G. ROUGHAM et R. D. BATT.** , 21 avril 1967. Quantitative Analysis of Sulfolipid (Sulfoquinovosyl Diglyceride) and Galactolipids (Monogalactosyl and Digalactosyl Diglycerides) in Plant Tissues. *ANALYTICAL BIOCHEMISTRY.* , 22, 74 – 88.
- **PIAZZA et FOGLIA.** , 2001. La chimie verte.
- **PIQUEMAL M., CAVALIE G., POEYDOMENGE O., BOTELLA-BRANDIDAS A.** , 1990. Activité métabolique et translocation chez le tournesol soumis à un stress hydrique. *CETIOM.*, Paris ; pp. 32–44.
- **POORMOHAMED KIANI Seifollah.** , 2007. Analyse Génétique des Réponses Physiologiques du Tournesol (*Helianthus annuus* L.) soumis à la sécheresse, Thèse Doc, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse (ENSAT)., Toulouse 11 – 31.
- **PROLEA.** , Juin 2006. Colza.
- **PROLEA-CETIOM.** Colza.
- **RAKOW et WOODS.** , 1987.
- **RENARD M., BRUN H., CHEVRE A. M., DELOURME R., GUERCHE P., MESQIDA - J., MORICE J., PELLETIER G. et PRIMARD C.** , Le colza oléagineux.
- **SCHWEITZER P.** – Laboratoire d'Analyse et d'Ecologie Apicole (www.beekeeping.com).
- **SHARPER et al.** , 1990. Relative Wate Content RWC.
- **SIEBERTZ et HEINZ.** , 1977.
- **SOLTNER D.** ,1998. Les grandes productions végétales ; céréales, plantes sarclées, prairies. Sciences et Techniques Agricoles.
- **SONG et OSBORN.** , 1992.
- **SORIANO M. A., ORGA F., VILLALOBOS F. J. et FERERES E.** , 2004. Efficiency of Water Use of Early Plantings of Sunflower. *Europe Journal Agronomy* 21, 465 – 476.
- **Statistiques des Oléagineux et Protéagineux.** , 2005-2006. Huiles et Protéines Végétales- De la Production à la Consommation France- Europe- Monde, 82 - 86.

- **STEDUTO P., ALVINO A., MAGLINLO V., SISTO L.** , 1986. Analysis of the Physiological and Reproductive Responses of Five Wheat Varieties Under Rainfed and Irrigated Conditions In Southern Italy.
- **SZABO-NAGY A., GALIBA G. et ERDEI L.** , 1992. Induction of Soluble Phosphatases under Ionic and Non-ionic Osmotic Stresses in Wheat. *J. Plant Physiol.* Vol. 140, pp. 629 – 633.
- **TARDIEU F., DREYER F.** , 1997. Régulation des Echanges Gazeux par les Plantes Soumises à la Sécheresse. INRA.
- **TRIKI S., BEN HAMIDA J., P. MAZLIAK.** , Nov – Déc 1997. Etude du métabolisme des lipides de réserve dans la graine de tournesol en maturation. *OLEAGINEUX, CORPS GRAS, LIPIDES* vol 4, Numéro 6, 451 – 458.
- **U.** , 1935.
- **SKIPSKI V. P., R. F. PETERSON et MARION BARCLAY.** , 1964. Quantitative Analysis of Sulfolipids by Thin – Layer Chromatography. *Biochem. J.* 90. , 374 – 377.
- **VERHAEGHE-CARTRYSSE C.** , 09-02-1999. La génétique du colza : passé, présent et futur – Qu'elle composition de l'huile pour quel usage ?, AIGx – Association Royale des Ingénieurs issus de la FuSAGx, pp. 1 -5.
- **VOCANCON A.** , Mars 2006. Evaluation ex ante d'innovations variétales en Pois d'Hiver (*Pisum sativum*) : Approche par Modélisation au niveau de la parcelle et de l'Exploitation Agricole. Thèse de Doc, TNA – PG(Paris – Grenoble).
- **WERNER R.** , 1983. *Essentials of modern biochemistry* . , Boston, 114 – 115.
- **Wikipédia.** , 9.12.1999. Colza (<http://Fr.wikipedia.org/wiki/Colza>)
- **WILLIAMS ET AL.** , 1988. Temperature and fatty acids in *Brassica napus* leaves. *Plant Physiology.* , Vol 88, 905 – 910.
- **WILLIAMS. et al.** , 1983.
- **WRIGHT P. R., MORGAN J. M., et JESSOP R. S.** , 1996. Comparative Adaptation of Canola (*Brassica napus* L.) and Indian Mustard (*B. juncea*) to Soil Water Deficits: Plant Water Relations and Growth. *Field Crops Research* 49, 51 – 64.

- **ZEBOUCHI A. et al.** , 2003. Influence du stress hydrique modéré ou sévère sur la croissance de jeunes plants de *Casuarina glauca* Sieb. Sciences et changements planétaires/Sécheresse. Vol. 14, No. 3, 137-42.

Nom et prénom :

Date : / / . Heure : h/ . Stade :

Site : Température : . Humidité : .

N° de la parcelle	1	2	3
N° de la plante	Teneur en chlorophylle totale		
1			
2			
3			
4			
5			

Nom et prénom:

Site : INPV. Stade:

. Date:

. T°: . Humidité:

N° de la parcelle	1	2	3
--------------------------	----------	----------	----------

Paramètres hydriques	FW	TW	DW	RWC	FW	TW	DW	RWC	FW	TW	DW	RWC
N° de la plante												
1												
2												
3												
4												
5												

$$RWC = (FW - DW) / (TW - DW)$$

BILAN DE PRECIPITATIONS : Oct 2007 – Juin 2008

Jours	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin
1		9.30		G			29.00		
2		0.80		G					
3				0.30					
4									
5						25.10		8.40	
6		0.60				26.50			
7						8.50	0.40		5.00
8						2.70			
9									1.00
10			2.50					16.80	
11			14.80				0.20	7.60	
12			6.90	1.00				5.20	
13	2.20		0.40						
14		4.00	1.70		6.70				
15		4.40	0.90		3.20				
16		4.40	4.90	6.90	1.50				
17		0.20		3.90					
18				2.40				23.40	
19								3.10	
20	4.40							0.50	
21	8.90		1.10						
22	0.20								
23		0.70							
24		0.40							
25	0.50								
26			0.80			6.40			
27						0.30			
28						4.80		6.60	
29	4.60	8.80	77.40						
30	15.30		25.10						
31	0.30					39.70			
Total pluie	36.40	33.60	136.50	14.50	11.40	114.00	29.60	71.60	6.00
Nbr de jours de pluie	8	10	11	5	3	8	3	8	2

Source : Station Régionale de la Protection des Végétaux de la Wilaya de Constantine (S R P V).

Résumé :

Notre plante d'étude est le colza soit *Brassica napus* L. var. *fantasio*, a été sujette à l'étude de nombreux paramètres :

L'étude des paramètres physiologiques : Mesure de chlorophylle, et contenu relatif en eau (RWC) dans des conditions d'irrigation optimales montre une plante à long cycle et résistante à la sécheresse (système racinaire très développé), également l'absence de différences significatives entre nos résultats pour ces deux paramètres et ceux obtenus lors d'une alimentation hydrique déficitaire (étude statistique relative aux moyennes).

L'étude des paramètres morpho-agronomiques nous a permis de mettre en évidence les différents aspects de l'adaptation de la variété *Fantasio* à la sécheresse appliquée dès le stade de floraison jusqu'à la récolte, qui se sont traduis essentiellement, par une réduction significative de la biomasse (hauteur du plant, nombre de ramifications, nombre de siliques/branche, diamètre de la tige, diamètre de la silique, poids de la silique, nombre de grains/silique et le rendement/plant) de l'ordre de 45.84% et par conséquent la chute du rendement (50% en moins) et l'augmentation de l'indice de récolte chez les plantes stressées. Un autre aspect de l'adaptation est la sénescence accélérée des pieds développés en conditions d'irrigation déficitaire.

Le Colza (*Brassica napus* L.) est une plante C16:3 riche en catégories lipidiques différentes à chaque stade de développement. L'étude des paramètres biochimiques nous a permis de mettre en évidence les différentes catégories lipidiques polaires suivantes : Phosphatidyl Choline (PC), Phosphatidyl Ethanolamine (PE), Phosphatidyl Glycérol (PG) et lipides neutres (LN) au début de floraison, et PE, PC, Sphingomyéline (SP), Lyso Phosphatidyl Choline (LPC) et lipides simples en stade G4. En stade Final (G5) ; LPC, SP, PC, Phosphatidyl Inositol (PI), PE, et LN.

Cependant, pour les catégories lipidiques neutres : on a trouvé la PE en stade de floraison, le Triacyl Glycérol (TG), et LPC en stade G4, tandis qu'en stade G5 les plaques CCM ont révélé la présence d'acides gras libres (FFA ; Free Fatty Acids), TG, et Esther Cholestérol (CE).

Mots clés : Colza (*Brassica napus* L. var. *fantasio*), RWC, Chlorophylle, Biomasse, Lipides neutres, Lipides polaires.

Abstract

The plant of our study is rape; *Brassica napus* L. var. *fantasio*, on which several studies were followed:

The study of physiological parameters: measurements of Chlorophyll and RWC in optimal conditions, shows us a plant of a long cycle, and a one that conserve humidity to resist to water stress. Also no differences are observed in comparison of our results and those obtained in stress's conditions.

The study of morpho-agronomic parameters shows us the different aspects of adaptation of this variety to water stress; that are clearly observed in Biomass with 45.84% reduction, in consequence to that, the rent reduced with half and the augmentation of rent indicator in stressed plants. An other type of adaptation have been seen which is the accelerated rate of death (senescence) in stressed plants.

Rape (*Brassica napus* L.) is a C16:3 plant that contains a big variety of fatty categories in each stage of development. The study of biochemical parameters shows us these polar lipid categories founded in leaves: Phosphatidyl Choline PC, Phosphatidyl Glycerol PG, Phosphatidyl Ethanolamin PE, and Neutral lipids NL. However, those founded at G4 stage are: PE, PC, Sphingomyeline SP and Lyso Phosphatidyl Choline LPC. The thin layer Chromatography in stage G5 reveale the presence of: LPC, SP, PC, Phosphatidyl Inositol (PI), PE, and NL. The neutral categories revealed in all these three stages are: PE in leaves, TG and LPC in stage G4, however, those founded in final stage (G5) are: FFA, TG and CE.

Key words: Rape (*Brassica napus* L. var. *fantasio*), RWC, Chlorophyll, Biomass, Neutral lipids, Polar lipids.

ملخص

نبذة الدراسة الحالية هي السلجم : براسيكا نابوس ل. نوع. فنتازيو حيث أجريت حولها دراسة لعدد من المقاييس : دراسة المقاييس الفيزيولوجية : كقياس المحتوى الكلوروفيلي، و المحتوى النسبي من الماء (م ن م) في ظروف ري مثالية اظهرت ان للنبذة دورة حياتية طويلة و انها مقاومة للجفاف، كذلك غياب الفروق المهمة بين نتائج هذان المقياسان و نتائجهما المحصل عليها في ظروف الجفاف (الدراسة الاحصائية للمعدلات)

اما دراسة المقاييس الشكلية – الزراعية فقد سمحت لنا باظهار مختلف اوجه تاقلم النوعية فنتازيو للجفاف المطبق انطلاقا من مرحلة التزهير الى مرحلة الحصاد، التي ترجمت بالحصول على كتلة احيائية منخفضة (طول النبذة – عدد الفروع – عدد الخردليات □ الفرع – قطر الساق – قطر الخردلية – وزن الخردلية – عدد البذور □ الخردلية - المحصول □ النبذة) بنسبة **45,84** بالمئة و نتيجة لذلك انخفاض نسبة المحصول (**50** بالمئة على الاقل) و ارتفاع مؤشر الحصاد للنباتات النامية في ظروف الجفاف. و وجه اخر للتاقلم الا و هو الموت المسرع للنباتات انفة الذكر.

السلجم (براسيكا نابوس ل.) نبذة ك **3:16** غنية بالفئات الدهنية في كل مرحلة من مراحل نموها. دراسة المقاييس البيوكيميائية سمحت لنا بلظهار مختلف الفئت الدهنية القطبية التالية: فوسفاتيديل كولين (ف ك 1)، ف. ايثانول امين (ف ا 1)، ف. جليسيرول (ف ج)، و الدهنيات المحايدة الاستقطاب (د م ا) في بداية التزهير و (ف ا 1)، (ف ك 1)، سفنجومييلين (س ف)، ليزو فوسفاتيديل كولين (ل ف ك) و (د م ا) في المرحلة (خ 4). اما في المرحلة النهائية (خ 5) : (ل ف ك)، (س ف)، (ف ك 1)، (ف ا) و (د م ا).

في حين ان الفئات الدهنية المعتدلة : وجدنا (ف ا) في مرحلة التزهير، ترياسيل جليسيرول (ت ج)، و (ل ف ك) في المرحلة (خ 4)، بينما في المرحلة (خ 5) وجدت الاحماض الدهنية الحرة (ا د ح)، (ت ج) و ف. كوليسترول (ف ك 2).