



## Projet de Fin d'Études

### Licence Sciences & Techniques

### Biotechnologie et Valorisation des Phyto-Ressources

Étude comparative des variétés de colza marocaines en  
présence et en absence de stress hydrique en stade  
post-floraison.

Présenté par : ISSAM CHALKHA

Encadré par :

- Pr. El-Ouazna BOUCHAMMA
- Dr. Abdelghani NABLOUSSI

Soutenu le : 06/07/2021

Devant le jury composé de :

- Dr. Abdelghani NABLOUSSI
- Pr. El-Ouazna BOUCHAMMA
- Pr. Abderrahim LAZRAQ

Année universitaire  
2020/2021

## Dédicace

*Je dédie ce travail :*

*A ma mère, tu es un symbole de bonté, de courage et de responsabilité.*

*Tes prières, ta bénédiction, ta patience et tes sacrifices, étaient pour moi le principal support pour que je puisse arriver à mon but, Que Dieu ait pitié de votre âme pure et vous fasse entrer dans son vaste paradis.*

*A mes amis MARWAN, SOUHAIL, YOUSSEF, DRISS.*

*Et une spéciale dédicace à ma partenaire dans ce travail KAOUTAR , qui a été un fort soutien pour moi dans tout ce travail*

## Remerciements

*Au terme de ce travail, je tiens à exprimer par ces quelques lignes de remerciements ma gratitude envers tous ceux qui grâce à leur présence, leur soutien, leur disponibilité et leurs conseils, j'ai eu le courage d'accomplir ce travail.*

*Je tiens tout d'abord à remercier ALLAH, le tout puissant de m'avoir donné la foi et le courage qui m'ont permis d'accomplir cette étude.*

*Je tiens à remercier vivement Dr. Abdelghani NABLOUSSI, Coordinateur de l'Unité de Recherche d'Amélioration des Plantes et Conservation des Ressources Phytogénétiques au Centre Régional de la Recherche Agronomique de Meknès et responsable du programme d'amélioration des oléagineux annuels, qui m'a consacré beaucoup de temps. Je le remercie pour son accueil au sein de son Unité de Recherche et pour son encadrement au long de la période de la réalisation de ce travail.*

*Également, je tiens à présenter mes sincères reconnaissances au Professeur El-Ouazna BOUCHAMMA, Enseignante à la FSTF, qui a encadrée ce projet de fin d'étude, pour le temps qu'elle m'a consacré, ses conseils et son aide.*

*Je tiens à remercier également Mr. Abderrahim LAZRAQ Professeur à la FST qui a bien voulu accorder une part de son précieux temps pour examiner ce travail. C'est pour moi un grand honneur et un vrai plaisir de présenter mon travail devant lui.*

## Table des matières

Introduction générale.....	1
REVUE BIBLIOGRAPHIQUE .....	3
I. GENERALITES SUR LE COLZA .....	3
1. Systématique .....	3
2. Description morphologique.....	3
3. Origine et répartition géographique .....	5
II. CULTURE DU COLZA .....	5
1. Intérêts de la culture .....	5
2. Exigences écologiques de la culture .....	6
III. Le stress hydrique et le développement de la plante du colza.....	7
1. Le rôle de l'eau dans la plante .....	7
2. Notion de déficit hydrique .....	7
3. Les stades les plus sensibles au stress hydrique chez le colza.....	8
4. Impact du stress hydrique sur la germination et la croissance des plantes de colza :..	9
5. Impact du stress hydrique sur les composantes du rendement.....	9
6. Mécanismes d'adaptation des plantes au stress hydrique .....	9
a) Adaptations morphologiques : .....	10
b) Adaptations physiologiques .....	10
État hydrique de la plante :.....	10
MATERIELS ET METHODES .....	12
I. OBJECTIF DE L'ESSAI .....	12
II. ENVIRONNEMENT DE L'EXPERIMENTATION .....	12
1. Site de l'essai .....	13
2. Données climatiques .....	13
III. MATERIEL VEGETAL.....	13
IV. DISPOSITIF EXPERIMENTAL .....	14
V. PARAMETRES ETUDIES .....	15
1. Paramètres morphologiques.....	15
2. Paramètres physiologiques.....	16
3. Paramètres agronomiques :.....	17
RESULTATS ET DISCUSSION.....	17
I. Comparaison des variétés pour les paramètres morphologiques .....	17

1.	Hauteur de la plante .....	18
2.	Ramification de la plante .....	20
II.	Comparaison des variétés pour les paramètres physiologiques.....	21
1.	Teneur en chlorophylle .....	21
2.	Température foliaire °C.....	23
III.	Comparaison des variétés pour les paramètres agronomiques .....	25
1.	Nombre de siliques par plante (Nsp).....	25
2.	Nombre de graines par silique (Ngp).....	27
3.	Poids de mille graines (PMG).....	30
4.	Rendement général de la plante (g/plante) « Rgp » .....	31
5.	Rendement général 0,6 m <sup>2</sup> (quintaux/hectare) (Rgh) .....	32
	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....	34

## Liste des figures

Figure 1: Inflorescence de colza ( <i>Brassic napus</i> ) .....	4
Figure 2: Origine du colza cultivée <i>B. napus</i> (Nabloussi, 2015). ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 3: Besoins du colza selon ses stades phénologiques(Barhou, 2018). .....	6
Figure 4: Variation des précipitations au Domaine Expérimental Douyet (2020/2021).....	13
Figure 5: Appareil de mesure de la hauteur ‘mètre ruban’ .....	15
Figure 6: Chlorophyllomètre de modèle SPAD-502.....	16
Figure 7: Appareil de mesure de la température de la plante ‘Thermomètre Infra Rouge’ . ....	17
Figure 8: Hauteur moyenne (cm) par plante des 17 variétés étudiées au stade post-floraison.	18
Figure 9: Nombre de rameaux moyen par plante des 17 variétés étudiées. ....	20
Figure 10: Teneur en chlorophylle (SPAD) moyenne par plante des 17 variétés étudiées au stade post-floraison. ....	22
Figure 11 : Température foliaire °C moyenne par plante des 17 variétés étudiées au stade post-floraison.....	24
Figure 12: Le nombre moyen de siliques par plante des 17 variétés étudiées au stade post-floraison.....	26
Figure 13: Le nombre moyen de graines par silique des 17 variétés étudiées au stade post-floraison.....	28
Figure 14: Le poids de mille graines (g) des 17 variétés étudiées au stade post-floraison. ....	30
Figure 15: Le rendement général de la plante chez les 17 variétés étudiées au stade post-floraison (g/p).....	31
Figure 16: Le rendement général 0,6 m <sup>2</sup> (q/h) des 17 variétés étudiées au stade post-floraison.....	33

## Liste des tableaux

Tableau 1: La consommation en eau du Colza aux différents stades de son développement (mm) selon Anonyme (1992). ....	8
Tableau 2: Nom, type variétal et année d’inscription des variétés marocaines étudiées. ....	13
Tableau 3: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour la hauteur de la plante .....	18
Tableau 4: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour la ramification de la plante .....	21
Tableau 5: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour la teneur en chlorophylle (SPAD). ....	22
Tableau 6: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour la température foliaire °C.....	24
Tableau 7: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour le nsp. ....	26
Tableau 8 : Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour le Ngs. ....	28
Tableau 9: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour le PMG. ....	30
Tableau 10: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour le Rgp. ....	32
Tableau 11: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour le Rgh (q/h). ....	34

## Liste des abréviations

<b>B</b>	:	Brassica
°C	:	L'unité d'intervalle du degré Celsius (°C)
<b>g/p</b>	:	gramme par plante
<b>INRA</b>	:	Institut National de la Recherche Agronomique
<b>Nb</b>	:	Nombre
<b>Nsp</b>	:	Nombre de siliques par plante
<b>Ngs</b>	:	Nombre de graines par silique
<b>PMG.</b>	:	Poids de mille graines
<b>TC</b>	:	Teneur en chlorophylle
<b>TF</b>	:	Température foliaire

## Présentation de l'INRA

L'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) est un établissement public dont l'origine monte à 1914 et qui a pour mission d'entreprendre des recherches pour le développement agricole soit dans des laboratoires ou dans des domaines expérimentaux.

L'INRA opère à travers dix centres régionaux de la recherche agronomique et 23 domaines expérimentaux répartis sur le territoire national et couvrant les divers agrosystèmes du pays.



**Disposition des centres régionaux au Maroc**

## Introduction générale

Le colza est une culture oléagineuse très répandue dans le monde, notamment dans les zones à climat tempéré et relativement froid (colza d'hiver) et les zones à climat méditerranéen et relativement chaud (colza de printemps). Il est destinée essentiellement à l'extraction de l'huile à partir de ses graines pour des fins alimentaires et industrielles (Nabloussi, 2015).

Les graines oléagineuses représentent des spéculations qui jouent des rôles multiples. Elles permettent à la fois de produire des huiles, l'une des denrées alimentaires de base dans la consommation humaine, de fournir des tourteaux qui sont des sous-produits riches en protéines nécessaires pour l'alimentation du bétail, notamment pour la volaille industrielle, et de jouer le rôle d'éléments moteurs dans l'implantation d'une infrastructure industrielle de transformation (trituration et raffinage) (Bamouh et *al.* 2001).

Plusieurs études ont montré que, lors d'un déficit hydrique, les plantes adoptent des Stratégies d'adaptation qui diffèrent d'une espèce à une autre et qui font intervenir une large combinaison de facteurs morphologiques, physiologiques et biochimiques (Kettani R. et *al.* 2018 ; Tardieu et *al.* 2018).

Sur la base des paramètres morphologiques dont la hauteur et la ramification, nous essayerons d'évaluer respectivement la performance et l'adaptation aux conditions de stress, ainsi que la précocité de ces génotypes. Et en se focalisant sur des paramètres physiologiques tels que la teneur en chlorophylle, la température foliaire afin de déterminer la capacité de ces génotypes à tolérer les hautes températures et la sécheresse de fin du cycle du développement et pour savoir le potentiel de ces génotypes à réguler l'ouverture et la fermeture de stomates à diverses conditions de stress.

Enfin, les paramètres agronomiques seront analysés tels que le nombre de siliques par plante, nombre de graines par silique et le rendement de la plante, pour caractériser les génotypes les plus précoces et les plus intéressants.

Ce manuscrit se compose de trois parties :

- ♣ Première partie : Étude bibliographique.
- ♣ Deuxième partie : Matériel et méthodes.
- ♣ Troisième partie : Résultats et discussion.

# REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

## I. GENERALITES SUR LE COLZA

Le colza est une plante de la famille des Brassicaceae, anciennement appelée "famille des crucifères". Cet ancien nom provient de la position des éléments du calice et de la corolle disposés en croix. Les fleurs possèdent quatre pétales et autant de sépales. Cette famille contient plus de 3000 espèces réparties en 350 genres (Hebinger et Pinochet, 2013).

### 1. Systématique

La position taxonomique du colza est comme suit : (Hadjer, 2008)

- Embranchement : Spermaphytes
- Classe : Dicotylédones
- Famille : Crucifères (ou Brassicaceae)
- Genre : *Bassica*
- Espèce : *Brassica napus*

### 2. Description morphologique

#### 2.1. Appareil végétatif

Le colza est une plante annuelle, dicotylédone et majoritairement herbacée. L'appareil végétatif du colza se compose de deux systèmes, aérien et racinaire (Boyeldieu, 1991).

- ✓ **Système racinaire** : il s'accroît très rapidement, formant un pivot qui va devenir profond et épais, où la plantule accumule des réserves sur toute sa longueur, le pivot émet de nombreuses racines secondaires.
- ✓ **Système aérien** : il se forme d'une tige rameuse et feuilles glabres. Les feuilles inférieures sont pétiolées et découpées, les supérieures sont lancéolées et entières.

#### 2.2. Appareil reproducteur

Chaque branche de la tige possède une inflorescence (Figure 1), dans laquelle les fleurs sont disposées en grappe et poussent indéfiniment (Barhou, 2018). Le fruit est une gousse (fruit sec semblable à une gousse, sauf qu'il possède une fausse cloison sur laquelle sont

fixées les graines) (Boyeldieu, 1991). Les fleurs de colza sont hermaphrodites et la fécondation se fait principalement par autopollinisation. En moyenne, 70 % d'autofécondation et 30 % de fertilisation croisée sont observés (Bensid, 1984). Après la floraison, chaque fleur poussera en siliques convexes de 5 à 10 cm de long. Les gousses se fissent à maturité et chaque gousse contient environ 20 petites graines riches en huile et en protéine avec des cotylédons jaune foncé. Le diamètre de chaque graine varie de 2 à 2,5 mm et a une teneur en huile différente selon les variétés (Boyeldieu, 1991).

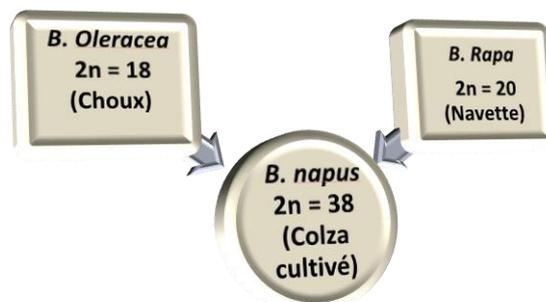


**Figure 1: Inflorescence de colza (Brassic napus)**

### 3. Origine et répartition géographique

Le genre *Brassica* est composé de nombreuses espèces cultivées (Figure 2). Le colza cultivé ( $2n = 38$ , génome AACC) est un hybride naturel entre le chou (*Brassica oleracea*;  $2n = 18$ , génome CC) et la navette (*Brassica rapa*;  $2n = 20$ , génome AA).

**Figure 2 : Origine du colza cultivée *B. napus* (Naboulssi, 2015)**



Le chou est originaire des mers d'Europe occidentale et méridionale et se déplace d'Europe occidentale vers l'Asie orientale. Par conséquent, l'origine du colza peut être l'Europe du sud-ouest ou l'Asie de l'Est.

Bien qu'il n'y ait pas d'espèce sauvage connue de *Brassic napus*. Cela suggère que lorsque deux espèces parentales commencent à être géographiquement proches, l'espèce peut n'apparaître que récemment (Nabloussi, 2015).

## II. CULTURE DU COLZA

C'est une culture oléagineuse largement répandue dans le monde, notamment dans les zones à climat tempéré et relativement froid (colza d'hiver) et les zones à climat méditerranéen et relativement chaud (colza de printemps) (Nabloussi, 2015).

### 1. Intérêts de la culture

La culture du colza est principalement utilisée pour extraire l'huile des graines à des fins alimentaires et industrielles. Sans oublier la farine obtenue après extraction de l'huile, qui contient une quantité importante de protéines et constitue un bon aliment pour le bétail. Vous pouvez également manger des feuilles de colza, ainsi que du navet. La culture du colza a également montré sa capacité à s'adapter à des conditions de croissance et de développement difficiles, car elle a su récupérer et assurer un rendement minimal. Le porte-

greffe principal de cette espèce peut pénétrer à plus d'un mètre sous terre, ce qui permet aux éléments minéraux de remonter à la surface et assure cette capacité de récupération. Lorsque les conditions climatiques sont défavorables pendant certaines périodes critiques, comme la floraison, le colza peut être compensé en doublant ses rameaux ou en augmentant le poids de ses graines en fin de cycle (Nabloussi, 2015).

## 2. Exigences écologiques de la culture

### 2.1. Sol

Le colza aime les sols fertiles, profonds et meubles, qui retiennent un peu d'humidité tout en se drainant bien. Cependant, il peut être cultivé dans de nombreux types de sols (loam sableux fin, loam et argile) (Nabloussi, 2015).

### 2.2. Eau

L'alimentation en eau peut également limiter fortement le rendement du colza. Généralement, le colza, pour accomplir son cycle, exige au minimum 400 mm d'eau par an répartis entre 30% durant la phase levée-début floraison et 70% pendant la période début floraison-maturité (Figure 3) (Barhou, 2018).

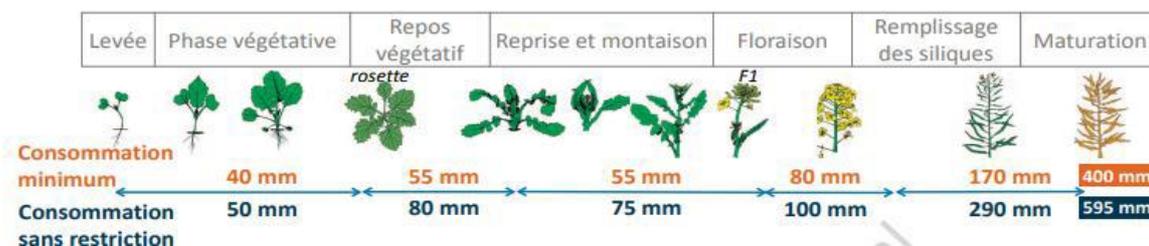


Figure 2: Besoins du colza selon ses stades phénologiques (Barhou, 2018).

### 2.3. Température

La température est le principal facteur conduisant aux changements de rendement. Pour que le colza germe, la température du sol doit être supérieure à 5°C. Lors de la levée des plantules, la température du sol a un impact plus important sur le développement des plantules que la température de l'air (Nabloussi, 2015).

#### **2.4. Nutrition minérale**

Les besoins du colza en éléments minéraux sont importants et restent liés aux objectifs des rendements visés. Cependant, les restitutions sont très grandes et atteignent en moyenne 50 %, 31 % et 91 %, respectivement pour l'azote, le phosphore et la potasse, à condition de restituer les résidus de récolte et les incorporer au sol (Nabloussi, 2015).

### **III. Stress hydrique et le développement de la plante du colza**

#### **1. Rôle de l'eau dans la plante**

L'eau contribue au maintien de la structure de la cellule et en particulier de la structure colloïdale du cytoplasme. Elle est le siège des réactions métaboliques. Elle intervient dans les réactions métaboliques comme l'hydrolyse ou la photosynthèse, elle est donc en ce sens un aliment pour le végétal. Elle permet la turgescence des cellules et par là même des tissus et des organes. Elle véhicule les nutriments minéraux et les produits du métabolisme. Par son rejet dans l'atmosphère sous forme de vapeur, elle emprunte à la plante sa chaleur latente de vaporisation. Elle permet à celle-ci de supporter les rayonnements solaires et les divers échauffements climatiques. L'eau est un élément déterminant pour la croissance des plantes, un déficit hydrique provoque une diminution du contenu relatif en eau (Tomas et al. 2012 ; Megherbi-Benali et al. 2014). Elle constitue donc un facteur limitant non négligeable. Le stress hydrique se traduit par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance de la plante et sa productivité (Megherbi et al. 2012; Kettani, 2008).

#### **2. Notion de déficit hydrique**

Pour définir la diminution de la disponibilité de l'eau et ses effets, les trois notions déficit, contrainte et stress sont souvent utilisées sans distinction. Ces termes recouvrent pourtant des notions bien différentes.

Le déficit hydrique est une notion physique qui n'intègre pas la physiologie de la plante. L'eau disponible pour la plante ne lui permet pas de faire face à la demande évaporatoire (Chaves et Oliveira, 2004). En termes d'alimentation hydrique, la plante est avant tout un milieu de transfert d'eau entre le sol et l'atmosphère. Le déficit hydrique peut provenir de

la faible disponibilité en eau présente dans la fraction de sol prospectée par les racines et/ou d'une demande évaporatoire. (Virlet, 2014).

La contrainte hydrique correspond à un état de la plante où son fonctionnement va être affecté, mais avec un maintien de la turgescence de ses tissus. Elle se traduit par une diminution de la transpiration et par diverses modifications métaboliques (**Simonneau et al. 2014 ; Hochberg et al. 2017**).

Le stress hydrique correspond finalement à une situation où la plante subit une diminution plus prononcée de sa teneur en eau qui va affecter son métabolisme de manière importante. Un stress hydrique apparaît lorsque la demande en eau dépasse la quantité disponible pendant une certaine période du cycle végétatif ou reproducteur chez la plante. Le premier impact du stress hydrique s'observe sur la végétation. La plante met en place des mécanismes d'adaptation pour rééquilibrer son statut hydrique (Kettani, 2018).

### **3. Stades les plus sensibles au stress hydrique chez le colza**

Le colza a une phase sensible à la sécheresse, qui se produit des deux côtés pendant la floraison et le remplissage des gousses, affectant le poids et la teneur en huile des graines. Le tableau 1 indiquant les besoins du colza en eau dans les différents stades (Merrien 1984). La période la plus sensible à la sécheresse qui affecte négativement le poids des graines est du stade du bouton floral à la fin de la floraison, tandis que la période la plus sensible à la teneur en huile va de la floraison à la maturité des graines.

**Tableau 1: Consommation en eau du Colza aux différents stades de son développement (mm) selon Anonyme (1992).**

Stades de développement	Consommation d'eau minimum (mm)	Consommation d'eau maximum (mm)
Du semis à la reprise	95	130
De la reprise au début de floraison	55	75
Pendant la floraison	80	100
De la fin de floraison à la maturité	170	290

#### **4. Impact du stress hydrique sur la germination et la croissance des plantes de colza**

Le stress hydrique affecte également le premier stade critique et sensible du cycle de vie de la plante, à savoir la germination. Une humidité insuffisante du sol entraîne une germination irrégulière des graines et une émergence ou levée non synchronisée des plantules. Cela conduit à de faibles peuplements et à des rendements réduits (Palliotti et *al.* 2000 ; Ye et *al.* 2016). Cela peut également être dû à une hydratation insuffisante des graines, car le potentiel osmotique est supprimé, entraînant une inhibition du mécanisme qui provoque la sortie de la radicule, retardant ainsi la germination des graines (Bauerle. 2008). D'après les résultats des recherches de germination et de croissance de jeunes plantules de certaines variétés de colza, il y a des différences significatives entre les différentes variétés de colza de l'INRA. Les variétés "INRACZH2" et "INRA-CZH3" se sont montrées plus tolérantes que les autres variétés en termes de germination sous conditions de sécheresse. Par conséquent, ces deux variétés peuvent être recommandées pour une utilisation dans des environnements semiarides avec des sécheresses fréquentes au début du cycle de la culture (Channaoui et *al.* 2017).

#### **5. Impact du stress hydrique sur les composantes du rendement**

Comme de nombreuses espèces, le rendement du colza est étroitement lié au nombre de graines formées par mètre carré. Le nombre variable de fleurs à l'origine de la graine explique une grande partie de la variation du nombre de graines. Par conséquent, il est étroitement lié au nombre d'inflorescences placées. La période de formation des graines de colza est très variable (Jeuffroy et *al.* 2006). La croissance des racines est réduite en cas de stress hydrique, mais le degré de réduction est inférieur à celui de la partie aérienne (Ramanjulu et *al.* 2002). Les résultats des recherches menées en Iran montrent que l'interaction des niveaux et des stades de stress hydrique affectent significativement le nombre de siliques par plante, avec une baisse qui peut atteindre 50 % (BirunAra, 2011). Merrin (1996) a souligné que le nombre de graines par plante est la composante la plus importante du colza affecté par le stress hydrique. Ce constat a été confirmé par de multiples études (Boonjung, 1996 ; Kumar, 1998 ; Shekari, 2001).

#### **6. Mécanismes d'adaptation des plantes au stress hydrique**

La résistance d'une plante au stress hydrique peut être déterminée, physiologiquement, par sa capacité à survivre et à s'adapter, et d'un point de vue agricole, en obtenant une performance supérieure à celle des plantes sensibles (Migherbi-Benali et al. 2014).

#### **a) Adaptations morphologiques :**

L'effet d'un stress hydrique peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou variété, par des modifications morphologiques pour augmenter l'absorption d'eau et/ou pour diminuer la transpiration. Ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine (Bauerle et al 2008 ; Coupel-Ledru et al. 2014, Bentamer, 2018).

- **Partie aérienne (surface foliaire)**

Sous l'effet du stress hydrique, la capacité remarquable de certaines variétés à limiter la réduction de son potentiel hydrique en cas de contrainte hydrique a été largement signalée (Kettani, 2008 ; Baris et al. 2011 ; Toumi et al. 2014).

A noter aussi une diminution de l'indice foliaire qui permet d'atténuer les effets de la diminution de la disponibilité de l'eau dans des conditions d'un stress (Kettani, 2008 ; Simonneau et al. 2014).

- **Partie souterraine (racine)**

Un système racinaire capable d'extraire les eaux souterraines sera une caractéristique essentielle de l'adaptation à l'épuration. Cette caractéristique est particulièrement importante pour les cultures qui subissent régulièrement des déficits d'eau faibles pendant le cycle de croissance (El Fakhri et al. 2010 ; Cramer,2013). En outre, l'eau entre dans la constitution constante de la plante. Par conséquent, toute perturbation de l'état de l'eau de la cellule provoque des conséquences pour la continuité normale de la vie végétale.

#### **b) Adaptations physiologiques**

- **État hydrique de la plante :**

Le maintien d'un potentiel hydrique élevé est lié à l'aptitude à extraire de l'eau du sol et à la capacité à limiter les pertes d'eau par transpiration (Kettani, 2008 ; Simonneau et *al.* 2014). La TRE (teneur relative en eau) constitue un paramètre important, il est utilisé comme indicateur de l'état hydrique de la plante en conditions de stress. La réduction de l'absorption de l'eau est le résultat de la diminution de la teneur en eau au niveau des tissus, et par suite, la perte de la turgescence.

De même, le déficit hydrique réduit la photo-assimilation et les métabolites nécessaires à la division cellulaire (Muller et *al.* 2010).

- **Régulation stomatique :**

Réduire les pertes d'eau en fermant le stomate est un moyen d'adapter les plantes à la sécheresse. Cette diminution de la transpiration peut entraîner une diminution de la photosynthèse. Ainsi, les génotypes à capacité photosynthétique intrinsèque moins affectée par la carence en eau présentent une utilisation plus efficace de l'eau (photosynthèse/transpiration) et une plus grande viabilité (Assman et *al.*, 2000). La perte d'eau par transpiration se produit principalement à travers les pores des stomates qui imprègnent l'épiderme des feuilles, uniquement sur leur face inférieure, dite hypostomatique, et les deux cellules de garde qui bordent la sortie des stomates peuvent être contrôlées. Les différences de potentiel hydrique des feuilles causées par le chargement ou le déchargement de soluté sur les cellules protectrices en raison du séchage du sol ou de l'air (réaction hydraulique), ou différents signaux chimiques régulant l'activité des ionophores influencent les « réactions biochimiques ». (Boso et *al.* 2011).

## **MATERIEL ET METHODES**

### **I. OBJECTIF DE L'ESSAI**

L'objectif de ce travail est de comparer le comportement de 17 variétés de colza en absence et en présence de stress hydrique, en étudiant certains paramètres morphologiques, physiologiques et agronomiques.

### **II. ENVIRONNEMENT DE L'EXPERIMENTATION**

## 1. Site de l'essai

Cette étude a été menée dans une parcelle en plein champ dans le domaine expérimental de "Douyet". Le site expérimental est géographiquement situé à 34°04'N, 5°07'W. Il s'agit d'un domaine expérimental implanté en zone Bour favorable de la plaine du Sais (Province de Moulay Yaacoub-Wilaya de Fès-Meknès). Il se situe à une altitude de 416m, sur une superficie totale est de 440 ha.

## 2. Données climatiques

La figure ci-dessous, illustre la variation des précipitations (durant neuf mois pour l'année 20/21).

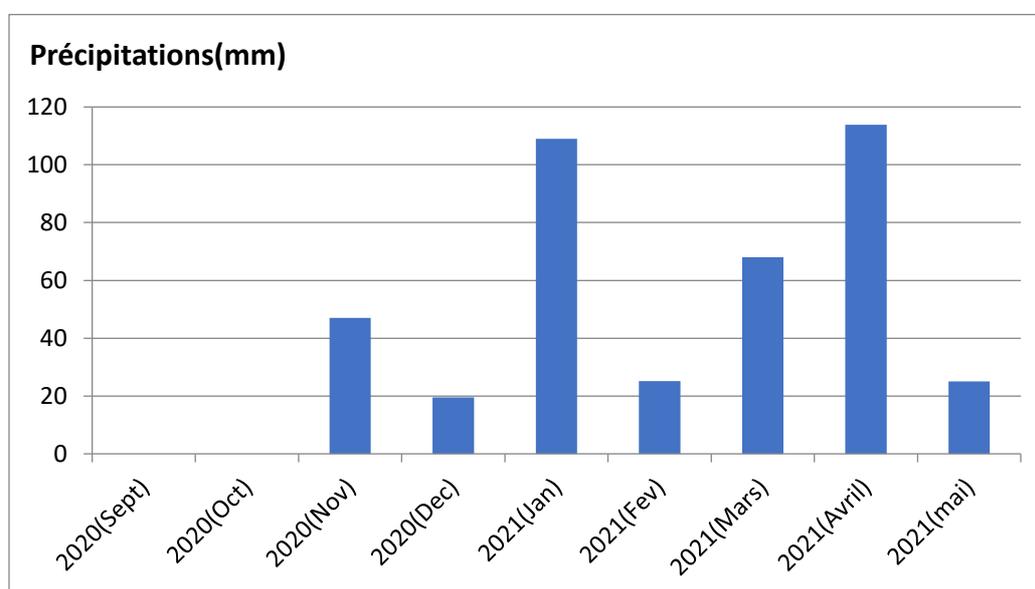


Figure 3: Variation des précipitations à Domaine expérimental Douyet (2020/2021).

## III. MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal de notre expérimentation est constitué de dix-sept génotypes de colza, dont neuf variétés d'origine marocaine (Moufida, Adila, Narjisse, Baraka, Alia, Lila.), deux variétés d'origine australienne, deux variétés indiennes, trois lignées mutantes et un hybride commercial (Tableau 2) :

Tableau 2: Nom, type variétal et année d'inscription des variétés marocaines étudiés.

Variété	Type variétale	Année d'inscription
Narjisse	Lignée développée par sélection généalogique	2008

<b>Moufida</b>	<b>Lignée développée par sélection pédigrée</b>	<b>2009</b>
<b>Lila</b>	<b>Variété synthétique</b>	<b>2015</b>
<b>Adila</b>	<b>Variété synthétique</b>	<b>2015</b>
<b>Alia</b>	<b>Lignée développée par sélection généalogique</b>	<b>2017</b>
<b>Baraka</b>	<b>Lignée développée par sélection généalogique</b>	<b>2018</b>

#### IV. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

L'essai est conduit en conditions irriguées et non irriguées, avec deux blocs pour chaque traitement. Chaque génotype est représenté par deux lignes continues de cinq mètres de longueur espacées de 60 cm. Un échantillon de trois plantes par génotype prises au hasard a été considéré pour déterminer les différents paramètres étudiés. La figure 5 montre le plan de l'essai en question, nous avons pris comme témoin la variété « Narjisse ».

#### ♣ Bloc 1 avec irrigation :

Répétition 1 :

Traper	Baraka	IND 23	IND 82	Moufida	NAP 10	NAP 9	TP 2	Adila	Lila	Alia	Narjisse	TC1-7	K/F	289/I//K	K/409	TC3-1
--------	--------	--------	--------	---------	--------	-------	------	-------	------	------	----------	-------	-----	----------	-------	-------

Répétition 2 :

Adila	289/I//K	Adila	TC3-14	TC1-7	Traper	TC1-7	Narjisse	Baraka	NAP 9	NAP 10	IND 23	K/409	Moufida	TP 2	Alia	
-------	----------	-------	--------	-------	--------	-------	----------	--------	-------	--------	--------	-------	---------	------	------	--

## ♣ Bloc 2 sans irrigation :

### Répétition 1 :

Traper	Baraka	IND 23	IND 82	Moufida	NAP 10	NAP 9	TP 2	Adila	Lila	Alia	Narjisse	TC1-7	K/F	289/J//K	K/409	TC3-
--------	--------	--------	--------	---------	--------	-------	------	-------	------	------	----------	-------	-----	----------	-------	------

### Répétition 2 :

Traper	Baraka	IND 23	IND 82	Moufida	NAP 10	NAP 9	TP 2	Adila	Lila	Alia	Narjisse	TC1-7	K/F	289/J//K	K/409	TC3-
--------	--------	--------	--------	---------	--------	-------	------	-------	------	------	----------	-------	-----	----------	-------	------

### Dispositif expérimental adopté.

## V. PARAMETRES ETUDIÉS

Différents paramètres morphologiques, physiologiques et agronomiques ont été évalués, et mesurés.

### 1. Paramètres morphologiques

Pour avoir une idée sur la morphologie des plantes, deux paramètres (Hauteur, ramification) sont mesurés et évalués :

#### 1.1. Hauteur de la plante :

La mesure de la hauteur a concerné la partie de la plante située depuis le collet jusqu'à la limite du bourgeon apical de la tige principale.

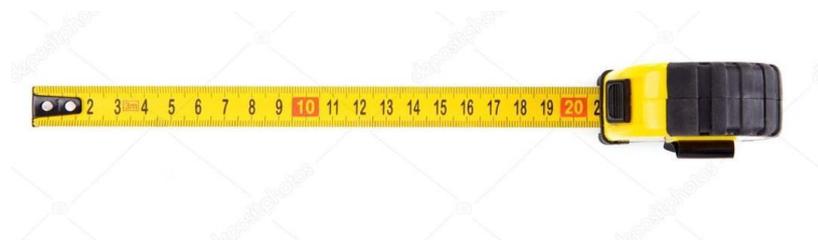


Figure 4: Appareil de mesure de la hauteur 'mètre ruban'

#### 1.2. Ramification :

Le comptage des branches est fait pour chaque plante et ne concerne que les branches principales.

## **2. Paramètres physiologiques**

Pour avoir une idée sur le comportement physiologique des plantes, deux paramètres sont mesurés, à savoir la teneur en chlorophylle et la température foliaire.

### **1.3. Teneur en chlorophylle :**

Pour mesurer la chlorophylle au stade adulte de différentes plantes, nous avons utilisé un chlorophyllomètre. Cet appareil détermine la teneur totale en chlorophylle (en plus de la chlorophylle a et b, d'autres types de chlorophylle sont inclus). Trois mesures sont prises au niveau de la feuille en trois points différents (haut, milieu et bas). Enfin, la moyenne des trois valeurs (unité : SPAD) est affichée à l'écran.



**Figure 5: Chlorophyllomètre de model SPAD-502.**

### **1.4. Température foliaire :**

La température des plantes est mesurée à l'aide d'un appareil 'Thermomètre Infra Rouge' (Figure 8).



**Figure 6: Appareil de mesure de la température de la plante ‘Thermomètre Infra Rouge’.**

### **3. Paramètres agronomiques :**

Pour avoir une idée sur le comportement agronomique des génotypes, les paramètres nombre de siliques par plantes, nombre de graines par silique, poids de mille graines et le rendement par plante sont mesurés. Ces deux derniers paramètres ont été déterminés en utilisant une balance de précision.

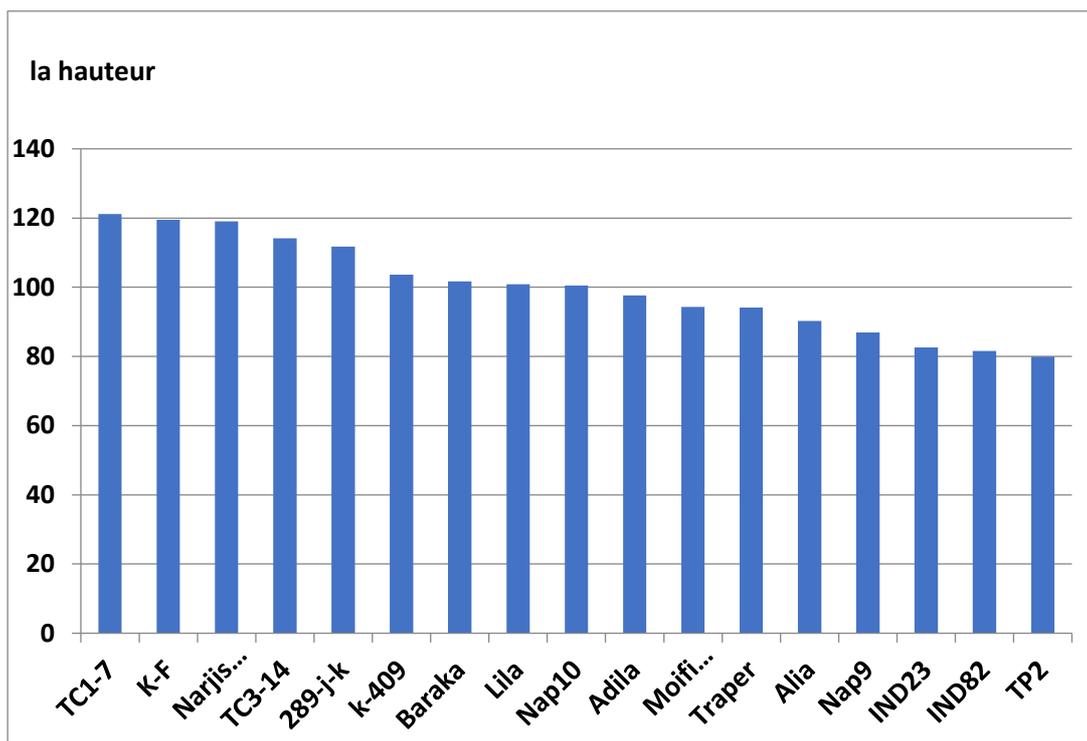
## **RESULTATS ET DISCUSSION**

### **I. Comparaison des paramètres morphologiques des variétés étudiées**

## 1. Hauteur de la plante

L'ensemble des variétés étudiées a exprimé une différence très hautement significative en termes de hauteur de la plante au stade post-floraison ( $P < 0,0001$ ). Les variétés ont enregistré la valeur moyenne de la hauteur de la plante de l'ordre de 99,93 cm.

La figure 8 présente la variation génotypique de la hauteur de la plante au stade post-floraison.



**Figure 7: Hauteur moyenne (cm) par plante des 17 variétés étudiées au stade post-floraison.**

En plus, La plus haute valeur attribuée à la variété témoin TC1-7 avec une hauteur moyenne de 121,11 cm, suivie de la variété K-F avec une valeur de 119,5 cm.

Les dernières variétés sont naines, avec une hauteur qui varie entre 81,53 cm pour la variété IND82 et 79,91 cm pour la variété TP2.

Il est important de noter que le taux global du bloc irrigué (Traitement 1 = 103,19) est supérieur au taux global non irrigué (Traitement 2 = 96,67), il convient également de noter qu'il existe certaines variétés "Nap9, TC1-7, TP2" appartenant au bloc non irrigué qui ont une plus grande hauteur que ceux qui ont dans le bloc irrigué (Traitement 1).

**Tableau 3: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour la hauteur de la plante**

<b>Groupe homogène</b>	<b>Composition</b>	<b>Moyenne (cm)</b>
<b>A</b>	<b>TC1-7, K-F, Narjisse</b>	<b>119,87</b>
<b>AB</b>	<b>TC3-14</b>	<b>114,16</b>
<b>ABC</b>	<b>289/J//K</b>	<b>111,75</b>
<b>BCD</b>	<b>K-409</b>	<b>103,66</b>
<b>CDE</b>	<b>Baraka, Lila, Nap10</b>	<b>100,66</b>
<b>EDF</b>	<b>Adila</b>	<b>97,66</b>
<b>EDFG</b>	<b>Moufida, Traper</b>	<b>94,25</b>
<b>EFGH</b>	<b>Alia</b>	<b>90,25</b>
<b>FGH</b>	<b>Nap 9</b>	<b>86,91</b>
<b>GH</b>	<b>IND23, IND82</b>	<b>82,083</b>
<b>H</b>	<b>TP2</b>	<b>79,91</b>

La comparaison des moyennes présente 11 groupes homogènes (Duncan) pour ce caractère.

- Le groupe A contient TC1-7, K-F, et Narjisse dont la hauteur moyenne est de l'ordre de 119,87 cm.
- Le groupe AB composé uniquement de la variété TC3-14 avec une moyenne de l'ordre 114,16 cm.
- Le groupe ABC contient une seule variété 289/J//K avec une moyenne de l'ordre 111,75 cm.
- Le groupe BCD contient une seule variété K-409 avec une hauteur moyenne de l'ordre 103,66 cm.
- Le groupe CDE composé par Trois variétés Baraka, Lila, Nap10 dont la hauteur moyenne de l'ordre 100,66 cm.
- Le groupe EDF contient une seule variété Adila avec une hauteur moyenne 97,66 cm.
- Le groupe EDfg constitue par Deux variété Moufida, Traper avec une moyenne de l'ordre de 94,25 cm.
- Le groupe EFGH composé uniquement de la variété Alia avec une moyenne de l'ordre 90,25 cm.
- Le groupe FGH constitue par une seule variété Nap 9 avec une moyenne de l'ordre de 86,91cm.

- Le groupe GH constitue par Deux variétés IND23, IND82 avec une moyenne de l'ordre de 82,083cm.
- Le groupe H composé uniquement de la variété TP2 avec une moyenne de l'ordre 79,91 cm.

## 2. Ramification de la plante

Les résultats de l'analyse de la variance ont indiqué l'existence d'un effet hautement significatif de la variété sur le nombre de ramification principales par plante ( $p < 0,0002$ ).

De plus, le nombre de ramification moyen de 17 variétés a été de l'ordre de 7,941.

La figure 9 présente la variation phénotypique de la ramification de la plante au stade post-floraison.

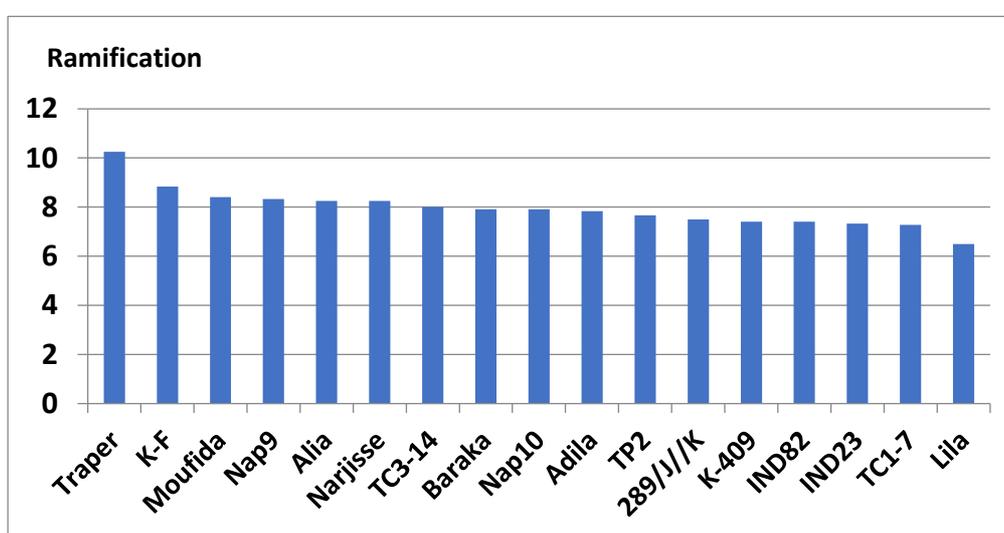


Figure 8: Nombre de rameaux moyen par plante des 17 variétés étudiées.

La variété Traper est la plus ramifiée avec une moyenne de 10 rameaux par plante, tandis que la ramification la plus faible est enregistrée chez la variété Lila, avec une moyenne de 6 rameaux par plante. Pour les autres variétés sont intermédiaires avec un nombre moyen variant de 7 à 9 rameaux par plante.

Il est important de noter que le taux global du bloc irrigué (Traitement 1 =8,4) est supérieur au taux global non irrigué (Traitement 2 =7,4), il convient également de noter qu'il existe certaines variétés "Adila, Baraka, TC1-7, TP2, Traper" appartenant au bloc non irrigué qui ont un plus grand nombre de rameaux que ceux qui ont dans le bloc irrigué (Traitement 1).

Le tableau cinq résume les groupes homogènes (Duncan) ressortis pour ce caractère.

**Tableau 4: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour la ramification de la plante**

<b>Groupe homogène</b>	<b>Composition</b>	<b>Moyenne</b>
<b>A</b>	<b>Traper</b>	<b>10</b>
<b>AB</b>	<b>K-F</b>	<b>9</b>
<b>BC</b>	<b>Moufida , Nap9 , Alia, Narjisse, TC3-14, Baraka, Nap10, Adila, TP2, 289/J//K, K-409, IND82, IND23,TC1-7</b>	<b>7,5</b>
<b>C</b>	<b>Lila</b>	<b>6</b>

La comparaison des moyennes présente Quatre groupes homogènes (Duncan) pour ce paramètre.

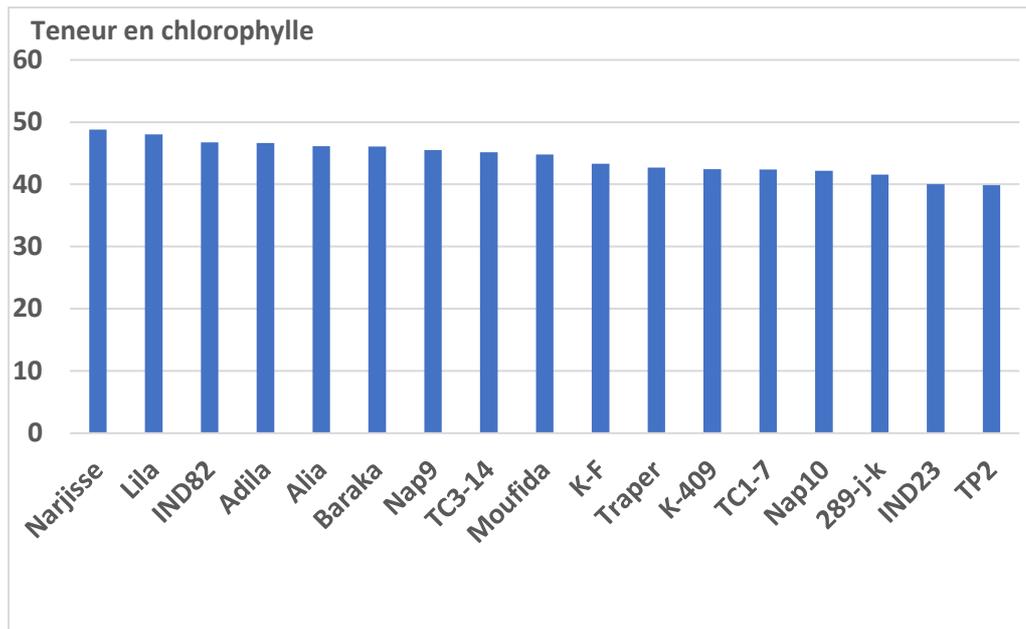
- Le groupe A composé uniquement de la variété Traper avec une moyenne de l'ordre 10 rameaux.
- Le groupe B constitue par une seule variété K-F avec une moyenne de l'ordre de 9 rameaux.
- Le groupe BC composé par 14 variétés Moufida, Nap9, Alia, Narjisse, TC3-14, Baraka, Nap10, Adila, TP2, 289/J//K, K-409, IND82, IND23, TC1-7 dont la ramification moyenne de l'ordre 7,5 rameaux.
- Le groupe C contient la variété Lila avec une moyenne de l'ordre de 6 rameaux.

## **II. Comparaison des variétés pour les paramètres physiologiques**

### **1. Teneur en chlorophylle**

L'ensemble des variétés étudiées a exprimé une différence très hautement significative en termes de chlorophylle ( $P < 0,0001$ ). Les variétés ont enregistré la valeur moyenne de TC de la plante de l'ordre de 44,19 SPAD.

La figure 10 présente la variation phénotypique de la teneur en chlorophylle de la plante au stade post-floraison.



**Figure 9: Teneur en chlorophylle (SPAD) moyenne par plante des 17 variétés étudiées au stade post-floraison.**

La plus haute valeur attribuée à la variété témoin dans notre travail Narjisse avec une moyenne de 48,81 (SPAD) suivie de la variété Lila avec une valeur de 48,05 SPAD.

Les dernières variétés sont naines, avec une moyenne qui varie entre 40,02 SPAD pour la variété IND23 et 39,96 SPAD pour la variété TP2.

Il est important de noter que le taux global du bloc irrigué (Traitement 1 =47,57 SPAD) est supérieur au taux global non irrigué (Traitement 2 =40,81).

Le tableau suivant résume les groupes homogènes (Duncan) ressortis pour ce caractère.

**Tableau 5: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour la teneur en chlorophylle (SPAD).**

Groupe homogène	Composition	Moyenne (SPAD)
<b>A</b>	<b>Narjisse</b>	<b>48,81</b>
<b>AB</b>	<b>Lila</b>	<b>48,05</b>
<b>ABC</b>	<b>IND23, Adila</b>	<b>46,69</b>
<b>CB</b>	<b>Alia,Baraka</b>	<b>46,1</b>
<b>CD</b>	<b>Nap9, TC3-14</b>	<b>45,33</b>
<b>CDE</b>	<b>Moufida</b>	<b>44,81</b>
<b>DEF</b>	<b>K-F</b>	<b>43,33</b>

<b>EF</b>	<b>Traper</b>	<b>42,7</b>
<b>F</b>	<b>K-409, TC1-7, Nap10</b>	<b>42,35</b>
<b>FG</b>	<b>289/J//K</b>	<b>41,57</b>
<b>G</b>	<b>IND23, TP2</b>	<b>39,94</b>

La comparaison des moyennes présente 11 groupes homogènes (Duncan) pour ce caractère.

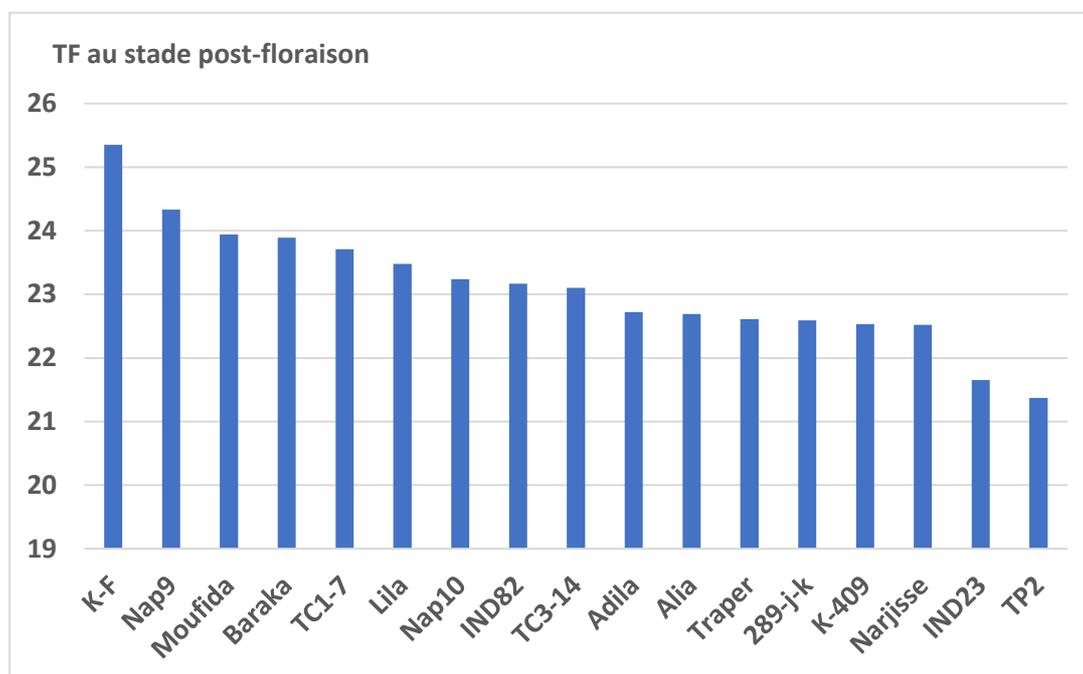
- Le groupe A composé uniquement de la variété Narjisse avec une moyenne de l'ordre 48,81 SPAD.
- Le groupe AB contient une seule variété Lila avec une moyenne de l'ordre 48,05 SPAD.
- Le groupe ABC constitue par Deux variétés IND23, Adila avec une moyenne de l'ordre de 46,69 SPAD.
- Le groupe CB contient aussi Deux variétés Alia, Baraka avec une moyenne de l'ordre 46,1 SPAD.
- Le groupe CD composé par Deux variétés Nap9, TC3-14 dont la moyenne de l'ordre 45,33 SPAD.
- Le groupe CDE contient une seule variété Moufida avec une moyenne 44,81 SPAD.
- Le groupe DEF composé uniquement de la variété K-F avec une moyenne de l'ordre de 43,33 SPAD.
- Le groupe EF composé aussi uniquement de la variété Traper avec une moyenne de l'ordre 42,7 SPAD.
- Le groupe F contient Trois variétés K-409, TC1-7, Nap10 avec une moyenne de l'ordre de 42,35 SPAD.
- Le groupe FG constitue par une seule variété 289/J//K avec une moyenne de l'ordre de 41,57 SPAD.
- Le groupe G composé par Deux variétés IND23, TP2.

## **2. Température foliaire°C.**

L'ensemble des variétés étudiées a exprimé une différence très hautement significative en termes de hauteur de la plante au stade post-floraison ( $P < 0,0002$ ).

Les variétés ont enregistré la valeur moyenne de la température foliaire de la plante de l'ordre de 23,04°C.

La figure 11 présente la variation phénotypique de la température foliaire °C de la plante au stade post-floraison.



**Figure 10 : Température foliaire °C moyenne par plante des 17 variétés étudiées au stade post-floraison.**

La plus haute valeur appartient à la variété K-F avec une moyenne de 25,35 °C, suivie de la variété Nap9 avec une valeur de 24,33 °C.

De plus, La valeur la plus faible est enregistrée chez la variété TP2 avec une valeur de 21,37 °C.

Le tableau Six résume les groupes homogènes (Duncan) ressortis pour ce caractère.

**Tableau 6: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour la température foliaire °C.**

Groupe homogène	Composition	Moyenne °C
A	K-F	25,35
AB	Nap9, Moufida, Baraka, TC1-7	23,96
ABC	Lila	23,48

<b>BCD</b>	<b>Nap10, IND82, TC3-14, Adila,Alia ,Traper,289/J //K, K-409, Narjisse</b>	<b>22,79</b>
<b>CD</b>	<b>IND23</b>	<b>21,65</b>
<b>D</b>	<b>TP2</b>	<b>21,37</b>

La comparaison des moyennes présente Six groupes homogènes (Duncan) pour ce caractère.

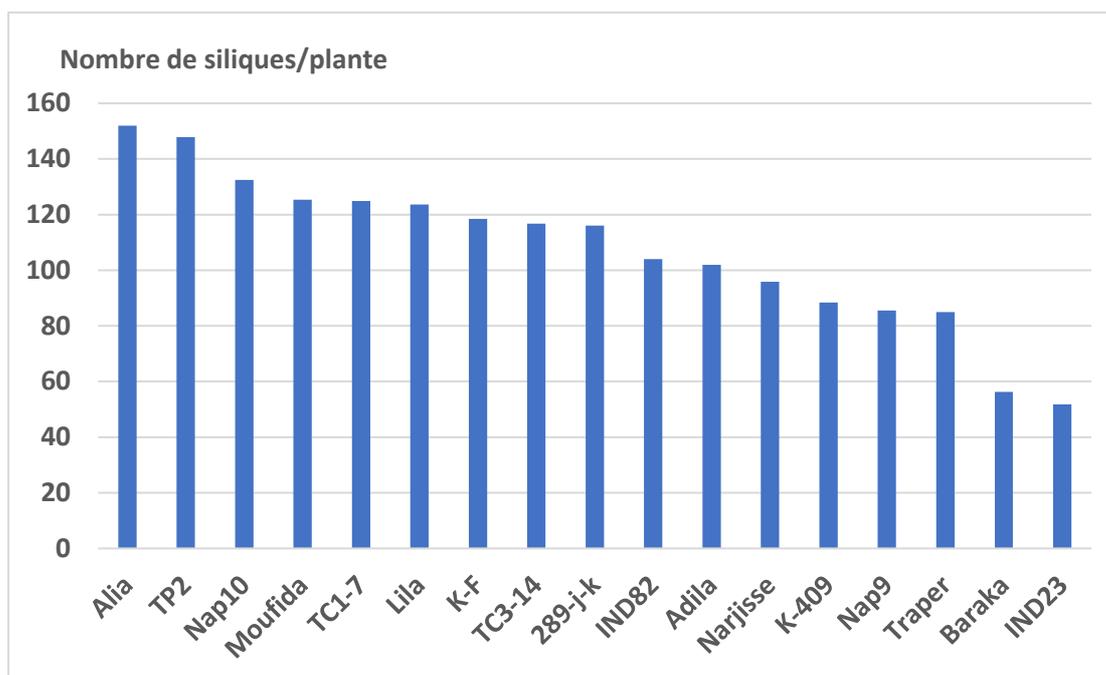
- Le groupe A composé uniquement de la variété K-F avec une moyenne de l'ordre 25,35 °C.
- Le groupe AB constitue par Quatres variétés Nap9, Baraka, TC1-7, Moufida avec une moyenne de l'ordre de 23,96 °C.
- Le groupe ABC contient une seule variété Lila avec une moyenne de 23,48 °C.
- Le groupe BCD composé par Neuf variétés Nap10, TC3-14, IND82, Adila, Alia, Traper ,289/J//K, K-409, Narjisse dont la moyenne de l'ordre 22,79 °C.
- Le groupe CD contient une seule variété IND23 avec une moyenne de °C.
- Le groupe D contient aussi une seule variété TP2 avec une moyenne de 21,37 °C.

### **III. Comparaison des variétés pour les paramètres agronomiques**

#### **1. Nombre de siliques par plante (Nsp)**

Les résultats de l'analyse de la variance ont indiqué l'existence d'un effet hautement significatif de la variété sur le nombre de siliques par plante ( $p < 0,0001$ ). De plus, le nombre de siliques/plante moyen de 17 variétés a été de l'ordre de 106,95.

La figure 12 présente la variation phénotypique du nombre de siliques plante au stade post-floraison.



**Figure 11: Le nombre moyen de siliques par plante des 17 variétés étudiées au stade post-floraison.**

La plus haute valeur appartient à la variété Alia avec une moyenne de 151,92 suivie de la variété TP2 avec une valeur de 147,87.

Pour Les variétés ont les valeurs les plus basses, on trouve Baraka et IND23 qui ont respectivement les valeurs 56,25 et 51,57.

Il est important de noter que le taux global du bloc irrigué (Traitement 1 =138,38) est supérieur au taux global non irrigué (Traitement 2 =75,53), il convient également de noter qu'il existe Deux variétés "Moufida, Baraka " appartenant au bloc non irrigué qui ont un plus grand nombre de siliques/plante que ceux qui ont dans le bloc irrigué (Traitement 1).

Le tableau suivant résume les groupes homogènes (Duncan) ressortis pour ce paramètre.

**Tableau 7: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour le nsp.**

Groupe homogène	Composition	Moyenne
<b>A</b>	<b>Alia, TP2, Nap10</b>	<b>144,05</b>
<b>AB</b>	<b>Moufida, TC1-7, Lila, K-F, TC3-14 ,289/J/K, IND82, Adila, Narjisse, K-409, Nap9, Trapper</b>	<b>107,14</b>
<b>B</b>	<b>Baraka, IND23</b>	<b>54</b>

La comparaison des moyennes présente Trois groupes homogènes (Duncan) pour ce caractère.

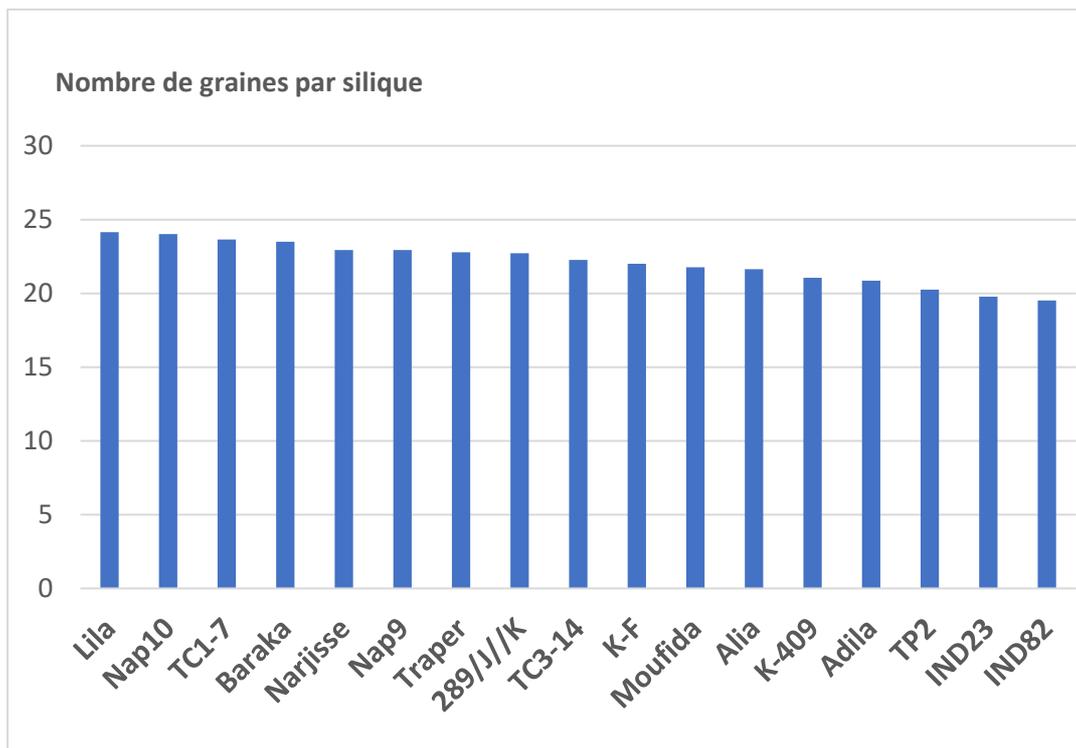
- Le groupe A composé par Trois variétés Alia, TP2, Nap10 dont la moyenne de l'ordre 144,05.
- Le groupe AB constitue par Douze variétés Moufida, TC1-7, Lila, K-F, TC3-14, 289/J/K, IND82, Adila, Narjisse, K-409, Nap9, Trapper, avec une moyenne de l'ordre de 107,14.
- Le groupe B contient Deux variétés Baraka et IND23 avec une moyenne de 23,48.

## **2. Nombre de graines par silique (Ngp)**

L'ensemble des variétés étudiées a présenté une différence très hautement significative en termes de Ngp au stade post-floraison ( $P < 0,0013$ ).

Les variétés ont enregistré la valeur moyenne du nombre de graines par silique de la plante de l'ordre de 22,05.

La figure 13 présente la variation génotypique du nombre de graines par silique de la plante au stade post-floraison.



**Figure 12: Le nombre moyen de graines par silique des 17 variétés étudiées au stade post-floraison.**

La variété Lila présente la valeur la plus élevée avec une moyenne de 24,15, tandis que la valeur la plus faible est enregistrée chez la variété IND82, avec une moyenne de 19,15. Pour les autres variétés sont intermédiaires avec un nombre moyen variant de 19,79 à 24,017.

Il est important de noter que le taux global du bloc irrigué (Traitement 1 = 22,69) est supérieur au taux global non irrigué (Traitement 2 = 21,42), il convient également de noter qu'il existe plusieurs variétés "Adila, Baraka, TC1-7, TP2, TC3-14, Alia, Moufida, IND23, Nap10, Narjisse" appartenant au bloc non irrigué qui ont un plus grand nombre de graines/s que ceux qui ont dans le bloc irrigué (Traitement 1).

Le tableau suivant résume les groupes homogènes (Duncan) ressortis pour ce caractère.

**Tableau 8 : Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour le Ngs.**

Groupe homogène	Composition	Moyenne
<b>A</b>	<b>Lila</b>	<b>24,15</b>
<b>AB</b>	<b>Nap10</b>	<b>24,07</b>
<b>ABC</b>	<b>TC1-7, Baraka</b>	<b>23,56</b>
<b>ABCD</b>	<b>Narjisse, Nap9</b>	<b>22,93</b>

<b>ABCDE</b>	<b>Traper, 289/J//K</b>	<b>22,74</b>
<b>ABCDEF</b>	<b>TC3-14, K-F, Moufida, Alia</b>	<b>21,92</b>
<b>BCDEF</b>	<b>K-409</b>	<b>21,05</b>
<b>CDEF</b>	<b>Adila</b>	<b>20,66</b>
<b>EFD</b>	<b>TP2</b>	<b>20,26</b>
<b>EF</b>	<b>IND23</b>	<b>19,79</b>
<b>F</b>	<b>IND82</b>	<b>19,51</b>

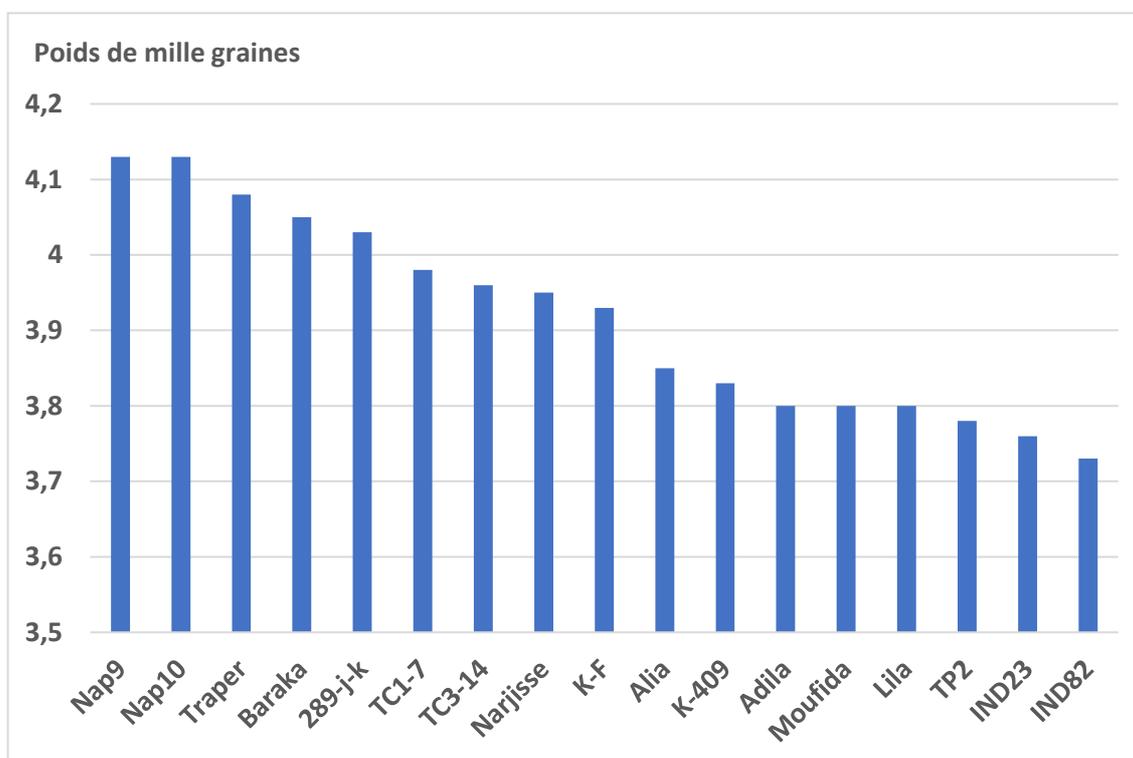
La comparaison des moyennes présente 11 groupes homogènes (Duncan) pour ce paramètre.

- Le groupe A composé uniquement de la variété Lila avec une moyenne de l'ordre 24,15.
- Le groupe AB contient une seule variété Lila avec une moyenne de l'ordre 24,07.
- Le groupe ABC constitue par Deux variétés TC1-7, Baraka avec une moyenne de l'ordre de 23,56.
- Le groupe ABCD contient aussi Deux variétés Narjisse, Nap9 avec une moyenne de l'ordre 22,93.
- Le groupe ABCDE composé par Deux variétés Traper, 289/J//K dont la moyenne de l'ordre 22,74.
- Le groupe ABCDEF contient Quatre variétés TC3-14, K-F, Moufida, Alia avec une moyenne de l'ordre 21,92.
- Le groupe BCDEF composé uniquement de la variété K-409 avec une moyenne de l'ordre de 21,05.
- Le groupe CDEF composé aussi uniquement d'une seule variété Adila avec une moyenne de l'ordre 20,66.
- Le groupe EFD contient une seule variété TP2 avec une moyenne de l'ordre 20,26.
- Le groupe EF constitue par une variété IND23 avec une moyenne de l'ordre de 19,79.
- Le groupe F contient aussi une seule variété, IND82 avec une moyenne de l'ordre 19,51.

### 3. Poids de mille graines (PMG)

Les résultats de l'analyse de la variance ont indiqué l'existence d'un effet non significatif ( $p > 0,05$ ). De plus, le PMG moyen de 17 variétés a été de l'ordre de 3,92g.

La figure 14 présente la variation phénotypique du PMG au stade post-floraison.



**Figure 13: Le poids de mille graines (g) des 17 variétés étudiées au stade post-floraison.**

La valeur la plus élevée appartient à la variété Nap9 à égalité avec la variété Nap10 avec une moyenne de 4,13g suivie de la variété Traper avec une valeur de 4,08g.

Pour Les variétés ont les valeurs les plus faibles, on trouve IND23 et IND82 qui ont respectivement les valeurs 3,76g et 3,73g.

Il est important de noter que le taux global du bloc irrigué (Traitement 1 =3,93) est supérieur au taux global non irrigué (Traitement 2 =3,9), il convient également de noter qu'il existe Sept variétés "289/J//K, Adila, Baraka, Moufida, TC3-14, TP2, Traper" appartenant au bloc non irrigué qui ont un plus grand PMG que ceux qui ont dans le bloc irrigué (Traitement 1).

Le tableau suivant résume les groupes homogènes (Duncan) ressortis pour ce caractère.

**Tableau 9: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour le PMG.**

Groupe homogène	Composition	Moyenne(g)
-----------------	-------------	------------

A	Toutes les variétés	3,91g
---	---------------------	-------

La comparaison des moyennes présente 1 groupe homogène (Duncan) pour ce paramètre

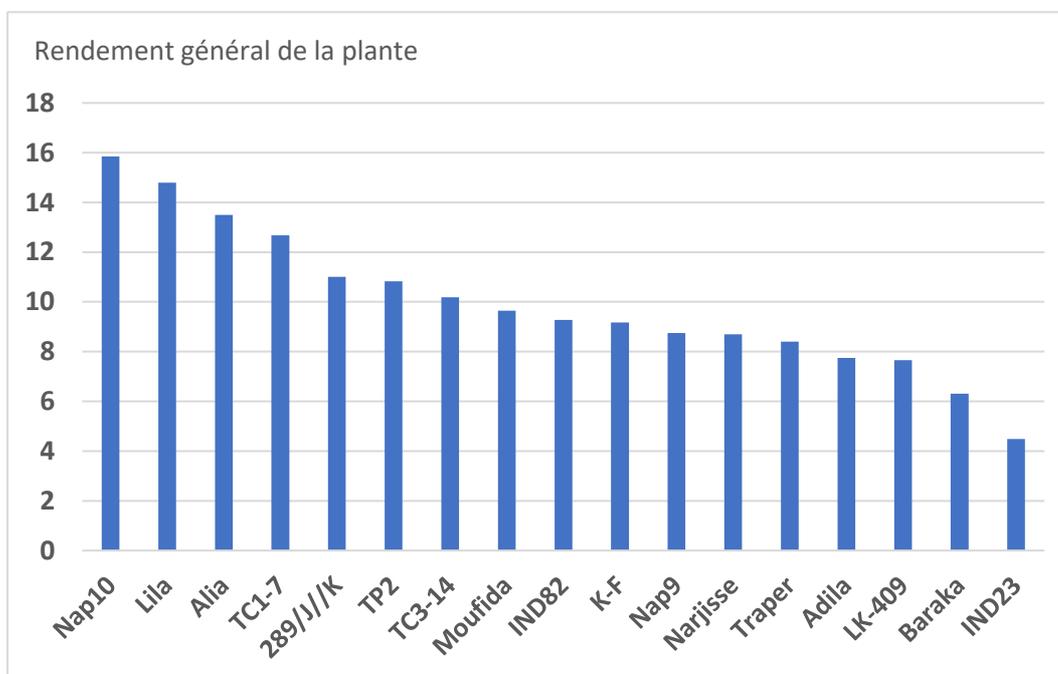
- Le groupe A contient toutes les variétés avec une moyenne de l'ordre 3,91g.

#### 4. Rendement général de la plante (g/plante) « Rgp ».

L'ensemble des variétés étudiées a présenté une différence très hautement significative en termes du rendement général de la plante au stade post-floraison ( $P < 0,0001$ ).

Les variétés ont enregistré la valeur moyenne du rendement général de la plante de l'ordre de 9,815g/p.

La figure 15 présente la variation phénotypique du rendement général de la plante (g/p) au stade post-floraison.



**Figure 14: Le rendement général de la plante chez les 17 variétés étudiées au stade post-floraison (g/p).**

La plus haute valeur appartient à la variété Nap10 avec une moyenne de 15,83g/p. Pour Les variétés ont les valeurs les plus basses, on trouve Baraka et IND23 qui ont respectivement les valeurs 6,31g/p et 4,49g/p.

Il est important de noter que le taux global du bloc irrigué (Traitement 1 =12,91g/p) est supérieur au taux global non irrigué (Traitement 2 =6,71g/p).

Le tableau Dix résume les groupes homogènes (Duncan) ressortis pour ce caractère.

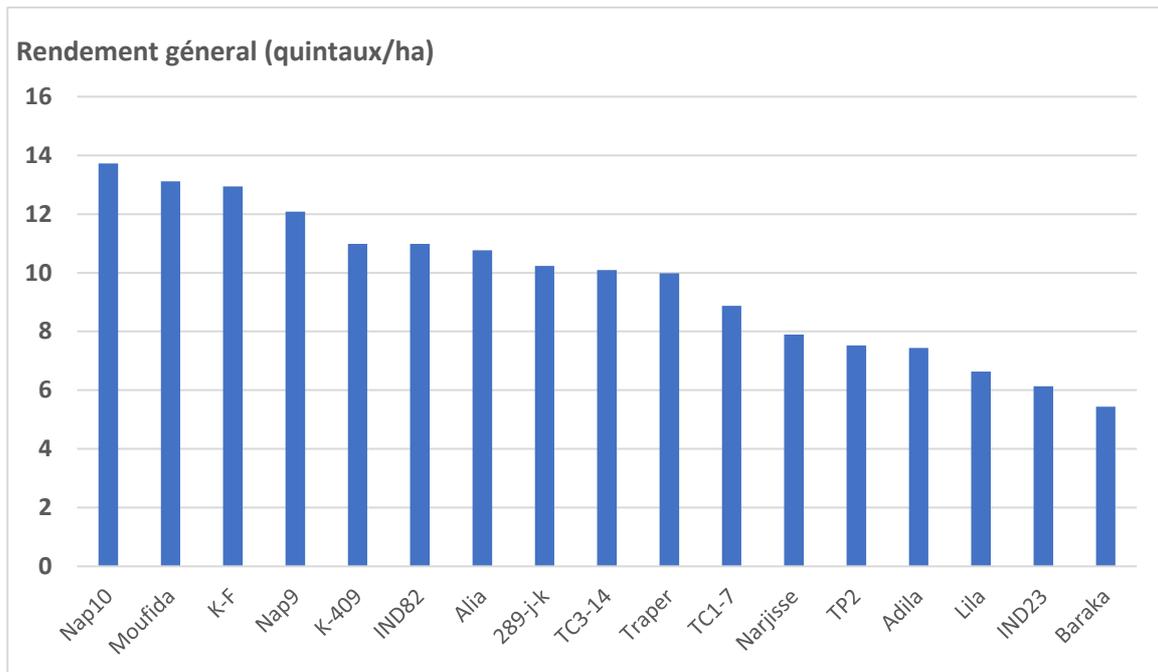
**Tableau 10: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour le Rgp.**

<b>Groupe homogène</b>	<b>Composition</b>	<b>Moyenne (g/p)</b>
<b>A</b>	<b>Nap10</b>	<b>15,83</b>
<b>AB</b>	<b>Lila</b>	<b>14,79</b>
<b>ABC</b>	<b>Alia, TC1-7</b>	<b>12,86</b>
<b>ABCD</b>	<b>289/J//K, TP2, TC3-14, Moufida, IND82, K-F</b>	<b>10,02</b>
<b>BCD</b>	<b>Nap9, Narjisse, Traper, Adila</b>	<b>8,4</b>
<b>CD</b>	<b>K-409, Baraka</b>	<b>6,98</b>
<b>D</b>	<b>IND23</b>	<b>4,49</b>

La comparaison des moyennes présente 7 groupes homogènes (Duncan) pour ce paramètre.

- Le groupe A composé uniquement de la variété Nap10 avec une moyenne de l'ordre 15,83g/p.
- Le groupe AB contient une seule variété Lila avec une moyenne de l'ordre 14,79g/p.
- Le groupe ABC constitue par Deux variétés, Alia et TC1-7 avec une moyenne de l'ordre de 12,86g/p.
- Le groupe ABCD contient Six variétés 289/J//K, TP2, TC3-14, Moufida, IND82, K-F avec une moyenne de l'ordre 10,02g/p.
- Le groupe BCD composé par Quatre variétés Nap9, Narjisse, Traper, Adila dont la moyenne de l'ordre 8,4g/p.
- Le groupe CD contient Deux variétés K-409, Baraka avec une moyenne de l'ordre 6,98g/p.
- Le groupe D composé uniquement de la variété IND23 avec une moyenne de l'ordre de 4,49g/p.

##### **5. Rendement général 0,6 m<sup>2</sup>(quintaux/hectare) (Rgh)**



**Figure 15: Rendement général 0,6 m<sup>2</sup> (q/h) des 17 variétés étudiées au stade post-floraison.**

Les résultats de l'analyse de la variance ont indiqué l'existence d'un effet non significatif ( $p > 0,05$ ). De plus, le Rgh moyen de 17 variétés a été de l'ordre de 9,606 q/ha.

La valeur la plus élevée appartient à la variété Nap10 avec une moyenne de 13,73 q/ha.

Suivie de la variété Moufida avec une valeur de 13,12 q/ha.

Pour Les variétés ont les valeurs les plus faibles, on trouve IND23, Baraka qui ont respectivement les valeurs 6,13 q/ha et 5,44 q/ha.

Il est important de noter que le taux global du bloc irrigué (Traitement 1 = 12,21 q/ha) est supérieur au taux global non irrigué (Traitement 2 = q/ha), il convient également de noter qu'il existe une seule variété « Narjisse » appartenant au bloc non irrigué qui a un rendement supérieur à celle du bloc irrigué (Traitement 1).

Le tableau suivant résume les groupes homogènes (Duncan) ressortis pour ce caractère.

**Tableau 11: Composition et moyenne des groupes de variétés homogènes pour le Rgh (q/h).**

<b>Groupe homogène</b>	<b>Composition</b>	<b>Moyenne (q/h)</b>
<b>A</b>	<b>Nap10</b>	<b>13,73</b>
<b>AB</b>	<b>Moufida, K-F, Nap9, K-409, IND82, Alia, 289/J//K, TC3-14, Traper, TC1-7, Narjisse, TP2, Adila, Lila, IND23</b>	<b>9,71</b>
<b>B</b>	<b>Baraka</b>	<b>5,44</b>

## CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La présente étude conduite en vue de déterminer le comportement et d'évaluer les performances de dix-sept génotypes de colza de différentes origines, en présence et absence de stress hydrique, dans une parcelle en plein champ dans le domaine expérimental de "Douyet".

Les génotypes de colza évalués se sont comportés d'une manière différente vis -à-vis de la majorité des paramètres étudiés.

Concernant les paramètres morphologiques, la variété TC1-7 s'est montrée la plus vigoureuse et la plus intéressante concernant la hauteur.

Sur le plan physiologique, les génotypes testés sont comparables pour leur teneur en chlorophylle. Cependant, la variété TP2 présente la température foliaire la plus basse, indiquant son potentiel à résister ou tolérer les hautes températures qui coïncident avec la floraison et la maturité.

En ce qui concerne les paramètres agronomiques, les génotypes testés ont montré des différences significatives en termes de nombre de siliques pour chaque plante, où la variété Alia a obtenu le taux le plus élevé et le taux la plus faible est allé à la variété IND23. Il est également à noter qu'il existe une légère différence dans le taux de graines par silique, sans oublier la grande différence dans le taux global de la plante, qui tend à favoriser la variété Nap10 par rapport au reste des variétés.

En conclusion, il a été prouvé qu'il existe une variété "Narjisse" qui avait souffert de stress hydrique, et cela ne l'a pas empêché de donner une bonne récolte par rapport aux variétés irriguées en raison de sa capacité à s'adapter à toutes les conditions climatiques. Plus précisément, les génotypes étudiés doivent être testés et comparés dans des tests réalisés

dans des conditions contrôlées de stress abiotique, en particulier de sécheresse et de températures élevées.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Assman S. M. Snyder J.A et Lee Y. J. 2000, ABA-deficient (*aba1*) and ABA insensitive (*abi1-1*, *abi2-1*) mutants of *Arabidopsis* have a wild-type stomatal reponse to humidity. *Plant Cell Environ.* 23 : 387-395.
- Bauerle T.L., Smart D.R., Bauerle W.T., Stockert C., Eissenstat D.M., 2008. Root foraging in response to heterogeneous soil moisture in two grapevines that differ in potential growth rate. *The New Phytologist* 179, 857-866.
- Bamouh A , Elasri M, et Bouaziz A, (2001). Potentialité des cultures oléagineuses hivernales : en bour et dans les périmètres irrigués. *Agriculture du Maghreb*.
- Barhou K , (2018). Étude du comportement de vingt génotypes de colza (*Brassica napus* L.) sous les conditions de la région du saïs. Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en agronomie.
- Bensid A, (1984). Contribution à l'étude du phénomène d'hétérosis chez quelques hybrides F1 du colza : thèse d'ingénieur. ITA de Mostaganem. 97-98.
- BIRUNARA A, SHEKARI F, HASSANPOURAGHDAM M.B, KhORCHIDI M.B and ESFANDYARI. 2011. Effects of water deficit stress on yield, yield components and phenology of canola (*Brassica napus* L.) at different growth stages. *Journal of Food, Agriculture & Environment* Vol.9 (3&4): 506-509.
- Boso S., Gago P., Alonso-Villaverde V., Santiago J.L., Mendez J., Pazos I., Martínez M.C., 2011. Variability at the electron microscopic level in leaves of members of the genus *Vitis*. *Scientia Horticulturae* 128, 228–238.

- Boyeldiou J, (1991). Produire des grains oléagineux et protéagineux. Revue CETIOM. 25-30.
- Channaoui S., El Kahkahi R., Charafi J., Mazouz H., El Fechtali M., Nabloussi A. 2017. Germination and Seedling Growth of a Set of Rapeseed (*Brassica napus*) Varieties under Drought Stress Conditions. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB). Vol-2, Issue-1, ISSN: 2456-1878.
- Chaves M.M, Oliveira M.M. 2004. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. Journal Experimental of Botany 55(407): 2365-2384.
- Cramer G.R., Van Sluyter S.C., Hopper D.W., Pascovici D., Keighley T., Haynes P., 2013. Proteomic analysis indicates massive changes in metabolism prior to the inhibition of growth and photosynthesis of grapevine (*Vitis vinifera* L.) in response to water deficit. BMC Plant Biology 13, 49.
- EL FAKHRI M, MAHBOUBb S, BENCHEKROUN M, NSARELLAHd N ,2010. Effet du stress hydrique sur les caractéristiques d'enracinement du blé dur (*Triticum Durum*. Desf). laboratoire d'Ecologie et d'Environnement, Faculté des Sciences Ben M'Sik, Casa, Maroc département d'Amélioration Génétique des Plantes, INRA, Settat, Maroc.
- Hadjer B, (2008). Contribution à l'étude des paramètres physiologiques, morpho-agronomiques et biochimiques de la culture de colza. Mémoire pour l'obtention de magister en biologie.
- Hebinger H, Pinochet X, (2013). La plante : Le colza. France agricole.
- Hochberg U, Herrera JC, Degu A, Castellarin SD, Peterlunger E, Alberti G, Lazarovitch N. 2017. Evaporative demand determines the relative transpirational sensitivity of deficit-irrigated grapevines. Irrig Sci doi: 10.1007/s00271-016-0518-435: 1-9.
- Jeuffroy Marie-Hélène, Muriel Valantin-Morison, Luc Champolivier et Raymond Reau. 2006. Azote, rendement et qualité des graines : mise au point et utilisation du modèle Azodyn-colza pour améliorer les performances du colza vis-à-vis de l'azote OCL/Section d'environnement ; 13(6) : 388–392. <https://doi.org/10.1051/ocl.2006.0090>.
- KETTANI R., 2008. Impact du stress hydrique en période reproductive sur les facteurs contrôlant l'élaboration du rendement chez un ensemble d'écotypes autochtones de *Medicago truncatula* (L.) Gaerten. Thèse de Docteur d'Etat en Sciences Agronomiques. IAV Hassan II. 194 p. Rabat Instituts.
- KETTANI R., NABLOUSSI A., HSSAINIL., and KHALFI C. D., 2018. Evaluation of some new introduced hybrids of sunflower *Helianthus annuus* L under drought conditions in Morocco. Communication at the AMAS conference held at the Agropolis of Meknes from 08 to 10 May 2018.

- Megherbi A, Mehdadi Z, Toumi F, Moueddene K, Bachir Bouadjra SE, 2012. Tolerance a la secheresse du ble dur (*Triticum durum* Desf.) et identification des parametres morpho-physiologiques d'adaptation dans la region de Sidi Bel-Abbes (Algerie occidentale). *Acta Botanica Gallica* 159:137-143.
- Megherbi-Benali A., Mehdadi Z., Toumi-Benali F., Laid H., Benyahia M., 2014. Water supply efficiency of brought for phenological stages on a few morpho-physiological parameters of the durumwheat (*Triticum durum* Desf.), *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 3(6): 439-446.
- MERRIEN A. 1984. Physiologie du colza. *Revue cultivar* N°173-pp 62-6.
- Muller T., Lu D. & Lentzsch P. 2010. Recovery from Drought Stress at the Shooting Stage in Oilseed Rape (*Brassica napus*) *Journal of agronomy and Crop Science* (2010) ISSN 0931-2250.
- Nabloussi A, (2015). Amélioration génétique du colza : enjeux et réalisations pour un développement durable de la filière. Meknès. Éditions INRA.
- Palliotti A., Cartechini A., Ferranti F., 2000. Morpho-anatomical and physiological characteristics of primary and lateral shoot leaves of Cabernet Franc and Trebbiano Toscano grapevines under two irradiance regimes. *American Journal of Enology and Viticulture* 51, 122-130.
- RAMANJULU S., BARTELS D., 2002. Drought and dessication-induced modulation of gene expression in plants. *Plant Cell and Environment* 25, 141-151.
- Simonneau T., Ollat N., Pellegrino A., Lebon E. 2014. Contrôle de l'état hydrique dans la plante et réponses physiologiques de la vigne à la contrainte hydrique *Innovations Agronomiques* 38, 13-32.
- Tardieu F, Simonneau T, Muller B. 2018. The Physiological Basis of Drought Tolerance in Crop Plants: A Scenario-Dependent Probabilistic Approach, *Annu Rev Plant Biol.* Apr 29; 69:733-759
- Tomás M., Medrano H., Pou A., Escalona J.M., Martorell S., Ribas-Carbo M., Flexas J., 2012. Water use efficiency in grapevine cultivars grown under controlled conditions: effects of water stress at the leaf and whole-plant level. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 18, 164-172.
- Virlet. N., 2014. Phénotypage haut débit par imagerie multispectrale au verger: Etude du déterminisme génétique de la réponse à la contrainte hydrique d'une population d'hybrides de pommier (*Malus x domestica* Borkh.). Montpellier SupAgro, Thèse de Doctorat, 211
- Ye, J., Wang, S., Deng, X., Yin, L., Xiong, B., Wang, X., 2016. Melatonin increased maize (*Zea mays* L.) seedling drought tolerance by alleviating drought-induced photosynthetic inhibition and oxidative damage. *Acta Physiologiae Plantarum* 38,



