



République Algérienne Démocratique Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Recherche Scientifique  
Université Echahid Hamma Lakhdar – El Oued  
Faculte des Sciences de La Nature et de La Vie  
Département Agronomie



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences  
Agronomiques

Spécialité : production végétale

### THEME

**Evaluation de quelques performances agronomiques liées à  
la croissance du Tournesol en région aride d'Algérie**

Présenté par :

✚ LEGHREIB Fatma Zahra

✚ MOKHTARI Dounia

Devant le jury :

Président  
Examineur  
Promoteur

MAYOUF Rabah M.C. A

Université d'El-Oued  
Université d'El-Oued  
Université d'El-Oued

Année Universitaire : 2023-2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# Remerciements

*Tout d'abord, nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné le courage et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire*

*Nous exprimons nos profondes gratitude et reconnaissances à notre encadrant Dr. Mayouf Rabih pour nous avoir proposé et accepté de diriger avec beaucoup de patience ce sujet de mémoire de fin d'études. Nous le remercions pour tous les conseils, l'aide et surtout*

*Nous adressons également nos sincères remerciements à tous les employés de l'Université et de l'Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne (ITDAS), aux responsables de l'exploitation privée de Choucha et à tous ceux qui ont contribué à nous aider et à nous fournir de précieuses informations.*

*Nous remercions également nos familles et nos proches pour tout le soutien et le support qu'il nous a donné.*

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail à :*

*Mes honorables mère et père, que Dieu prolonge leur vie  
à mes chers frères et sœurs Afaf, Abderahman, Abdelmadjid, Safa et*

*Khadidja et à mes amis.*

*Leghreib fatma zahra*

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail à :*

*Mon cher père et à ma chère Mère, dont la photo n'a jamais quitté mes yeux.*

*Nous demandons à Dieu de faire de sa tombe un des jardins du Paradis, ainsi qu'à mes sœurs, mes neveux et tous mes bien-aimés, ceux proches ou lointains.*

***Mokhtari Dounia***

---

## Résumé

Ce travail présente une étude sur la culture du tournesol dans le contexte algérien aride (Oued Righ). L'objectif principal est d'évaluer le potentiel de cette culture pour contribuer à l'autosuffisance alimentaire du pays en denrées stratégiques comme les oléagineux. Les trois variétés testées (Kalamis, Baron f1, Sy kara) ont présenté des taux de levée satisfaisants, allant de 90% à 99%. L'étude a suivi l'évolution des stades phénologiques des variétés testées, de la levée à la maturité. La variété Kalamis a présenté un cycle végétatif plus long que les deux autres variétés. La hauteur des plantes, la longueur et la largeur des feuilles, ainsi que le diamètre du disque de fleur ont été mesurés. La variété Baron F1 s'est distinguée par sa hauteur supérieure. La variété Kalamis a enregistré le rendement en grains le plus élevé (33,3 q/ha), tandis que la variété Sy kara a présenté le rendement le plus faible (18 q/ha). Le tournesol présente un potentiel intéressant pour la production d'oléagineux dans les régions arides en Algérie. Le choix de la variété et les conditions environnementales jouent un rôle crucial dans la réussite de la culture. L'intégration de l'élevage bovin et l'utilisation de fumier comme fertilisant naturel peuvent contribuer à améliorer la qualité des sols et à augmenter les rendements.

**Mots clés :** Culture de tournesol, oléagineux, Région aride, Rendement, Variété.

---

**Abstract:**

This work presents a study on sunflower cultivation in the arid Algerian context (Oued Righ). The main objective is to assess the potential of this crop to contribute to the country's food self-sufficiency in strategic commodities such as oilseeds. The three varieties tested (Kalamis, Baron f1, Sy kara) presented satisfactory emergence rates, ranging from 90% to 99%. The study followed the evolution of the phenological stages of the varieties tested, from emergence to maturity. The Kalamis variety presented a longer growing cycle than the other two varieties. Plant height, leaf length and width, and flower disk diameter were measured. The Baron F1 variety stood out for its superior height. The Kalamis variety recorded the highest grain yield (33.3 q/ha), while the Sy kara variety showed the lowest yield (18 q/ha). Sunflower presents interesting potential for oilseed production in arid regions of Algeria. The choice of variety and environmental conditions play a crucial role in growing success. The integration of cattle breeding and the use of manure as a natural fertilizer can help improve soil quality and increase yields.

**Keywords :** Sunflower cultivation, oilseeds, Arid region, Yield, Variety.

## الملخص:

يقدم هذا العمل دراسة عن زراعة دوار الشمس في البيئة الجزائرية القاحلة (وادي ريغ). الهدف الرئيسي هو تقييم قدرة هذا المحصول على المساهمة في الاكتفاء الذاتي الغذائي للبلاد في السلع الاستراتيجية مثل البذور الزيتية. أظهرت الأصناف الثلاثة التي تم اختبارها (Kalamis، Baron f1، Sy kara) معدلات ظهور مرضية، تتراوح بين 90% إلى 99%. وتابعت الدراسة تطور المراحل الفينولوجية للأصناف التي تم اختبارها منذ النشوء وحتى النضج. قدم صنف Kalamis دورة نمو أطول من الصنفين الآخرين. تم قياس ارتفاع النبات وطول وعرض الورقة وقطر قرص الزهرة. تميزت مجموعة Baron F1 بارتفاعها الفائق. سجل صنف Kalamis أعلى إنتاجية للحبوب (33.3 ق/هك)، في حين أظهر صنف Sy kara أقل إنتاجية (18 ق/هك). يقدم عباد الشمس إمكانات مثيرة للاهتمام لإنتاج البذور الزيتية في المناطق القاحلة في الجزائر. يلعب اختيار التنوع والظروف البيئية دورًا حاسمًا في النجاح المتزايد. إن التكامل بين تربية الماشية واستخدام السماد كسماد طبيعي يمكن أن يساعد في تحسين جودة التربة وزيادة الغلة.

**الكلمات المفتاحية:** زراعة دوار الشمس، البذور الزيتية، المنطقة القاحلة، المحصول،

الصنف.

---

## Liste des Figures

Figure 1 : Localisation des principales aires de domestication .....	6
Figure 2 : les différences typologie entre des forme sauvage et domestiquées du tournesol.....	7
Figure 3 : Plante de Tournesol. ....	8
Figure 4 : Système reproducteur du tournesol .....	9
Figure 5 : Graines de tournesol. ....	10
Figure 6 : cycle de croissance du tournesol. ....	14
Figure 07 : Températures et précipitations moyennes de la région d'étude durant la période expérimentale	27
Figure 08 : trois (03) variétés du tournesol Baron F1, Kalamis et Sy kyara ont été testées .....	28
Figure 09 : levée des plantes (Stade 4 feuilles) .....	29
Figure10 : levée des plantes (Stade 8 feuilles) .....	29
Figure 11 : Mesure de largeur de disque de fleur .....	29
Figure12 : pesage des graines de tournesol (rendement) .....	31
Figure 13 : Taux de levé de trois variétés.....	33
Figure14 : Les stades phénologiques .....	35
Figure15 : Rendement moyen des variétés testées .....	37

**Liste des tableaux**

Tableau 01 : Composition des coques de tournesol en acides aminés ..... 11

Tableau02: Taux de levée de trois variétés de tournesol testées .....33

Tableau 03: dates des stades phénologiques des trois variétés de tournesol ..... 34

Tableau 04: Paramètres de croissance des plantes de tournesol des variétés testées .....36

Tableau 05 : Rendement en grains des trois variétés testées de tournesol .....37

## Liste des abréviations

**HAS:** Wild Helianthus annuus.

**QTLs :** Quantitative trait loci.

**PH :** Potentiel Hydrogène.

**CO2:** Carbon dioxide.

**RUBP:** Ribulose 1,5 bishosphate.

**ABA :** Acide abscissique

**ADN :** Acide Deoxiribonucleique.

**Radp:** Random Amplified Polymorphic DNA.

**MS :** Matière Seche.

**N :** Azote

**Map :** Mono-Ammonium phosphate granulé.

**Np :** Azote et phosphore.

---

## Sommaire

Remerciements .....	3
Dédicace.....	4
Dédicace.....	5
Résumé.....	6
Abstract:.....	7
المُلخَص .....	8
Liste des Figures .....	9
Liste des tableaux .....	10
Liste des abréviations .....	11
Sommaire .....	12
Introduction .....	1

### Etude bibliographique

#### Chapitre I : Généralités sur le tournesol

1- Historique de la plante : .....	6
2- Origine et domestication : .....	6
3- Description botanique : .....	8
4- Morphologie de la plante : .....	9
4-1-La capitule.....	9
4-2-L'appareil aérien végétatif .....	9
4-3-Le réseau des racines .....	9
5- Composition de la graine de tournesol : .....	10
5.1. Constituants de la coque : .....	10
5.2. Constituants de l'amande : .....	11
6- Physiologie du tournesol : .....	11
7- Cycle de croissance et développement : .....	12
7-1-Phase germinative - Levée (A1, A2) : .....	12
7-2-Phase végétative (de B1 à B5) : .....	12
7-3-Phase bouton floral (E1-E4): .....	13
7-4-Phase floraison (F1-F3.2) : .....	13
7-5-Phase maturation (M0-M4) : .....	13

#### Chapitre II

1. Importance économique et valorisation du tournesol .....	16
2. Utilisation de tournesol : .....	16
2.1. Utilisation alimentaire : .....	16
2.2. Utilisation non alimentaire : .....	18
3. Exigences édaphoclimatiques de tournesol : .....	18
4. Les conduits de la culture du tournesol : .....	18

## Sommaire

---

4.1. Semis et levée : .....	18
4.2. Fertilisation .....	19
4.3. Désherbage : .....	19
4.4. Irrigation : .....	19
4.5. Lutte contre les ravageurs et les maladies: .....	20
4.6. Récolte : .....	21
5. <i>Conservation du tournesol</i> : .....	21
5.1. Nettoyer avant la mise en stockage .....	21
5.2. Nettoyage des graines à réception .....	21
5.3. Contrôler l'humidité des graines, et sécher si nécessaire .....	21
5.4. Contrôler la température des graines avec la ventilation de refroidissement .....	21
6. <i>Adaptation du tournesol au stress hydrique</i> .....	22
6.1. Effet de stress hydrique sur le tournesol : .....	22
6.2. Effet de stress hydrique sur la morphologie : .....	22
6.3. Effet de stress hydrique sur la physiologie : .....	23
6.4. Effet de stress hydrique sur le rendement : .....	23
<b>Chapitr III : Matériels et méthodes</b>	
1. <i>Région d'étude</i> .....	26
2. <i>Caractéristiques de la région de l'Oued Righ</i> .....	26
3. <i>Etude climatique de la region d'etude durant la periode expérimental</i> : .....	26
1- Matériel végétal .....	27
2- Autre matériel .....	28
3- Qualité d'eau et sol : .....	28
4- Dispositif expérimental : .....	28
5- Notation et suivi de l'essai .....	29
4- <i>Détermination des stades phénologiques du tournesol</i> .....	30
5- <i>Estimation du rendement</i> .....	31
<b>Chapitr IV : Résultats et discussion</b>	
1. <i>Taux de levée</i> : .....	33
2. <i>Les stades phénologiques</i> : .....	34
3. <i>Paramètres de croissance</i> : .....	36
4. <i>Poids des grains par mètre carré et rendement par ha</i> : .....	37
<b>Conclusion</b> .....	<b>40</b>
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>42</b>

## Sommaire

---

# *Introduction*

Le tournesol (*Helianthus annuus L.*) est une culture oléagineuse d'importance économique majeure, largement cultivée dans diverses régions du monde pour ses graines riches en huile (*Fick, 1978*). Bien que traditionnellement établi dans des zones tempérées, le tournesol présente un fort potentiel de développement dans les régions arides en raison de sa relative tolérance au stress hydrique (*Merrien, 1992*). En Algérie, les régions sahariennes offrent des conditions climatiques propices à la culture du tournesol pendant la saison froide (*Nouri et al., 2017*). Cependant, les rendements demeurent limités en raison du manque de références techniques adaptées aux variétés et aux conditions locales (*Bouzerzour et Dekhili, 1995*).

La production de graines oléagineuses n'a jamais été significative en Algérie en raison des conditions climatiques et de la priorité accordée à la culture des céréales avec jachère. Ainsi, le colza, l'arachide et le tournesol, seuls oléagineux cultivés, demeurent stables à quelques milliers de tonnes depuis des décennies. Les huiles alimentaires, après les céréales et le lait, constituent le troisième aliment le plus consommé en Algérie, avec une préférence marquée pour l'huile de tournesol, appréciée par les consommateurs algériens à hauteur d'environ 1,98 kg/personne/an (*Nouri, 2011*). Cette disparité entre la production locale et la consommation d'huile est comblée par l'importation de graines et d'huile de tournesol, entraînant une augmentation constante des factures.

Le tournesol, une culture de printemps dépendante des précipitations, est confronté en Afrique du Nord à un déficit hydrique en fin de cycle, préjudiciable à ses rendements. Ce manque d'eau altère la turgescence cellulaire, induit une fermeture stomatique limitant les échanges gazeux, notamment l'assimilation du carbone atmosphérique, et réduit la transpiration, impactant ainsi l'absorption et le transport des nutriments essentiels. Ces effets négatifs compromettent la croissance, la photosynthèse et, par conséquent, le rendement (*Lisar et al., 2012*).

Face à cette situation, il est impératif de relancer la culture des oléagineux en Algérie, en accordant une attention particulière au tournesol, offrant des débouchés nationaux garantis. Les premiers essais sur la culture des graines oléagineuses en Algérie remontent à 1954, à la station d'essai de semences et d'amélioration des plantes à El-Harrach, où diverses cultures, dont le tournesol, le soja, le colza, le carthame, l'arachide, le coton, le ricin et le lin, ont été testées avec succès (*Temagoult, 2009*).

Il est crucial de considérer de multiples facteurs lors de la sélection d'un cultivar, tels que le rendement en graines, la teneur en huile, la composition de l'huile, la maturité, la résistance de la tige et la résistance aux maladies. Cette étude vise à évaluer le comportement

agronomique et les stades phénologiques de trois variétés de tournesol cultivées dans une région aride d'Algérie, afin d'estimer leur potentiel de rendement et de fournir des références techniques pour optimiser leur culture dans ces conditions.

# *Etude bibliographique*

# *Chapitre I : Généralités sur le tournesol*



Les graines de tournesol sauvage var. *lenticularis* furent utilisées comme nourriture (cueillette) par les Indiens de l'Est de l'Amérique du Nord. Les traces archéologiques du tournesol datent de 4300 ans avec un débat intense sur le statut des graines comme HAS ou d'une autre espèce probablement *H. bolanderi*. L'augmentation de taille de la graine n'est pas flagrante, de plus celle-ci ayant été cassée lors des manipulations toute autre étude ultérieure est stoppée. Les tournesols domestiqués et sauvages présentent plusieurs différences morphologiques (**Fig. 2**). Les tournesols sauvages sont caractérisés par une ramification marquée avec de nombreux petits capitules et des akènes relativement petits qui se dispersent spontanément à maturité.



**Figure 2 :** les différences typologie entre des formes sauvages et domestiquées du tournesol

A contrario, le tournesol domestiqué, est habituellement monocabité et présente des capitules et des akènes de grande taille qui ne se dispersent pas avant récolte (*Burke et al., 2002*). Une dizaine de QTLs sont impliqués dans le contrôle des caractères de domestication, ce qui est relativement élevé, par rapport à 4-6 d'autres espèces. Le tournesol a été domestiqué dans l'Est d'Amérique du Nord (*Heiser, 1978*) pour probablement la teinture bleue ou rouge selon le pH : la teinture de tournesol est un indicateur coloré de pH, laquelle permettait des actes shamaniques. Heiser ignore cet aspect et ne considère que l'aspect consommation des graines sous forme de galettes cuites sur des pierres chauffées. La collecte

d'akènes minuscules devant être fastidieuse on peut penser qu'il y a eu une sélection forte pour les plus grosses graines. La transition vers des formes domestiquées du tournesol à grosses graines a été faite depuis 4300 ans (*Crites, 1993*). Pendant 40 ans, (*Heiser 1985*) a étudié l'origine et le centre de la domestication du tournesol. Il a rassemblé des restes archéologiques qui situe le centre de domestication de tournesol au centre des Etats-Unis. De grands akènes (> 7 mm de longueur) ont été trouvés autour de foyers dans plusieurs sites archéologiques au centre et à l'Est des Etats-Unis alors que seulement des akènes de tournesol sauvage ont été trouvés dans les sites du Sud Ouest et du Mexique.

Le tournesol n'a pas subi une pression de sélection constante pour la taille des graines. Il a été introduit en Europe et diversifié comme plante ornementale. Des tableaux de 1520 à 1650 au Louvres (Paris) et à L'Hermitage (St Pétersbourg) montrent des inflorescences de tournesols monocabités jaunes ou rougeâtres. Ce n'est que 200 ans plus tard que le tournesol a été adopté en Russie. On ne sait rien de l'histoire du tournesol en Europe et Russie entre ces dates.

Pour retracer l'origine du tournesol plusieurs auteurs ont inférés à partir de données de la diversité moléculaire actuelles (*Rieseberg et Seiler, 1990 ; Arias et Rieseberg, 1995 ; Gentzbittel et al., 1994 ; Serror et al., 1990*) soit avec des systèmes d'isozymes, l'ADN chloroplastique, et des marqueurs RAPD (Random-Amplified Polymorphic DNA). Ils ont obtenu des arguments qui situe l'origine du tournesol cultivé probablement dans les populations d'HAS du centre des Etats-Unis.

### 3- Description botanique :

Classification de plante de tournesol :

**Groupe** : capitules

**Ordre** : Asteraces

**Famille** : Asteraceae

**Division** : Magnoliophyta

**Classe** : Magnoliopsida

**Genre** : Helianthus

**Règne** : Plantae



**Figure 3** : Plante de Tournesol.

#### 4- Morphologie de la plante :

Le tournesol (*Helianthus annuus L*) est une espèce de composés, tout comme le topinambour (*Helianthus tuberosus L*). Le tournesol accomplit son cycle de l'éclosion, en avril ou en mai, à la maturité, en septembre ou en octobre, dans nos climats. Il se développe ainsi, à partir d'une graine, une plante pouvant atteindre deux mètres de haut, pour une durée de 120 à 160 jours. Elle est divisée en trois parties (*Mazoyer 2002*) :

##### 4-1-La capitule

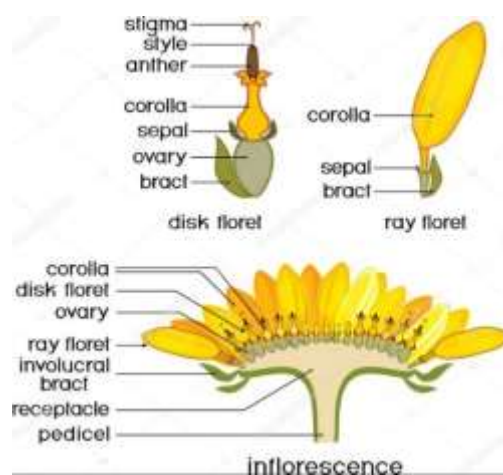
Concerne le processus de reproduction de la plante. Sa taille peut fluctuer entre 15 et 30 cm pendant la période de floraison (juillet et août). Les fleurs du tournesol, ligulées ou tubulées, sont regroupées (*Mazoyer 2002*).

##### 4-2-L'appareil aérien végétatif

La tige (de 2 à 7 cm de diamètre), droite et rigide, et les feuilles qui s'y insèrent (entre 20 et 30 par tige) sont intégrées. Elles ont un impact significatif sur la création des réserves lipidiques de la graine (*Mazoyer 2002*).

##### 4-3-Le réseau des racines

Selon *Mazoyer (2002)*, la racine principale, le pivot, est capable de s'enfoncer jusqu'à deux mètres de profondeur. De cette façon, la plante a une meilleure résistance à la sécheresse, puisqu'elle exploite également les nutriments présents en profondeur. Le capitule est entouré d'une corolle de fleurs ligulées. Elles sont très nombreuses, quelques dizaines par pied, et sont stériles. Le capitule, au centre, est composé d'environ 2000 fleurons tubulaires. Composés d'éléments mâles et femelles, les fleurons sont disposés selon des propriétés géométriques bien spécifiques. Les fleurs sont fécondées par le pollen d'autres plantes de tournesol, transporté par les abeilles et les bourdons à la recherche du nectar à la base des fleurons.



**Figure 4 :** Système reproducteur du tournesol (*Mazoyer ;2002*),

## 5- Composition de la graine de tournesol :

La graine de tournesol est en réalité un akène, fruit sec indéhiscent situé dans l'inflorescence appelée capitule où chaque fleur donnant un akène (**Connor et Hall, 1997 ; Villalobos et al., 1994**).

L'akène est constitué de deux types d'organes :

- Un embryon recouvert d'un tégument séminal constituant l'amande,
- Un péricarpe non soudé dérivé de la paroi de l'ovaire sec et indéhiscent correspondant à l'enveloppe de l'akène (ou coque) (**Côme et Corbineau, 1998**).



**Figure 5 :** Graines de tournesol.

### 5.1. Constituants de la coque :

Selon **Connor et Hall (1997)**, la coque est composée de fibres de cellulose et de lignine, qui représentent 50 à 73% de la matière sèche (MS) et 20 % d'hémicellulose. Elle représente entre 20 % (hybrides modernes) et 40 % (graines de bouche) de la biomasse graine totale. La littérature rapporte de nombreuses disparités dans la composition des composants de la coque, principalement en ce qui concerne la teneur en lipides (0.9 à 7,1 %/MS), en protéines (2.8 à 7,1 %/MS), en lignines+cellulose (50 à 68%/MS), et en hémicellulose (20 à 21%) (**Bau et al., 1983 ; Berot et Briffaud, 1983**).

Cette présence peut être due soit à la présence d'une quantité plus ou moins importante de tégument riche en huile, située entre la coque et l'amande, soit au mode de stockage de la graine, car la coque a tendance à absorber de l'huile (**Laisney, 1984**). La faible quantité de protéines de la coque diminue le pouvoir nutritionnel du tourteau utilisé dans l'alimentation animale.

## 5.2. Constituants de l'amande :

L'amande est le lieu de stockage des réserves de la graine nécessaire au développement de l'embryon. La graine de tournesol accumule essentiellement deux types de substances de réserve, les protéines et les lipides, représentant respectivement environ 20 et 50% de matière sèche graine. Ces valeurs, varient selon le génotype et les conditions de culture. Les 38% restant reviennent aux carbohydrates et minéraux (14%), à l'eau (9%) et à la cellulose (15%) (*Ebrahmi et al, 2008*).

**Tableau 01** : Composition des coques de tournesol en acides aminés  
(D'après *Cancalon, 1971*).

Acides aminés	%/MS	Acides aminés	%/MS
Acide aspartique	13.4	Tryptophane	4.4
Acide glutamique	10.1	Valine	1.6
Sérine	7.3	Méthionine	3.1
Glycine	7.3	Proline	7.3
Thréonine	5.8	Lysine	5.1
Asparagine	5.8	Arginine	3.6
Hydroxyproline	9.1	Leucine	2.2
Alanine	8.0	Phénylalanine	3.3
Histidine	2.5		

## 6- Physiologie du tournesol :

Selon *Merrien et Milan (1992)*, le développement phénologique du tournesol est marqué par une série de stades clés identifiés de manière visuelle ou physiologique. Selon *Abou Al Fadil (2006)*, le cycle complet du tournesol varie de 80 à plus de 170 jours en fonction des génotypes, des conditions climatiques et des techniques de culture. Selon *Mirleau-Thebaud (2012)*, la plante nécessite une température de 1500 à 1700°C par jour pour atteindre sa maturité physiologique. Selon *Schneider et Miller (1981)*, plusieurs échelles de notations phénologiques ont été suggérées pour le tournesol, telles que l'échelle du CETIOM, qui repose sur des observations morphologiques telles que le nombre de feuilles, puis les stades du bouton et du capitule, et a été largement utilisée par la suite (*CETIOM, 2004*). La biomasse est principalement acquise pendant les premières phases du cycle jusqu'à la floraison. L'obtention est maximale entre 50 et 75 jours après le semis, en fonction des organes (feuille, tige, racines) (*Maertens et Bosc, 1981 ; Merrien et Milan, 1992*).

## 7- Cycle de croissance et développement :

### 7-1-Phase germinative - Levée (A1, A2) :

En fonction des températures et des précipitations, cette période peut durer de 7 à 20 jours. La graine peut germiner à partir de 3°C, mais elle est optimale à environ 8°C. Le taux de végétation est variable selon les écrivains. Selon les conventions, nous fixerons la température à 4,8°C (*Granier et Tardieu, 1998*) pour tous les calculs de degrés quotidiens de ce manuscrit. Cette étape joue un rôle crucial dans la poursuite de la culture, car il est possible de faire une corrélation étroite entre la durée de cette étape et le potentiel de rendement en se basant sur la surface foliaire ultérieure (densité de peuplement, accidents de culture précoce). Aéronef : Tout d'abord, les organes de réserve, les cotylédons, sont les premiers à apparaître. Ils constitueront la principale source de croissance pour les premières phases jusqu'à ce que la plante puisse synthétiser ses propres ressources (*Merrien et Milan, 1992*). Appareil souterrain : Au cours de cette étape, la croissance du système racinaire est linéaire. Tout d'abord, la racine principale (pivot) développe une croissance géotropique et envahit le sol, suivie rapidement par les racines secondaires qui développent une croissance diagéotropique en fonction de leur position d'insertion et de leur environnement (*Merrien et Milan, 1992*).

### 7-2-Phase végétative (de B1 à B5) :

En moyenne, cette étape dure 30 jours jusqu'à ce que cinq paires de feuilles (B5) se forment, avec l'apparition des organes aériens et souterrains. Ce premier cycle joue un rôle crucial dans le bon fonctionnement de la future plante, car il déterminera à la fois sa capacité à fournir de l'eau et des minéraux par son système souterrain (les accidents de culture ont alors des conséquences graves) et sa capacité à assurer sa survie grâce à la photosynthèse (*Merrien et Milan, 1992*). Le système racinaire, qui se développe en moyenne trois fois plus rapidement que l'appareil aérien, est privilégié au début du cycle (*Maertens et Bosc, 1981*). De cette manière, cette étape est caractérisée par l'accumulation de biomasse dans les feuilles, qui sont considérées comme le lieu de production des assimilats. Ces assimilats seront ensuite répartis vers le système racinaire (translocation). Dès la cinquième paire de feuilles (B5), la phylotaxie se transforme en alternance et les ébauches florales commencent à se développer. Pendant cette étape, les aléas climatiques peuvent entraîner une diminution de la surface des feuilles, ce qui peut avoir des conséquences néfastes tant sur le rendement que sur la teneur en huile (*Mirleau-Thebaud, 2012*).

**7-3-Phase bouton floral (E1-E4):**

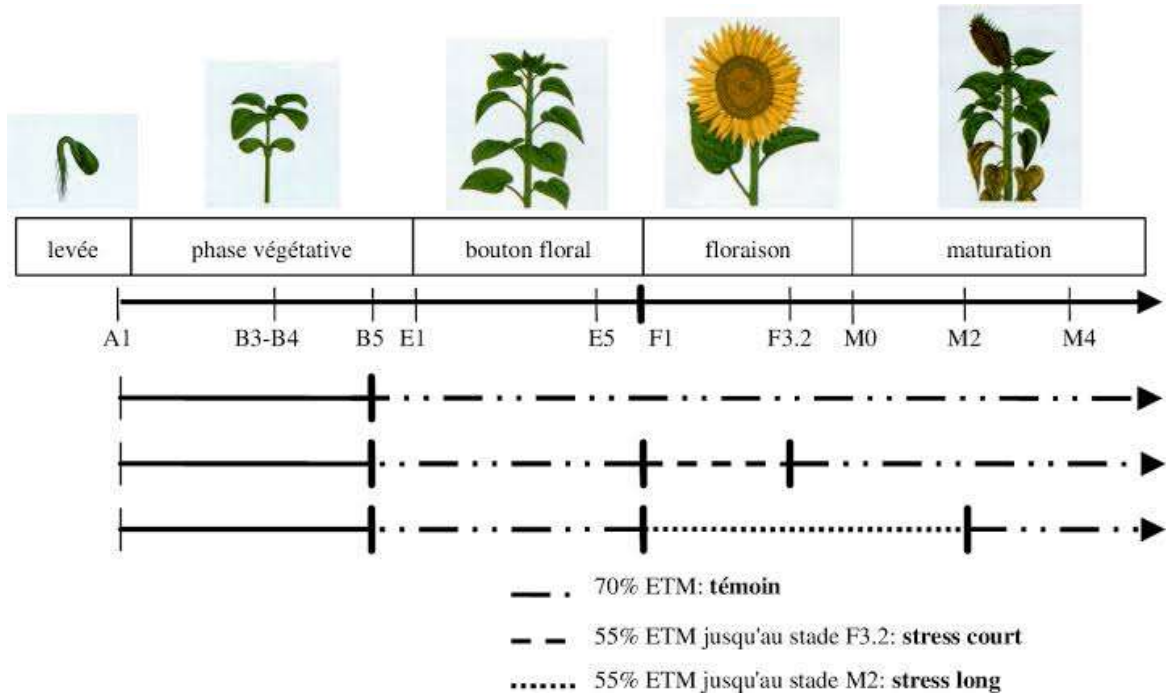
Elle dure de 40 à 50 jours, c'est la phase de croissance exponentielle de la partie aérienne de la plante alors que la croissance racinaire a atteint sa valeur maximale. L'initiation des ébauches florales s'achève au stade bouton étoilé (E1). C'est également la période d'absorption maximale des éléments minéraux (azote, bore...). Le mouvement des assimilats s'est inversé du système racinaire vers la partie aérienne (*Maertens et Bosc, 1981*).

**7-4-Phase floraison (F1-F3.2) :**

Cette période peut durer jusqu'à trente jours pour une parcelle alors que pour une plante elle varie autour de 9 jours en fonction du génotype. C'est une période clé pour la productivité où la plante est extrêmement sensible au stress hydrique (*Nouri, 2011*). La floraison est centripète le long des parastiques débutant avec les fleurs ligulées extérieures qui restent présentes jusqu'à la fin de la floraison de toutes les fleurs tubulées. La floraison des fleurs tubulées débute avec l'apparition des étamines qui libèrent leurs grains de pollen puis du stigmate qui émerge à travers le tube formé par les anthères. La formation d'un akène résulte de la transformation d'un ovule après sa fécondation par le grain de pollen (*Nouri, 2011*). La croissance aérienne a atteint son maximum, les premières radicelles se nécrosent engendrant une baisse de la longueur totale du système racinaire. A partir de la floraison, les assimilats sont orientés vers le remplissage des grains (*Mirleau-Thebaud, 2012*).

**7-5-Phase maturation (M0-M4) :**

Pendant cette phase on assiste à la sénescence foliaire et à une redistribution des assimilats protéique vers les akènes pour la protéogénèse. D'autre part, il existe des mouvements de translocation de saccharose des feuilles encore actives vers l'organe puits que constitue le capitule. Ces produits de la photosynthèse sont exclusivement destinés à la lipidogénèse (*Nouri, 2011*). De ce fait une chute de biomasse des feuilles et des tiges (organes sources) est observée de façon concomitante avec l'augmentation du poids du capitule (organe puits) (*Mirleau-Thebaud, 2012*). La mise en place des réserves dans l'embryon s'accompagne d'une baisse progressive de la teneur en eau (9% d'humidité à la maturité complète). Le système souterrain disparaît progressivement au cours de la maturation de la plante.



**Figure 6** : cycle de croissance du tournesol (*web*).

*Chapitre II : Conduite et  
importance de la culture du  
tournesol*

---

## 1. Importance économique et valorisation du tournesol

Au niveau mondial, le tournesol est considéré comme l'une des espèces oléagineuses annuelles les plus importantes à l'échelle mondiale, avec une superficie de 26 millions d'hectares, une production de 47 millions de tonnes et un rendement de 18 q/ha. Il représente 8% du marché mondial des oléagineux. Selon *Faostat (2017)*, les pays les plus rémunérés pour la production de tournesol sont l'ukraine, la Russie, l'Union européenne et l'Argentine.

Les conditions climatiques et la préférence pour la production de céréales à jachère ont toujours limité la production de graines oléagineuses en Algérie. Cependant, le tournesol, qui a atteint un maximum de production de 1800 tonnes au milieu des années 1970, a aujourd'hui disparu. Par ailleurs, la population algérienne consomme une quantité considérable d'huile de tournesol, ce qui entraîne un déficit alimentaire entre la production et la consommation, ce qui est comblé par l'importation de graines et d'huile, avec des factures qui augmentent constamment d'une année à l'autre (*Rastoin et Bebabderrazik, 2014*).

## 2. Utilisation de tournesol :

Selon *Asa (2008)*, le tournesol offre de multiples opportunités, que ce soit pour l'alimentation humaine, animale ou pour la valorisation des sous-produits des industries huilières :

### 2.1. Utilisation alimentaire :

L'huile de tournesol, qu'elle soit seule ou associée à d'autres huiles, peut satisfaire de nombreuses demandes du domaine de l'agro-alimentaire. Selon *Ayerdi-Gotor (2008)*, elle est principalement employée en tant qu'huile de table pure ou en mélange, ainsi que dans l'industrie alimentaire pour la production d'assaisonnements, de sauces et de margarines. De plus, on peut également utiliser la graine entière de tournesol dans l'alimentation humaine. Selon *Roche (2005)*, certains pays tels que le Maroc, l'Espagne, etc., sont de grands consommateurs de graines de tournesol de bouche et profitent de la teneur élevée en acide oléique des graines.

De plus, on peut également utiliser la graine entière de tournesol dans l'alimentation humaine. Selon *Roche (2005)*, certains pays tels que le Maroc, l'Espagne, etc., sont de grands consommateurs de graines de tournesol de bouche et profitent de la teneur élevée en acide oléique des graines. Le tourteau, qui est un coproduit de l'huilerie (représentant 55% de la graine), est utilisé pour l'alimentation animale. Selon *Ayerdi-Gotor (2008)*, le tourteau de tournesol se distingue par son niveau élevé de protéines (20-35%), avec peu de composés antinutritionnels et d'excellentes propriétés physico-chimiques.



---

## 2.2. Utilisation non alimentaire :

Dans le domaine non-alimentaire, les principales industries qui exploitent l'huile de tournesol sont l'énergie, où elle est utilisée pour produire des biocarburants, et l'oléochimie, où elle est utilisée pour fabriquer des bioproduits à partir de l'huile ou de ses dérivés. Les tocophérols et les phytostérols, qui peuvent être récupérés et valorisés dans l'industrie pharmaceutique et cosmétique, sont éliminés lors du processus de raffinage des huiles alimentaires. Selon *Folmer (2003)* et *Borlescu et al. (2007)*, les phytostérols ont une activité anti-inflammatoire et anti-dessiccatoire. Les tocophérols sont largement employés dans le domaine de la cosmétologie en raison de leur capacité à favoriser la vasodilatation et leur effet antioxydant (*AyerdiGotor, 2008*). De plus, il est possible de réutiliser les résidus de récolte (tiges, feuilles, capitules évidés) pour enrichir le sol, mais ils peuvent également être collectés pour être utilisés dans la production de biomatériaux (*Rouilly et al. 2006 ; Ramaraj, 2007*).

## 3. Exigences édaphoclimatiques de tournesol :

Le tournesol convient à diverses conditions météorologiques : semi-arides, chaudes et modérées. La croissance optimale se situe entre 27 et 28°C, mais la production reste stable si les températures restent entre 8°C et 34°C. Si la température est inférieure à 4°C, la germination est interrompue. La plante est capable de faire face aux périodes de stress hydrique, cependant, lorsque la plante est confrontée à un déficit d'eau pendant les phases de croissance, telles que la floraison et le remplissage des graines, le rendement et la teneur en huile diminuent. Le rendement du tournesol est moyen avec une précipitation de 300 mm, bien que l'idéal serait d'avoir une distribution de précipitations de 500 à 700 mm. Selon *Resset (2008)* et la *FAO (2010)*, les régions trop humides ne conviennent pas à cette culture en raison des maladies qui se propagent dans ces milieux. Sur le plan édaphique, le tournesol se développe bien dans des sols allant du sablonneux à l'argile, ce qui signifie qu'il ne nécessite pas une fertilité élevée pour produire de manière satisfaisante. Par ailleurs, il est important que le sol ne présente aucun problème d'acidité (pH minimum = 5,2) et de compactage. Il est recommandé d'opter pour des sols corrects, profonds, fertiles, plats et bien drainés afin de favoriser le développement normal des racines (*Resset, 2008*).

## 4. La conduite de la culture du tournesol :

### 4.1. Semis et levée :

L'objectif de peuplement est de 50 000 à 60 000 pieds/ha, avec une densité classique recommandée de 60 000 à 70 000 grains/ha. Si une intervention mécanique (herse-étrille) est effectuée, il est conseillé d'augmenter la densité de semis de 10 %. Il est nécessaire de prévoir

---

un écartement minimum de 60 cm entre les rangs afin de pouvoir réaliser un binage. Selon *Gnis (2008)*, il est recommandé d'utiliser un sol battant de 2 à 3 cm et un sol argileux de 4 à 5 cm pour évaluer l'humidité.

#### **4.2. Fertilisation**

La fertilisation azotée se pratique au semis par un apport initial de 60 à 80 unités complété parfois au stade 14 feuilles afin de mieux répondre aux besoins croissants de la plante. Cependant un excès d'azote peut augmenter le risque de verse, de maladies et retarder la récolte. Comme pour les autres cultures, les doses à apporter se raisonnent en fonction des besoins de la plante, de l'objectif de rendement et de la fourniture par le sol. Grâce au système racinaire bien développé, le tournesol mobilise très bien l'azote minéral du sol et requiert une fertilisation modérée. L'optimum de fertilisation peut ainsi varier de 0 à 120 kg N/ha selon les situations (*Seassau, 2010*). Le tournesol est moyennement exigeant en potasse et peu exigeant en phosphore (*Lartigot, 2015*) où 40 à 70 unités de phosphore et de potassium sont recommandées.

#### **4.3. Désherbage :**

L'écartement des lignes de semis et le démarrage lent de la culture l'exposent à la compétition des adventices jusqu'au stade 5 paires de feuilles. En l'absence d'un désherbant de post-levée à spectre large et sélectif le programme de traitement fait souvent appel à des traitements échelonnés (pré-semis puis post-semis/pré-levée). Les traitements chimiques sont avantageusement complétés par le binage (*Amrani, 2013 ; Agreste, 2003*).

#### **4.4. Irrigation :**

Le tournesol est une culture réputée tolérante à la sécheresse mais qui valorise bien de faibles apports d'eau apportés autour de la floraison (*Champolivier et al. 2011*). Les besoins en eau de la culture pour maximiser le rendement ont été évalués à 420 mm en moyenne, ceci correspond à 69 % de l'évapotranspiration maximale du tournesol, contrairement à d'autres cultures comme le maïs qui maximisent leur production pour une consommation d'eau proche de 100 % de l'ETM (*Merrien et Grandin, 1990; Nolot et Debaeke, 2003*).

Le raisonnement de l'irrigation fera intervenir la disponibilité en eau, son prix et le développement de la végétation, mais également la concurrence avec les autres cultures de l'exploitation selon la pluie. Après la première irrigation, la durée du tour d'eau recommandée est d'une dizaine de jours, tant qu'il ne pleut pas. Après une pluie, décaler le tour d'eau d'un jour par tranche de 5mm. Préférer des doses de 30-40 mm à chaque tour d'eau à des apports plus faibles et plus rapprochés (*CETIOM, 2002*).

---

#### 4.5. Lutte contre les ravageurs et les maladies:

Selon *Seassau (2010)*, le tournesol fait face à de multiples maladies et ravageurs, ce qui entraîne des pertes de levée, de rendement et de teneur en huile qui varient en fonction des années, des conditions environnementales et des méthodes de culture. Selon *Ghoribi (2009)*, certains ravageurs peuvent attaquer le tournesol. Les pucerons causent une déformation et une crispation des feuilles lors des piqûres d'alimentation. Les limaces attaquent les graines en cours de germination et créent des trous au milieu des limbes, ce qui peut favoriser la propagation d'agents pathogènes fongiques. Les taupins peuvent également diminuer la vigueur de la culture en affaiblissant son système racinaire, ce qui entraîne des pertes de rendement importantes. Les oiseaux et les petits mammifères peuvent également attaquer la culture, en particulier en fin de cycle.

Les ravageurs peuvent être prévenus en maîtrisant les pratiques culturelles, qui impliquent d'éviter les sols creux, motteux, riches en argile, avec des résidus de récolte en surface, et de semer dans un sol bien réchauffé et bien drainé. De cette manière, une légère augmentation de la densité de semis peut pallier les éventuelles pertes de plantes. Les méthodes de dissuasion pour les oiseaux, qu'elles soient sonores ou visuelles, peuvent être efficaces si elles sont utilisées de manière préventive. À la fin du cycle, la récolte précoce, dès l'atteinte de la maturité, constitue la seule opportunité pour restreindre les prélèvements de graines par les oiseaux. Selon *Lartigot (2015)*, il est efficace d'utiliser des clôtures électriques adaptées pour les mammifères.

Selon *Seassau (2010)*, quatre maladies peuvent affecter la culture de tournesol et sont considérées comme particulièrement préjudiciables à la culture, et elles sont causées par des organismes fongiformes appelés "champignons" : le Mildiou, la Sclerotinia, le Phomopsis et le Phoma. Afin d'optimiser la gestion du risque de ces maladies, différentes techniques de culture sont recommandées:

- La mise en œuvre de la rotation qui interrompt le processus de développement des microbes.
- La plantation dans un sol bien humide et chaud. Un semis tardif est recommandé si des précipitations importantes sont prévues les jours suivants afin de prévenir les conditions propices aux infections.
- Évitez les concentrations denses et les petites distances.
- La lutte génétique contre les maladies de tournesol peut également se faire en utilisant des génotypes tolérants (**Lartigot, 2015**).

#### **4.6. Récolte :**

Selon *CETIOM (2002)*, la récolte commence lorsque le dos du capitule passe du jaune au brun, les fleurons tombent de leur propre chef et la tige passe du vert au beige clair. Le rendement peut être affecté par une récolte trop tardive en raison des pertes de graines causées par les oiseaux, la verse ou les maladies. Par ailleurs, une baisse excessive de l'humidité des graines entraîne une perte de poids qui n'est pas compensée par des avantages de prix. Il peut être bénéfique de battre les tournesols avant leur maturité complète, en particulier lorsque les maladies du capitule sont menacées par la récolte. La défoliation chimique facilite le passage de la moissonneuse-batteuse en détruisant la masse verte des plantes.

En revanche, une récolte trop précoce (avec une humidité supérieure à 15%) augmente le niveau d'impuretés et entraîne des coûts de séchage. Finalement, il est possible d'avoir des conditions de battage défavorables, ce qui entraîne une forte proportion de coques cassées, ce qui entrave la conservation des graines (acidification des corps gras).

### **5. Conservation du tournesol :**

Selon *Duguet (2019)*, il est possible de conserver le tournesol sur la durée en préservant sa qualité en adoptant des bonnes pratiques de stockage. Voici quelques consignes à suivre:

#### **5.1. Nettoyer avant la mise en stockage**

Nettoyage des locaux avant remplissage et des circuits De manutention, afin de réduire le risque d'infestation par des insectes.

#### **5.2. Nettoyage des graines à réception**

En fonction des conditions de récolte, ce point peut être crucial. Ce nettoyage favorise un refroidissement optimal grâce à la ventilation, diminue les risques d'attaques d'insectes et respecte la norme de 2% d'impuretés.

#### **5.3. Contrôler l'humidité des graines, et sécher si nécessaire**

Il est conseillé de maintenir les graines de tournesol à une humidité de 7 à 8 % afin de les conserver pendant une longue période sans altérer la qualité des graines (si l'humidité est élevée, risque de moisissures et d'insectes, risque d'acidification de l'huile). Selon la norme commerciale d'humidité de 9% pour le tournesol, il est impossible de conserver les graines pendant une durée prolongée.

#### **5.4. Contrôler la température des graines avec la ventilation de refroidissement**

---

Il est essentiel de refroidir les graines afin de les maintenir en bonnes conditions pendant une longue période, en utilisant une ventilation pour bénéficier de températures extérieures basses (inférieures d'environ 10°C à la température des graines). La ventilation doit être effectuée en

plusieurs étapes et doit commencer impérativement dès la mise en cellule, en ramenant les graines à une température de 1820°C dès que possible.

## **6. Adaptation du tournesol au stress hydrique**

### **6.1. Effet de stress hydrique sur le tournesol :**

Le stress hydrique est l'un des principaux stress abiotiques résultant de la sécheresse et de la salinité où il affecte la croissance et le développement des plantes et par conséquent leur productivité (*Gueta-Dahan et al. 1997*). Selon *wang et al. (2003)*, le stress hydrique est l'une des principales causes de pertes de cultures à travers le monde, réduisant les rendements moyens de 50% et plus. Les plantes subissent un stress de sécheresse soit lorsque l'approvisionnement en eau des racines devient limité, soit lorsque le taux de transpiration devient très élevé (*Anjum et al. 2011*). Ces deux conditions mentionnées coïncident souvent dans des régions arides et semi-arides (*Reddy et al. 2004*). La diminution des réserves d'eau affecte de manière temporaire ou permanente les processus morphologiques, physiologiques et biochimiques des plantes (*Iqbal et al. 2008*).

### **6.2. Effet de stress hydrique sur la morphologie :**

Selon *Pekcan et al, (2015)*, le stress hydrique a un impact négatif sur la croissance du tournesol. La biomasse aérienne entraîne une réduction significative de la taille et de la surface des feuilles. La diminution de la surface des feuilles est due à une réduction de l'expansion des feuilles et/ou d'une diminution rapide des feuilles. La croissance des feuilles de tournesol est rapidement arrêtée par un manque d'eau. Avant que la photosynthèse ou d'autres processus métaboliques ne diminuent (*Boyer, 1968*). Au niveau cellulaire, il y a deux éléments qui influencent la croissance : la capacité de la cellule à s'étendre. La paroi et la rigidité (*Matthews et al.*). 1984, *Cosgrove (1993)*.

La diminution de la surface des feuilles diminue la surface évaporatrice de la plante, mais peut également avoir un impact significatif sur la production primaire (*Maury, 1997*). Lors d'une contrainte hydrique, la croissance des racines est diminuée, mais de manière moins prononcée que celle des parties aériennes. La déshydratation peut entraîner une réduction du diamètre des racines, ce qui peut restreindre l'absorption d'eau et de minéraux (*Moriz et Merrien, 1990*).

---

### 6.3. Effet de stress hydrique sur la physiologie :

Le stress hydrique réduit la croissance et le développement des plantes tout en affectant les différents processus physiologiques et biochimiques telle que la photosynthèse, la respiration, translocation, l'absorption et le métabolisme (*Jaleel et al., 2008*). D'autres changements physiologiques peuvent être ainsi induit par le stress hydrique chez les plantes notamment la perte de turgescence, la réduction d'élongation cellulaire, la réduction de la teneur en eau, de la transpiration et l'accumulation des osmolytes et osmoprotecteurs (*Jaleel et al. 2008*). La nutrition minérale des plantes est aussi affectée par le stress hydrique et ce par la réduction d'absorption des minéraux et leur transport par les racines vers la tige (*Shabala et Pottosin, 2014*).

L'activité physiologique de la feuille de tournesol et plus particulièrement la photosynthèse est fortement affectée lors d'un déficit hydrique. La réduction de la photosynthèse est supposée dépendre à la fois de la fermeture stomatique qui s'accompagne d'une réduction de l'assimilation de CO<sub>2</sub> dans les feuilles par diminution de sa diffusion et d'une limitation biochimique du chloroplaste pour fixer le CO<sub>2</sub> (*Graan et Boyer, 1990*) probablement associée à la régénération limitante du RuBP (*Gimenez et al. 1992*).

Lors de l'abaissement du potentiel hydrique foliaire chez le tournesol la conductance stomatique diminue où elle devient négligeable à des potentiels proches de -2 MPa (*Mojayad, 1993*).

Selon *Ghobadi et al. (2013)* l'une des réponses physiologiques de tournesol au stress hydrique est la réduction de la concentration de la chlorophylle totale et la réduction de la performance de la photosynthèse, d'autre part l'accumulation de certains osmolytes.

Notamment la proline sous les conditions de stress hydrique est l'un des changements physiologiques observés chez le tournesol.

Ainsi le stress hydrique réduit la teneur relative en eau et le potentiel osmotique de la feuille de tournesol ce qui engendre la perte de turgescence (*Iqbal et al., 2008*).

Une conséquence du stress hydrique est l'apparition d'un stress oxydatif, c'est-à-dire l'accumulation d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) créant des dommages au niveau des structures cellulaires (*Smirnoff, 1993*).

Selon *Zeevaart et Creelman (1988)*, ces changements physiologiques sont corrélés avec l'augmentation de la concentration de l'ABA dans les organes de la plante.

### 6.4. Effet de stress hydrique sur le rendement :

---

Le rendement en graines est influencé par la génétique, l'environnement, la conduite de la culture et leur interaction (*Maqbool et al., 2001 ; Lobell et al., 2009*).

Le stress hydrique affecte le rendement de tournesol et ses deux composantes notamment le nombre de graines /m<sup>2</sup> et le poids moyen d'une graine.

La période de sensibilité maximale des deux composantes à la sécheresse correspond aux 40 jours qui encadrent la floraison. Une contrainte hydrique peut avoir des conséquences de nature et d'intensité variable selon sa position dans le cycle de développement de tournesol tout dépend de la composante du rendement mise en place à ce moment-là. Le nombre d'akènes est fortement affecté si le déficit hydrique est subit en période végétative, en revanche c'est plutôt leur poids qui sera diminué si le déficit a lieu après la floraison. Dans le cas d'un déficit hydrique tardif, la lipodogénèse est inhibée et les remobilisations notamment azotées sont favorisées. D'autre part La réduction de la quantité de carbone repartit vers le capitule sous l'effet de stress hydrique est l'un des facteurs qui peut induire une réduction de nombre de graines chez le tournesol. D'autres facteurs peuvent aussi être impliqués dans la réduction de rendement tel que les effets directs de potentielle hydrique sur le métabolisme de l'ovaire et le changement de balance hormonale des fleurs.

La teneur en huile ainsi que la composition de l'huile de tournesol sont également affectées par la sécheresse, avec une diminution des teneurs en acide linoléique et une augmentation du taux d'acide oléique.

# *Chapitre III : Matériels et méthodes*

## 1. Région d'étude

Dans le cadre de programme de développement de Tournesol en Algérie, un essai d'adaptation de 03 variétés a été installé dans une exploitation privée dans la région de Choucha située dans la daïra de Djamaa wilaya d'El Mogaier sous le pilotage de Institut Technique et de Développement de l'Agriculture Saharienne (ITDAS), Station d' El-Arfiane Djamaa . L'objectif d'étudier le comportement et les stades phénologiques des variétés et d'estimer le rendement potentiel.

La région de l'Oued Righ est située au Sud-est de l'Algérie, plus précisément au Nord-est du Sahara, sur la limite Nord du Grand Erg Oriental et la bordure Sud du massif des Aurès. Cette région fait partie de l'ensemble de bassin du bas Sahara et s'étend sur une superficie de 600 000 km<sup>2</sup>.

## 2. Caractéristiques de la région de l'Oued Righ

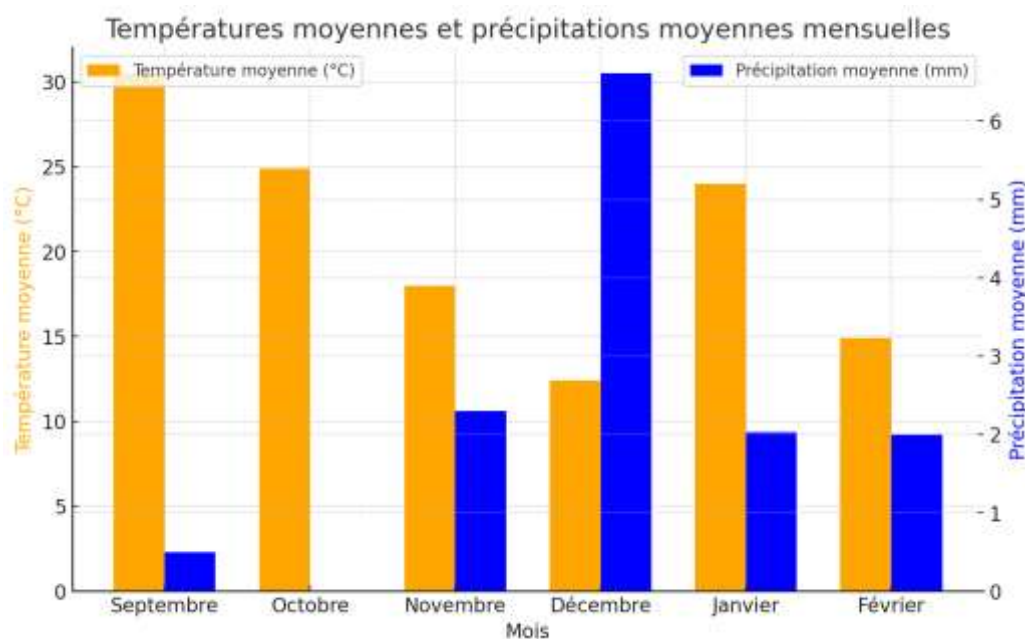
La région est une vaste dépression allongée entre El Goug au Sud et Oum El Thiour au Nord. Elle est bordée à l'Ouest par le plateau Miopliocène, à l'Est par le grand alignement dunaire de l'Erg Orientale, au Nord par le Ziben et au Sud par les Oasis d'Ouargla (*Hammouda, 2013*). La largeur de la vallée varie entre 15 et 30 km selon les endroits. La vallée d'Oued Righ s'étend sur une distance de 150 km de long et entre 20 et 30 km de large (*Lebdi, 2001*).

Le climat de la vallée d'Oued Righ est caractérisé par des précipitations faibles et irrégulières, des températures avec de grandes variations journalières et annuelles, une faible humidité de l'air et des vents de sable parfois très violents.

## 3. Données climatiques de la région d'étude durant la période expérimentale :

Dans la région Oued Righ durant l'année 2023, Le mois de Septembre semble être le mois le plus chaud de la période de l'expérimentation (30.5°C), indiquant probablement la fin de l'été (*Attab, 2022*). L'accumulation de chaleur durant les mois d'été et la transition progressive vers l'automne. En Octobre, une diminution notable de la température, signalant le début de l'automne par le fait de réduction de l'ensoleillement et des jours plus courts. Les températures continuent de baisser, entrant plus profondément dans l'automne, signalant le changement de saisons avec des températures plus fraîches et une diminution de l'énergie solaire. Le mois de Décembre était le plus froid de la période, typique de l'hiver en raison de moins de rayonnement solaire, plus de nuits longues et éventuellement des conditions

météorologiques hivernales. En janvier 2024, la température moyenne remonte à 24°C, marquant une nette augmentation par rapport à décembre. Une anomalie significative avec une hausse soudaine des températures a été enregistrée à cause peut-être des phénomènes climatiques atypiques tels que des vagues de chaleur hivernales ou des changements climatiques temporaires (*Attab, 2022*). En Février une baisse des températures après le pic anormal de janvier, revenant à des niveaux plus attendus pour la fin de l'hiver, avec le retour à des conditions climatiques plus normales pour la saison.



**Figure 07** : Températures et précipitations moyennes de la région d'étude durant la période expérimentale(*Attab, 2022*).

### 1- Matériel végétal

Les trois (03) variétés du tournesol testées (**Figure 08**)



**Figure 08 :** Trois (03) variétés du tournesol testées (par étudiants: L. Fatma et M. Deunia)  
(Baron F1, Kalamis et Sy kiara)

## 2- Autre matériel

- 1- Balance de précision : Pour faire les pesages nécessaires.
- 2- Mètre : Outil de mesure des distances.
- 3- Un sécateur pour faire des coupages.
- 4- Tracteur et outils (charrue à soc et cultivateur à dent), pour les travaux du sol.

## 3- Qualité d'eau et sol :

L'eau est moyenne saline environ 3g/l et le sol est de texture sableuse bien drainé.

## 4- Dispositif expérimental :

L'essai a été mené suivant un dispositif en blocs aléatoires. Les dimensions des parcelles élémentaires sont 40 m x 30, la superficie de l'essai est de 3600 m<sup>2</sup> (1200 m<sup>2</sup> /variété)

### A- Densité de plantation :

- L'écartement entre plants est de : 25cm
- L'écartement entre lignes : 50 cm

### B- Conduite de l'essai :

- **Date de semis :** 05/09/2023
- **Préparation du sol :** Un labour ordinaire de 25 à 30 cm par un passage de charrue à soc suivi par un nivellement avec épandage du phosphate monoammonique (MAP) (un engrais granulé NP)
- **Mode de semis :** une graine placée à 2 - 3 cm sous la surface du sol,

- **Mode et fréquence d'irrigation** : L'irrigation sera assurée par goutte à goutte, une fois par 3jours.
- **Fumure d'entretien** : Epannage de fumier de volaille 600kg.

### 5- Notation et suivi de l'essai

Les travaux expérimentaux effectués sont les suivants :

**1- Le comptage de nombre des plants levés (Taux de levée)** : Cette opération est effectuée au stade levé, elle consiste au comptage des plantes levées dans chaque parcelle. La levée est observée environ **07** jours après le semi pour les trois variétés.

**2- Les mesures relevées** : longueur de la feuille, largeur de la feuille, hauteur de la plante et largeur de disque de fleur.



**Figure 09** : levée des plantes (Stade 4 feuilles)



**Figure10** : levée des plantes (Stade 8 feuilles)



**Figure 11** : Mesure de largeur de disque de fleur

#### **4- Détermination des stades phénologiques du tournesol**

L'observation des stades phénologiques du tournesol est cruciale pour optimiser les interventions culturales et maximiser le rendement. Des observations régulières ont été effectuées tout au long du cycle de croissance pour identifier les principaux stades phénologiques de chaque variété. Les différents stades de développement du tournesol ont été notés. Ce sont : stade levée, stade 4 feuilles, stade 8 feuilles, stade étoile, stade floraison, stade remplissage, stade laiteux, stade pâteux    stade maturation. La durée entre chaque stade a été calculée.

### 5- -Estimation du rendement

Le rendement est obtenu par la connaissance du poids de grains en mètre carré, puis l'estimation des rendements par hectare.



**Figure12** : pesage des graines de tournesol (rendement)

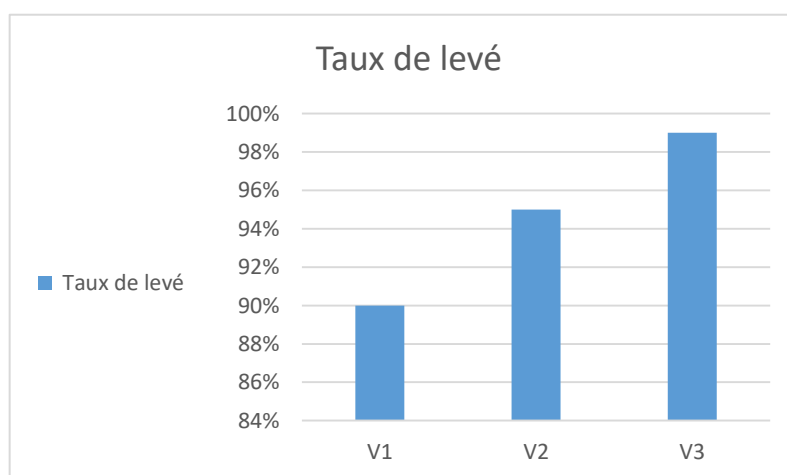
*Chapitre IV : Résultats et  
discussion*

## 1. Taux de levée :

Les taux de levée des tournesols varient de 90% ; 95% ; 99% respectivement (Tableau02).

**Tableau02** : Taux de levée de trois variétés de tournesol testées(par étudiants: **L. Fatma et M. Deunia**).

Stade	Kalamis	Baron fl	Sy kara
Taux de levée	90%	95%	99 %



**Figure 13** : Taux de levée de trois variétés(par étudiants: **L.Fatma et M.Deunia**).

La germination des graines de tournesol est un processus complexe influencé par plusieurs facteurs, dont le génotype et les conditions environnementales. Selon *Cook (1979)* et *Jones (1986)*, la germination est l'étape la plus sensible aux stress environnementaux, notamment le manque d'eau. L'eau étant essentielle au métabolisme des plantes, le déficit hydrique peut limiter leur développement et leur croissance (*Maury et al., 2011*). Cependant, la sensibilité au stress hydrique varie considérablement entre les espèces (*Evans et Etherington, 1990*).

## 2. Les stades phénologiques :

La valeur moyenne du nombre de jours jusqu'à la floraison était de 59.66 jours (Tableau03).

**Tableau 03** : dates des stades phénologiques des trois variétés de tournesol(par étudiants: L. Famta et M. Deunia).

Stades / Variétés Testées	Kalamis	Baron f1	Sy kara
Date de Semis	05/09/2023	05/09/2023	05/09/2023
Date de levée	12/09/2023	12/09/2023	12/09/2023
Stade 4 Feuilles	25/09/2023	23/09/2023	22/09/2023
Stade 10 feuilles	07/10/2023	05/10/2023	12/10/2023
Stade étoile	26/10/2023	24/10/2023	20/10/2023
Stade floraison	08/11/2023	03/11/2023	30/10/2023
Stade remplissage	18/11/2023	15/11/2023	11/11/2023
Stade laitoux	01/12/2023	29/11/2023	26/11/2023
Stade pâteux	23/12/2023	16/12/2023	09/12/2023
Stade maturité	19/01/2024	15/01/2024	05/01/2024

La variété Kalamis a mis le plus de temps (64 jours) pour la floraison, tandis que la variété Sy kara a mis le moins de temps (56 jours).

Concernant le nombre de jours jusqu'à le stade étoile, la valeur moyenne était de 48.33 jours. La variété Kalamis a mis le plus de temps (51 jours) pour arriver au stade étoile, tandis que l'hybride variété Sy kara a mis le moins de temps (45 jours) pour arriver au stade étoile.

La valeur moyenne du nombre de jours jusqu'à la maturité physiologique était de 129,33 jours. Kalamis a mis le plus de temps (135 jours) pour arriver au stade de maturité, tandis que Sy kara a mis le moins de temps (122 jours) pour arriver à la maturité.

Le tournesol arrive à maturité et est prêt à être récolté après une période qui varie selon sa variété. Cette période dépend de la durée totale de son cycle de croissance, mais surtout de la phase entre la floraison et la maturité physiologique.

Cette phase peut être mesurée en jours ou en degrés-jours, comme l'ont défini *Chervet et Vear, (1990)*. *Hichri, (2009)* a signalé que cette variabilité qui détermine leur précocité, est un critère de sélection important pour les cultures en régions chaudes.



Stade 4 feuilles



Stade 8 feuilles



Stade étoile



Stade floraison



Stade remplissage



Stade maturation

**Figure14** : Les stades phénologiques (par étudiants:L.Fatma et M.Deunia)

### 3. Paramètres de croissance :

En ce qui concerne la hauteur des plantes (**Tableau 04**),

**Tableau 04** : Paramètres de croissance des plantes de tournesol des variétés testées(par étudiants:L.Fatma et M.Deunia)

Caractéristiques	Kalamis	Baron F1	Sy kiara	Valeurs moyennes
Longueur de la feuille (cm)	15.33	20	14.33	16.55
Largeur de la feuille (cm)	16.66	21.66	14.33	17.55
Hauteur de la plante (cm)	133	163.66	121.66	139.44
Diamètre de disque de fleur (cm)	21.66	20	19.33	20.33

La valeur moyenne était de 139.44 cm, et la variété Baron F1 étaient la plus haute parmi les variétés testées avec une hauteur de 163.66 cm. La hauteur des plantes a été significativement influencée par les trois sources de variation (génotype, année et leur interaction), mais l'année était le facteur dominant. Cette constatation a également été rapportée par (*Shigaki et al., 2019*) et (*Duca et al., 2022*), qui ont montré que la hauteur des plantes est davantage déterminée par les conditions climatiques que par le génotype. La hauteur des plantes est connue pour être un caractère important pour l'agriculture mécanisée (*Shigaki et al., 2019*). Pour obtenir des rendements élevés et augmenter la résistance à la verse, il est nécessaire d'utiliser des cultivars d'une hauteur de 120-150 cm (*Ćirić et al., 2013*). En général, la hauteur des plantes varie en fonction de la génétique des plantes, des conditions environnementales et des pratiques culturales (*Borleanu and Bonea, 2020 ; Gul and Coban, 2020 ; Öztürk, 2021*).

Les résultats obtenus montrent principalement la grande capacité du tournesol à ajuster sa surface foliaire à la disponibilité en eau, soit par la taille des feuilles lorsqu'elles se développent sous stress (le nombre de feuilles était encore constant pour chaque variété dans nos expériences), soit par la sénescence et la régression du feuillage lorsque le stress survient après la fin de la phase végétative (*Blum, 1996*). Lorsque l'état hydrique des plantes a atteint une sorte d'état stable, les échanges gazeux des feuilles (transpiration, photosynthèse) ne varient pas à très grande échelle (*Albouchi et al., 2000*). Les variétés étudiées ont un diamètre moyen de 20 cm (**Tableau 04**). La variété Kalamis présente le diamètre le plus élevé (21,66 cm), tandis que La variété Sy kiara a le diamètre le plus faible (19,33 cm). Ces valeurs sont comparables à celles de (*Clapco et al., 2019*) mais supérieures à celles rapportées par (*Khan et al., 2018*) et (*Sincik et Goksoy 2014*).

Généralement, le diamètre du disque de fleur est influencé par le génotype, l'année et leur interaction. Chez les variétés étudiées, le diamètre varie de 19 à 21 cm. Plusieurs facteurs peuvent influencer cette variation, notamment l'environnement, les pratiques culturales et la génétique (*Bonea et al., 2013 ; Tabără et al., 2018 ; Gul et Coban, 2020*).

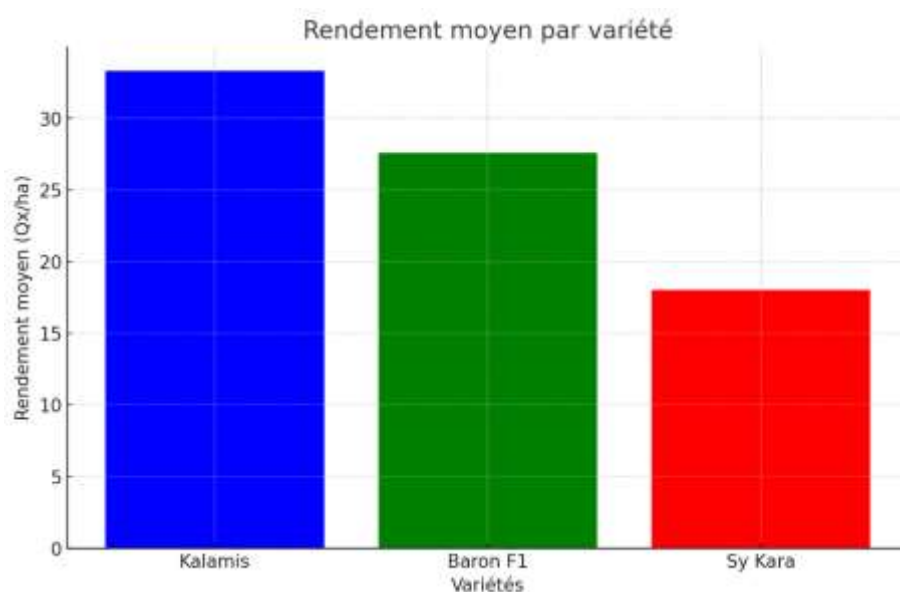
*Öztürk (2021)* a constaté que des diamètres supérieurs à 16 cm favorisent les rendements.

#### 4. Poids des grains par mètre carré et rendement par ha :

La valeur moyenne du rendement en graines pendant la période d'étude était de 26.3 qt/ha. La variété Karamis a la valeur moyenne la plus élevée pour le rendement en graines (33.3 qt/ha) et le rendement minimal observé chez la variété Sykara (18 qt/ha) (**Tableau05**).

**Tableau 05** : Rendement en grains des trois variétés testées de tournesol(par étudiants:L.Fatma et M.Deunia)

Variétés	Mètre carré 1	Rendement (Qx/ha)	Mètre carré 2	Rendement (Qx/ha)	Rendement moyen (Qx/ha)
Kalamis	350g	35	316g	31.6	33.3
Baron f1	302g	30.2	220g	25	27.6
Sy kara	204g	20.4	156g	15.6	18



**Figure15** : Rendement moyen des variétés testées(par étudiants:L.Fatma et M.Deunia)

Le diagramme montre clairement que Klamis est la variété la plus productive en termes de rendement moyen. Baron F1, bien que moins productive que Kalamis, reste une variété performante. En revanche, Sy kara a un rendement significativement plus faible. Ces résultats peuvent aider les agriculteurs et les chercheurs à sélectionner les variétés de tournesol les plus adaptées à leurs besoins spécifiques en termes de rendement. Cependant, il est important de considérer d'autres facteurs (comme la résistance aux maladies, la qualité de l'huile, etc.) avant de prendre une décision finale.

Les résultats sont en accord avec les valeurs rapportées par (*Bonea et al., 2010*) et (*Bonea et al., 2012*) pour les hybrides de tournesol cultivés dans des conditions de sécheresse.

Des valeurs proches pour ce caractère chez 20 nouveaux hybrides de tournesol ont été présentées par (*Clapco et al., 2019*), qui ont observé que le rendement en graines variait entre 21.4 et 31.5 qt/ha, avec une valeur moyenne de 27.5 qt/ha.

Selon *Gul et Coban (2020)* ont rapporté que le rendement en graines était principalement influencé par le génotype. Si l'on suppose des conditions environnementales optimales, notamment des précipitations et des températures modérées pendant les mois de Novembre et Décembre, qui coïncident avec les stades de floraison et de remplissage des graines, permis d'obtenir des rendements en graines de tournesol plus élevés.

En effet, comme le soulignent (*Öztürk, 2021*) et (*Ştefan, 2016*), une bonne disponibilité en eau et des températures modérées pendant ces stades critiques du développement de la plante favorisent une transpiration optimale et réduisent le stress hydrique, ce qui se traduit par une augmentation du rendement en graines. Selon *Bonea et al., (2012)* l'optimisation des conditions environnementales, en particulier l'accès à l'eau et la gestion des températures, joue un rôle crucial dans la maximisation du rendement en graines de tournesol.

Le tournesol est une culture intéressante pour les zones arides car il tolère bien le stress hydrique, en particulier pendant la phase de sensibilité avant la floraison. Cependant, une irrigation maîtrisée peut grandement améliorer les rendements, avec un gain moyen de 0.8 à 1.4 q/ha par tranche de 10 mm apportés, selon le type de sol (*Martin-Monjaret et al., 2020*). Sur les sols superficiels et intermédiaires, l'irrigation est rentable. Mais sur les sols profonds, la valorisation de l'eau est plus aléatoire car le tournesol peut puiser dans les réserves hydriques en profondeur Selon *Martin-Monjaret et al., (2020)*, Il faut raisonner les apports d'eau en fonction de la croissance du tournesol et de son état de stress, plutôt que de se baser sur un calendrier fixe. Le premier apport peut être fait avant ou pendant la floraison, en évitant d'irriguer par temps humide pour limiter les risques de maladies. Le tournesol est une culture rustique qui peut être cultivée dans des régions au climat chaud et sec, mais il

nécessite tout de même une certaine pluviométrie ou irrigation pour donner de bons rendements (*Lecomte et Nolot, 2011*).

# *Conclusion*

---

Les résultats de cette étude mettent en lumière plusieurs aspects importants concernant les variétés de tournesol :

- Les taux de levée des trois variétés de tournesol (Kalamis, Baron F1 et Sy kara) varient respectivement de 90%, 95% et 99%. La germination des graines est influencée par le génotype et les conditions environnementales, en particulier le manque d'eau qui peut limiter le développement des plantes.

- Les stades phénologiques des variétés ont été suivis, montrant des différences dans les délais pour atteindre la floraison et la maturité. Par exemple, Kalamis a mis 64 jours pour la floraison, tandis que Sy kara a été plus précoce avec 56 jours.

- Les paramètres de croissance tels que la hauteur des plantes et le diamètre des disques floraux varient entre les variétés, influencés par le génotype, les conditions environnementales et les pratiques culturales.

- En termes de rendement en graines, Kalamis a affiché le rendement le plus élevé avec 33,3 q/ha, suivi de Baron F1 avec 27,6 q/ha et Sy kara avec 18 q/ha. Le rendement dépend fortement du génotype, des conditions environnementales et des pratiques de culture.

Les résultats de l'étude sur les variétés de tournesol testées révèlent des différences significatives dans divers paramètres de croissance et de rendement. La variété Kalamis a montré des performances variables, prenant plus de temps pour la floraison et la maturité, mais présentant un diamètre de disque de fleur et une hauteur de plante plus élevés. En revanche, la variété Sy kara a montré une floraison et une maturité plus rapides, avec des rendements en graines plus faibles. Ces résultats soulignent l'importance de facteurs tels que le génotype, les conditions environnementales et la gestion de l'eau pour optimiser les rendements en tournesol. Il est crucial de noter que la disponibilité en eau et les températures modérées pendant les stades critiques de développement de la plante sont essentielles pour maximiser le rendement en graines. En outre, l'irrigation contrôlée peut améliorer significativement les rendements, soulignant l'importance de la gestion de l'eau pour la culture du tournesol, en particulier dans les zones arides.

# *Références bibliographiques*

- 
- Abou al fadil T 2006. Déterminisme de la tolérance du tournesol à *Phoma macdonaldii* au collet et sur racines : approches génétiques et histologiques. Thèse doctorat : Institut National Polytechnique de Toulouse. 196p.
  - Agreste 2003. L'utilisation du territoire en 2002. Agreste Chiffres et Données Agriculture : 55-65.
  - Amrani M 2013. La culture de tournesol. Fiche technique de l'institut technique des grandes cultures Algérie.
  - Anjum SA, Wang LC, Farooq M, Hussain M, Xue LL, Zou CM (2011). Brassino-lide application improves the drought tolerance in maize through modulation of enzymatic antioxidants and leaf gas exchange. *J. Agron. Crop Sci.* 197: 177–185.
  - Arias DM and Rieseberg LH 1995. Genetic relationships among domesticated and wild sunflowers. *Economic Botany* 49 : 239-248.
  - Asa E 2008. Contrôle génétique de la qualité des graines chez le tournesol (*Helianthus annuus* L.) soumis à la sécheresse. Thèse doctorat : Institut National Polytechnique de Toulouse. 177p.
  - Attab M 2022. Comparaison des prévisions du changement climatique d'une région subhumide (cas de Guelma) et d'une région aride (cas d'Ouargla). Mémoire Master. Université Kasdi Merbah Ouargla, 66 p
  - Ayerdi-Gotor A (2008). Etude des variations des teneurs et de la variabilité des compositions en tocophérols et en phytostérols dans les akènes et l'huile de tournesol (*Helianthus annuus* L.). Thèse doctorat : Institut National Polytechnique de Toulouse. 196p.
  - Bau H.M., Mohtadi-Nia D.J., Mejean L., et Debry G., 1983. Preparation of colorless sunflower protein products: effect of processing on physicochemical and nutritional properties. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, 60, 6, 1141-1148.
  - Berot S. et Briffaud J., 1983. Parameters for obtaining concentrates from rapeseed and sunflower meal. *Qualitas Plantarum Plant Foods for Human Nutrition*, 33, 2, 237-242.
  - Bonea, D., Borleanu, C.I., Urechean, V., Constantinescu, E. 2010. Agronomic value of some sunflower hibryds cultivated in Oltenia area. *Annals of the University of Craiova-Agriculture, Montanology, Cadastre Series*, XL (2), 46–51
  - Bonea, D., Urechean, V., Constantinescu, E., Iancu, D. 2012. The behaviour of some sunflower (*Helianthus annuus*) hybrids from abroad under water and heat stress at ARDS Simnic. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LV, 129–132.
  - Bonea, D., Urechean, V., Mîndrilă, G., Iancu, D. 2013. Results on the yield and correlations between characters in some sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids grown in Oltenia. *Annals of the University of Craiova, Agriculture, Montanology, Cadastre Series* 43:73-77.
  - Borleanu, I.C., Bonea, D. 2020. Investigation of relationships between seed yield and agronomic traits in sunflower. *Scientific Papers. Series A. Agronomy* 63(1):192-197.
  - Borlescu C, Giurginca M, Demetrescu I 2007. Evaluation of stability of some natural and synthesis antioxidants in dermato-cosmetics with anti-ageing effect. *Revista de Chimie.* 58 (1): 28- 32.

- 
- Bouzerzour H. & Dekhili M., 1995. Heritabilities, gains from selection and genetic correlations for grain yield of barley grown in two contrasting environments. *Field Crops Res*, vol. 41, 173-178.
  - CETIOM (2002). *Tournesol : les techniques culturales, le contexte économique*.
  - Cetiom (2004). *Centre technique de la filière française des huiles et protéines végétales*. Ed.
  - Champolivier L, Debaeke P, Merrien A 2011. Pourquoi irriguer le tournesol, une culture réputée tolérante à la sécheresse ? *Innovations Agronomiques*. 14: 151-164.
  - Chervet B, Vear F. 1990. A study of the relations between earliness in sunflowers and yield, oil content, development and morphology. *Agronomie* 10: 51–56.
  - Clapco, S., Gisca, I., Cucereavii, A., Duca, M. 2019. Analysis of yield and yield related traits in some sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids under conditions of the Republic of Moldova. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LXII (1), 248–257.
  - Cook RE 1979. Patterns of juvenile morbidity and recruitment in plants. In: O. T. Solbrig, S. Jain, G. B. Johnson, and P. H. Raven (eds.), *Topics in Plant Population Biology*, 207-301. Columbia University Press, Los Angeles. *d'agronomie. Castanet-Tolosan 31326*: 21-26.
  - Dauguet S. 2019. *Les bonnes pratiques de stockage du tournesol*, 3p
  - Duca, M., Port, A., Burcovschi, I., Joița-Păcureanu, M., Dan, M., 2022. Environmental response in sunflower hybrids: a multivariate approach. *Romanian Agricultural Research*, 39: 139-152.
  - Ebrahimi A, Maury P, Berger M, Poormohammad Kiani S, Nabipour A, Shariati F, Grieu P, Sarrafi A 2008. QTL mapping of seed-quality traits in sunflower recombinant inbred lines under different water regimes. *Genome*, 51: 599–615.
  - Evans CE et Etherington JR 1990. The effect of soil water potential on seed germination of some British plants. *New Phytol*. 115: 539-548.
  - Fick, G.N. 1978. Breeding and Genetics. In: *Sunflower Science and Technology*. Am. Soc. Agron. and Crop Sci. Madison. \NI. pp.279 - 338.
  - Folmer BM 2003. Sterol surfactants: from synthesis to applications. *Advances in Colloid and Interface Science*. 103 : 99-119.
  - Gnis. 2008. *Cultivons la diversité des plantes cultivées (avoine, blé dur, blé tendre, brome, colza, épeautre, lin, luzerne, maïs, orge, phacélie, pois, ray-grass anglais, raygrass d'Italie, sainfoin, sarrasin, seigle, sorgho, tournesol, trèfl es, triticale, vesce...)*. Association Inven terre, membre du GRAINE Ile-de-France.
  - Granier C, Tardieu F 1998. Is thermal time adequate for expressing the effects of temperature on sunflower leaf development? *Plant Cell and Environment*. 21:695-703.
  - Grignon, CETIOM, 36p
  - Gueta-Dahan Y, Yaniv Z, Zilinskas A, Ben Hayyim G 1997. Salt and oxidative stress; similar and specific responses and their relation to salt tolerance in Citrus. *Planta*. 203: 460–469.
  - Gul, V et Coban, F. 2020 Determination of yield and quality parameters of oil sunflower genotypes grown in Turkey. *Turk J Field Crops*, 25(1), 9-17.

- 
- Hammouda N., 2013. Contribution à l'étude de l'effet de l'action anthropique sur les zones humides du sud –est du Sahara (Cas de l'Oued Righ). Mémoire de mastère en sciences agronomiques, Université KASDI MERBAH-Ouargla. 71p.
  - Hichri S 2009. Effets des dates de semis sur la productivité de cinq lignées autochtones de tournesol (*Helianthus annuus* L.). Mastère de recherche. Institut National Agronomique de Tunisie : 76.
  - Jones RA 1986. High salt-tolerance potential in *Lycopersicon* species during germination. *Euphytica* 35: 576-582.
  - Khan, A., M. Ahmed and S.S. Shaukat. 2018. Allelopathy: An overview. *Fuuast. J. Biol.*, 8(2): 331-350.
  - Laisney J., 1984. L'huilerie moderne. Ed. Masson, 79-86.
  - Lartigot I 2015. Guide de culture. Centre technique de la filière française des huiles et protéines végétales. Ed. CETIOM.
  - Lebdi N., 2001. Dynamique interne du milieu agricole saharien : déclin ou renouveau des systèmes de production ? (Cas de cinq zones de la vallée d'oued Righ). *Mém. d'Ing d'agro. ITAS Ouargla*, pp : 22, 26, 27, 54.
  - Lecomte V., Nolot J.M., 2011. Place du tournesol dans le système de culture. *Innovations Agronomiques* 14, 59-76
  - Lisar SYS, Motafakkerzad R, Hossain MM, Ismail MM, Rahman IMM 2012. Water stress in plants: Causes, effects and responses. Introductory Chapter in Book: Water Stress, Publisher: In Tech: Rijeka, Croatia, Editors: Ismail MM. Rahman, Hiroshi Hasegawa.1–14.
  - Philippe M.E 2008. Nouveau procédé de bioraffinage du tournesol plante entière par fractionnement thermo-mécano-chimique en extruder bi-vis : étude de l'extraction aqueuse des lipides et de la mise en forme du raffinat en agromatériaux par thermomoulage, thèse de doctorat, Université de Toulouse,
  - Maertens C, and Bosc M, 1981 : Etude de lenracinement du Tournosol, cv stadium. *Inf. Tech. CETIOM*, N° 73. Pp 3-11.
  - Martin-Monjaret C et Tourton E, 2020. Les vrai-faux de l'irrigation du tournesol. *Terres Inovia*.<https://www.terresinovia.fr/-/les-vrai-faux-de-l-irrigation-du-tournesol>, (03/05/2021)
  - Merrien A, Grandin G 1990. Comportement hydrique du tournesol : synthèse des essais 'irrigation' 1983-88. In : *Le tournesol et l'eau : adaptation à la sécheresse, réponse à l'irrigation*. Editions Cetiom, Paris .75–90
  - Merrien A, Milan MJ 1992. *Physiologie du tournesol*. Ed CETIOM, Paris.
  - Merrien A. 1992. *Physiologie du tournesol*. Cetiom (Paris), 66 p.
  - Mirleau-Thebaud V 2012. Effets des contraintes mécaniques du sol sur la limitation des rendements du tournesol. Thèse doctorat : Institut National Polytechnique de Toulouse. 282p.
  - Nolot JM, Debaeke P 2003. Principes et outils de conception, conduite et évaluation de systèmes de culture. *Cahiers Agricultures*. 12: 387-400.
  - Nouri L 2011. Identification de marqueurs physiologiques de la tolérance à la sécheresse chez le tournesol. Thèse doctorat. Université des frères Mentouri Constantine.141p.

- 
- Nouri M, Homae M, Bannayan M and Hoogenboom G 2017. Towards shifting planting date as an adaptation practice for rainfed wheat response to climate change. *Agricultural*
  - Öztürk, F. 2021. Determination of seed yield, oil and fatty acid composition of some oil type sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes in Diyarbakır conditions. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(1):30- 40. DOI :10.29050/harranziraat.756505
  - Ramaraj B. 2007. Cross linked poly (vinyl alcohol) and starch composite films: Study of their physic mechanical, thermal and swelling properties. *Journal of Applied Polymer Science*. 103 (2): 1127-1132.
  - Rastoin JL, Benabderrazik EH 2014. Céréales et oléoprotéagineux au Maghreb. Pour unco-développement de filières territorialisées. Institut de prospective économique dumonde Méditerranéen.32p 32 page.
  - Reddy AR, Chaitanya KV, Vivekanandan M (2004). Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *J. Plant Physiol.*161: 1189–1202.
  - Roche J 2005. Composition de la graine de tournesol (*Helianthus annuus* L.) sous l’effet conjugué des contraintes agro-environnementales et des potentiels variétaux. Thèse doctorat : Institut National Polytechnique de Toulouse. 305p.
  - Rouilly A, Meriaux A, Geneau C, Silvestre F, Rigal L 2006. Film extrusion of sunflower protein isolate. *Polymer Engineering and Science*. 46 (11): 1635-1640.
  - Rousset P (2008). Guide technique pour une utilisation énergétique des huiles végétales. – Brasília : Cirad, 288p.
  - Scheiter AA, Millr JF 1981. Description of sunflower growth stages. *Crop Sci* 21 : 901-903.
  - Seassau C 2010. Etiologie du syndrome de dessèchement précoce du tournesol : implication de *Phoma macdonaldii* et interaction avec la conduite de culture. Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse. 209p
  - Shigaki, F., Veras, L.M., De Jesus Siqueira, E.T., Freitas, J.R.B., Costa, M.K.L., De Carvalho, C.G.P. 2019. Sunflower genotype selection for oil production in the pre-amazon region of Brazil. *Journal of Agricultural Science* 11(8):248-256. doi:10.5539/jas.v11n8p248.
  - Sincik, M., Goksoy, A.T. 2014. Investigation of correlation between traits and path analysis of confectionary sunflower genotypes. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 42(1), 227–231.
  - Ștefan, M. 2016. Phytotechnics of sunflower and rapeseed. Universitaria Publishing House, Craiova, Romania. p. 25-30.
  - Tabără, V., Rîșnoveanu, L., Gîscă, I., Clapco, S., Joița-Păcureanu, M., Duca, M. 2018. Évaluation de certains hybrides de tournesol concernant la résistance à la sécheresse en République de Moldavie et en Roumanie. *Science agricole* 2 :8-16.
  - Villalobos J., Sadras O., Soriano A., Fereres E. 1994. Planting density effects on dry matter partitioning and productivity of sunflower hybrids. *Field Crops Research* ; 36, 1-11.
  - Wang W, Vinour B, Altman A 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*. 218 : 1–14.

