



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد بوضياف- المسيلة

Université MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master 2

DEPARTEMENT : des Sciences Agronomiques

DOMAINE : Sciences de la Nature et la Vie

FILIERE : Sciences Agronomiques

OPTION : Production végétale

La culture d'ail dans la wilaya de M'sila Situation, conduite et suivi de la culture (région d'Ouled Derradj)

Présenté par :

Mme. *BENREKIA Fatima Zohra*

Le jury composé de :

Président : Mr. BENNIOU Ramdane

Promotrice : Mr. BEN KHERBACHE N.

Examineur : Mr. HADJ KOUIDER Boubaker

Année Universitaire : 2019/2020



Remerciement

Tout d'abord, je remercie *Allah*, le tout puissant pour m'avoir donné la force, le courage, la santé et les moyens afin d'accomplir ce modeste travail.

Ce travail n'aurait jamais pu arriver à terme, sans la précieuse contribution et collaboration des diverses personnes. Nous voudrions adresser nos sincères remerciements à tous ceux qui ont apporté leur assistance et leur soutien à la réalisation de ce mémoire.

En premier lieu, je tiens à remercier ma directrice de thèse, Mme BENKHERBACHE N. , pour la confiance qu'il m'a accordée en acceptant d'encadrer ce travail, pour ses multiples conseils et pour toutes les heures qu'il a consacrées à diriger cette recherche. J'aimerais également lui dire à quel point j'ai apprécié sa Gentillesse, ses Encouragements et ses précieux conseils, sa disponibilité et son respect sans faille des délais serrés de relecture des documents que je lui ai adressés. Enfin, j'ai été extrêmement sensible à ses qualités humaines d'écoute et de compréhension tout au long de la réalisation de ce travail.

Mes remerciements vont également à l'ensemble des membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont bien voulu porter à ce travail, et plus particulièrement, Mr le Professeur BENNIOU Ramdane qui m'a fait honneur d'avoir accepté de présider le jury de thèse. Je suis très reconnaissante envers Mr HADJ KOUIDER Boubaker maître de conférence, d'avoir accepté d'examiner ce travail, auxquels j'aimerais exprimer ma gratitude, mes sincères remerciements et mon grand respect.

Je tiens particulièrement à remercier les responsables des direction qu'on a visité, Mr Aouina A., chef service des statistiques chez la DSA de M' sila, Mr Laiifaoui M., responsable chez la subdivision agricole d'Ouled Derradj, pour leurs aides précieuses, Mr Belajouz A., diecteur de la chambre d'Agriculture de M'sila, sans oublier de remercier Mr Mahdi pour ses aides sur terrains au moment de la collecte des données.

Je remercie aussi les agriculteurs de la région d'Ouled Derradj, qui étaient vraiment gentilles et généreux.

A mes proches :

A ma mère, grâce à qui j'en suis là aujourd'hui. Je te remercie pour ton soutien, tes encouragements et ton aide durant ces années d'études mais aussi les années d'avant. J'espère que tu es fière de moi.

A mon papi, pour toutes nos discussions, ton écoute attentive, ta gentillesse et ta compréhension depuis toujours. Merci d'être mon papa.

A mon cher ami Abdelbasset, pour avoir été toujours présent depuis toute la période quand a passé ensemble, pour tes conseils, pour ta gentillesse, ta générosité ; un simple merci ne suffit pas pour ton amitié, ta confiance que tu m'accordes et ton soutien, pour ta spontanéité et ta joie de vivre, parce qu'être avec toi est une bouffée d'oxygène. Merci d'être là pour moi.

Je remercie également toute personne qui m'a aidé de loin ou de près afin de réaliser ce travail.

Merci également à ceux que je n'ai pas cités mais qui ont partagé ma vie ou la partagent encore.

A tous ceux qui j'aime et ceux qui m'aiment

Merci à tous



Dédicace

A mes chers parents, pour leurs encouragements aux moments difficiles, pour leur amour et patience qu'ils ont toujours manifestés à mon égard, qu'ils trouvent ici le témoignage de mon profond respect et gratitude.....

À la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie. A mes fleurs qui m'ont donné la volonté et l'espoir de reprendre l'envie d'étude et de recherche, mes chères fillettes

A mon très cher ami *Abdelebasset* qui m'a soutenue et m'a encouragé énormément...

A mes très chères sœurs *Hadjer, Imène, Rekia, Radhia* et *Chaima* ...

A l'esprit de mes grands-mères *Fatima Zohra* et *Rekia*

A mes collègues du travail, chacun dans son poste...

A ma famille *Benrekia*.....

Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur.

A tous ceux que j'estime.

Je dédie cette trace de ma vie.

BENREKIA Fatima zohra

Résumé :

La culture d'ail connaît une progression importante en Algérie dans ces dernières années. Elle bénéficie d'un accompagnement de l'état par le stockage, l'irrigation et l'approvisionnement en semences. Dans ce contexte, notre étude a pour objectif d'analyser la situation de la production d'ail dans la région de M'sila et d'évaluer sa conduite à travers une enquête et un suivi de culture dans la région d'Ouled Derradj pour décrire la dynamique agricole dans la région d'étude par les techniques culturales pratiquées par les agriculteurs de la région.

Notre étude est organisée en trois parties : *La première partie* concerne la situation de la production d'ail dans la région de Ouled Derradj réalisée par collecte de données auprès de la Direction de service agricole de la wilaya de M'sila et de la subdivision agricole de Ouled Derradj. *La deuxième partie*, porte sur la conduite de la culture d'ail dans la région d'étude par analyse de l'itinéraire technique pratiqué par les agriculteurs de la région par le biais d'enquête réalisée sur terrain sur 29 agriculteurs. Et enfin *la troisième partie*, le suivi de la culture d'ail dans la même région d'étude, qui consiste à expliquer le rendement et ses composantes d'une culture d'ail chez 10 agriculteurs et de mesurer l'effet des composantes de l'itinéraire technique sur le rendement.

Les résultats obtenus montrent que les itinéraires techniques pratiqués par les producteurs d'ail dans la région d'étude jouent un rôle très important ; nous avons identifié l'itinéraire le plus performant et qui permet l'obtention de rendement élevé. Le rendement est élaboré par le nombre de bulbes par hectare, le poids de bulbe et aussi le nombre de caïeux par bulbe. L'agriculteur 02 a réalisé le rendement le plus élevé (279,3q/ha) et son itinéraire technique repose surtout sur la bonne préparation du sol, l'apport d'engrais de fond, la préparation des gousses juste avant plantation, le choix des meilleurs caïeux plantés, le respect de dose de semis, le respect des doses et fréquence d'irrigation et de fertilisation, l'entretien de la culture, le désherbage manuel et chimique au moments appropriés, les traitements contre les maladies, le respect de la période de récolte, le séchage et enfin le conditionnement.

Mots clés : *Allium sativum*, itinéraire technique, rendement, région d'Ouled Derradj.

Abstract :

The cultivation of garlic has experienced significant progress in Algeria in recent years. It benefits from government support through storage, irrigation and seed supply. In this context, our study aims to analyze the situation of garlic production in the region of M'sila and to assess its conduct through a survey and monitoring of cultivation in the region of Ouled Derradj to describe the agricultural dynamics in the study region by the cultivation techniques practiced by the farmers of the region.

Our study is organized in three parts: *The first part* concerns the situation of garlic production in the region of Ouled Derradj carried out by collecting data from the Directorate of agricultural service of the wilaya of M'sila and the agricultural subdivision by Ouled Derradj. *The second part* deals with the conduct of garlic cultivation in the study region by analyzing the technical route practiced by farmers in the region through field surveys carried out on 29 farmers. And finally *the third part*, the monitoring of garlic cultivation in the same study region, which consists in explaining the yield and its components of a garlic crop in 10 farmers and measuring the effect of the components of the technical route on performance.

The results obtained show that the technical itineraries practiced by garlic producers in the study region play a very important role; we have identified the most efficient route which allows obtaining high efficiency. The yield is worked out by the number of bulbs per hectare, the weight of bulb and also the number of cloves per bulb. Farmer 02 achieved the highest yield (279.3q / ha) and his technical itinerary relies above all on good soil preparation, the addition of basic fertilizer, the preparation of cloves just before planting, the choice of the best cloves planted, the respect of sowing dose, the respect of the doses and frequency of irrigation and fertilization, the maintenance of the culture, the manual and chemical weeding at the appropriate times, the treatments against the diseases, the respect of the harvest period, drying and finally packaging.

Key words: *Allium sativum*, technical route, yield, Ouled Derradj region.

الملخص

شهدت زراعة الثوم في الجزائر خلال السنوات الأخيرة تقدماً كبيراً، إذ استفادت من مرافقة ودعم الدولة في مجال التخزين، الري وتوفير البذور. وفي هذا المجال، تضمنت دراستنا تحليل وضعية إنتاج الثوم في ولاية المسيلة، تقييم طريقة زراعته وهذا عن طريق استبيان ميداني، وكذا مرافقة زراعته في منطقة أولاد دراج، وهذا بهدف وصف الديناميكية الزراعية في المنطقة عن طريق التقنيات الزراعية المطبقة من طرف فلاحي المنطقة.

تنقسم دراستنا إلى ثلاثة أجزاء: الجزء الأول تضمن حالة إنتاج الثوم في منطقة أولاد دراج، وهذا من خلال جمع البيانات من مديرية المصالح الفلاحية لولاية المسيلة والمقاطعة الفلاحية لدائرة أولاد دراج، أما الجزء الثاني فتضمن طريقة زراعة الثوم في المنطقة عن طريق تحليل الطرق التقنية المتبعة من طرف فلاحي المنطقة بواسطة استبيان ميداني لـ 29 مستثمرة فلاحية. وأخيراً الجزء الثالث، والذي تضمن متابعة زراعة الثوم في نفس المنطقة، إذ تطرقنا فيها لمردود الثوم ومكوناته في 10 مستثمرات فلاحية وقياس مدى تأثير الطرق التقنية على هذا المردود.

النتائج المحصل عليها أثبتت أن الطرق التقنية المطبقة من طرف منتجي الثوم في المنطقة تلعب دوراً مهماً، إذ مكنتنا هذه الدراسة من معرفة التقنية الأنجع للحصول على أكبر مردود. يتم حساب مردود الثوم من خلال عدد البصيلات في الهكتار، وزن البصيلة، وزن فص البصيلة وكذا عدد الفصوص في البصيلة الواحدة.

حقق الفلاح رقم 02 أكبر مردود بـ 279.3 ق/هـ، إذ ركز في طريقته التقنية المتبعة على التحضير الجيد للتربة، إضافة أسمدة العمق، تحضير الفصوص قبل الزرع مباشرة، اختيار الفصوص السليمة والجيدة للزرع، احترام كمية البذور المزروعة، احترام كمية الأسمدة المضافة وكذا كمية الماء المخصصة للسقي، مكافحة الأعشاب الضارة يدوياً وكيميائياً و في الأوقات المناسبة، استعمال المبيدات الحشرية و الفطرية، احترام فترة الجني، التجفيف وكذا التخزين.

الكلمات الدالة: الثوم، الطرق التقنية، المردود، منطقة أولاد دراج.

Table des figures

- Figure 1** : Production et échanges d'ail dans le monde. (FAOSTAT, moyennes 2011-2013).
- Figure 2** : Tête d'ail en coupe longitudinale (à gauche) et coupe transversale (à droite) avec ses schémas (Meddine et Yessaad, 2017).
- Figure 3** : Aspect morphologique de l'ail (Dethier, 2010).
- Figure 4** : Fleurs de la plante d'ail (Botineau, 2010).
- Figure 5** : Stades phénologiques de l'ail (Feller et al. 1995).
- Figure 6** : La préparation des caïeux pour la plantation (Photo réelle prise dans la région de Lekhben, commune de Souammaa, Mai 2020).
- Figure 7** : La plantation des caïeux d'ail (Meddine et Yessaad, 2017).
- Figure 8** : Irrigation d'ail par le goutte-à-goutte (Meddine et Yessaad, 2017).
- Figure 9** : Paillage du sol pour la culture d'ail (Meddine et Yessaad, 2017).
- Figure 10** : Les différentes maladies et ravageurs de l'ail (Meddine et Yessaad, 2017).
- Figure 11** : Illustration du stade de récolte (Regourd, 2008)
- Figure 12** : Séchage à la barre.
- Figure 13** : Séchage en palox.
- Figure 14** : Carte géographique de la wilaya de M'Sila (DSA M'Sila, 2020).
- Figure 15** : Les communes de la région d'étude d'Ouled Derradj.
- Figure 16** : Photo réelle de la variété *Joumana*.
- Figure 17** : Situation de l'essai et dispositif.
- Figure 18** : Photos réelles de mesure des paramètres étudiés.
- Figure 19** : Superficies de plantation d'ail dans la wilaya de M'sila de (2009-2019) (DSA M'sila, 2020).
- Figure 20** : Evolution des superficies de plantation d'ail vert et d'ail sec dans la wilaya de M'Sila de 2013 à 2019.
- Figure 21** : Distribution des plantations d'ail à travers la région de M'Sila en 2019.
- Figure 22** : Evolution de la production totale d'ail dans la wilaya de M'Sila (2010-2020) (DSA M'Sila, 2020).
- Figure 23** : Répartition de production d'ail à travers les communes de la wilaya M'Sila (2010-2019).

Figure 24 : Evolution de la production d'ail en vert et ail sec dans la wilaya de M'Sila (2013-2020).

Figure 25 : Evolution du rendement de l'ail vert et sec de la région de M'Sila de 2010 à 2020 (q/ha)

Figure 26 : Variation du prix de vente de l'ail sur le marché de la wilaya de M'Sila (A : 2017, B : 2018 et C : 2019).

Figure 27 : Répartition du nombre de producteurs d'ail dans la région d'Ouled Derradj (2019-2020).

Figure 28 : Choix de la culture d'ail par les agriculteurs de la région.

Figure 29 : Evolution des superficies consacrées à l'ail dans la daïra d'Ouled Derradj de 2017 à 2018.

Figure 30 : Production d'ail dans la région d'Ouled Derradj. (a : production totale, b : production d'ail vert et sec).

Figure 31 : Les différents types du sol de la région d'Ouled Derradj.

Figure 32 : Taux d'apport d'engrais de fond par les agriculteurs de la région.

Figure 33 : Type d'engrais de fond apporté par les agriculteurs.

Figure 34 : Taux de pratique de rotations par les agriculteurs.

Figure 35 : Le mode rotation pratiqué par les agriculteurs.

Figure 36 : Le type de cultures associées à l'ail par les agriculteurs de la région.

Figure 37 : Photo réelle d'une charrue à 2 disques chez un producteur d'ail.

Figure 38 : Photo réelle des planches de cultures (*feddanas*).

Figure 39 : Dimension des planches de culture réalisées par les agriculteurs.

Figure 40 : Les différentes dates de plantation d'ail la région d'Ouled Derradj.

Figure 41 : Les variétés d'ail cultivées avec *Joumana* dans la région d'étude.

Figure 42 : Les différents âges d'importation de semences d'ail dans la région d'étude.

Figure 43 : Photos réelles de système de *Saguia*.

Figure 44 : Les différents systèmes d'irrigation appliqués dans la région d'étude.

Figure 45 : Volume d'eau apporté à la culture d'ail par les agriculteurs.

Figure 46 : Photo réelle de l'urée.

Figure 47 : Les différents apports de fertilisation foliaires par les agriculteurs.

Figure 48 : Planches de culture de l'ail en pleine végétation après une opération de binage.

Figure 49 : Identification des mauvaises herbes par un agriculteur dans la région de Lekhben dans la commune de Souamaa (Photo réelle).

Figure 50 : Les différentes espèces d'adventices en concurrence avec la culture d'ail durant le cycle végétatif.

Figure 51 : Les insectes dominant qui attaquent les cultures d'ail de la région.

Figure 52 : Les maladies cryptogamiques qui touchent la culture d'ail de la région.

Figure 53 : Période de récolte de l'ail vert et sec dans la région. (**a** : début de la récolte, **b** : fin de la récolte).

Figure 54 : Photo réelle de la récolte dans la région de Braktia de la commune d'Ouled Derradj le 19 Mai 2020.

Figure 55 : Variation de rendement d'ail en vert et ail sec chez les différents agriculteurs de la région d'étude (2019-2020).

Figure 56 : Photo réelle de l'opération du séchage dans la région de Lekhben, commune de Souamaa (Le 19 Mai 2020).

Figure 57 : Photo réelle de la suite de l'opération de séchage dans un hangar après 7 jours de séchage en plein champ dans la région de Laaouassa, commune de Souamaa.

Figure 58 : La durée de stockage d'ail dans la région d'étude (2020).

Figure 59 : La transformation de l'ail par les agriculteurs de la région d'étude.

Figure 60 : Lieux de commercialisation d'ail de la région d'étude (2020).

Figure 61 : Variation du prix de vente de l'ail (vert et sec) dans la région d'étude (2020).

Figure 62 : Longueur moyenne de la grande feuille des plants d'ail.

Figure 63 : Les moyennes de la largeur de la grande feuille.

Figure 64 : Nombre de feuilles par plant d'ail obtenu par les agriculteurs.

Figure 65 : Hauteur des plants d'ail (cm).

Figure 66 : Les moyennes de diamètre de collet (cm).

Figure 67 : Diamètre de bulbe d'ail (cm).

Figure 68 : Hauteur des bulbes d'ail.

Figure 69 : Diamètre des caïeux (cm).

Figure 70 : Le poids du bulbe (g).

Figure 71 : Les moyennes de poids de caïeu (g).

Figure 72 : Les moyennes de nombre de caïeux par bulbe.

Figure 73 : Les moyennes du rendement en bulbe.

Table des tableaux

Tableau 01 : La production mondiale d'ail (FAO-Ctifl, 2016).

Tableau 02 : Superficie, production et rendement en Algérie (FAOSTAT consulté en Mars 2020).

Tableau 03 : Les principales maladies de l'ail (Si Bennasseur, 2005 ; Allen, 2009 ; Colin, 2016 ; Medine et Yessaad, 2017).

Tableau 04 : Les ravageurs de l'ail (Si Bennasseur, 2005 ; Allen, 2009 ; Colin, 2016 ; Medine et Yessaad, 2017).

Tableau 05 : Caractéristiques qualitatives et tolérances par catégorie d'ail (Source : Norme CEE-ONU FFV-18, édition 2010, diffusée le 03/02/2011).

Tableau 06 : Calibrage et tolérances par catégorie d'ail (Source : Norme CEE-ONU FFV-18, édition 2010, diffusée le 03/02/2011).

Tableau 07 : Les pratiques culturales réalisées sur les dix (10) essais.

Tableau 08 : Plantation de l'ail vert et ail sec dans la région d'Ouled Derradj (2015-2017) (ha).

Tableau 09 : Production de l'ail vert et ail sec dans la région d'Ouled Derradj de 2015 à 2018 (q).

Tableau 10 : Rendement de l'ail vert et ail sec dans la région d'Ouled Derradj (2015-2017) (q/ha).

Tableau 11 : Les moyennes de caractères morphologiques de la partie aérienne.

Tableau 12 : Les moyennes et résultats statistiques des caractères morphologiques de la partie souterraine de l'ail.

Tableau 13 : Moyennes et résultats statistiques des composantes de rendement.

Tableau 14 : Les Techniques de Production réalisées pour l'ail (*Allium sativum* L.) dans la région d'Ouled Derradj. Campagne (2019-2020).

Tableau 15 : Calendrier d'itinéraires Techniques de l'Ail dans la région d'Ouled Derradj. Campagne (2019-2020).

Table des annexes

Annexe 01 : Date de début et fin de récolte de l'ail vert et ail sec dans la région de Ouled Derradj (2015-2017).

Annexe 02 : Liste des agriculteurs d'ail dans la région d'Ouled Derradj.

Annexe 03 : Tableaux de l'analyse de la variance (ANOVA) des paramètres mesurés.

Annexe 04 : Matrice de corrélation des paramètres mesurés.

Liste d'abréviation

1. **CEE-ONU FFV-18** : norme concernant la commercialisation et le contrôle de la qualité commerciale des aulx.
2. **Ctifl** : Centre technique interprofessionnel des fruits et légume.
3. **FAO** : (Food Alimentation Organisation) Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.
4. **FAOSTAT** : Food and agricultural organization statistics.
5. **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.
6. **UE** : Union Européenne.
7. **RDPA** : Régulation et développement des Productions Agricoles

Table des matières

Remerciement

Dédicace

Résumé

Absract

ملخص

Table des figures

Table des tableaux

Table des annexes

Liste d'abréviation

Introduction.....01

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre I. présentation de la culture d'ail

1.1.1.Origine géographique de l'ail	03
1.1.1.1.Situation économique.....	03
a. Dans le monde	03
b- En Algérie	04
1.1.2.Aspect botanique.....	05
a) <i>Classification botanique</i>	05
b) <i>Description morphologique de la plante</i>)	06
➤ Appareil végétatif.....	06
a- Le bulbe.....	06
b- Racines, tiges et feuilles.....	07
➤ Appareil reproducteur.....	08
a- L'inflorescence	08
b- Les fleurs	08
c- Le fruit	09
1.1.3.Composition d'ail	09
1.1.4.Utilisations, préparations et propriétés thérapeutiques.....	10
1.1.5.Cycle de développement.....	10
1.1.6.Différentes variétés d'aulx.....	11
a- Dans le monde.....	12
b-En Algérie.....	12
1.1.7.Exigences de la culture.....	13

Chapitre II : Conduite de la culture d'ail

1.2.1.Place d'ail dans la rotation.....	14
a- Préparation du sol.....	14
b- Préparation des caïeux pour la plantation (égoussage)	14
c- Densité de plantation	15
d- Plantation.....	16
e- Epoque de plantation.....	16
f- Fertilisation.....	17
g- Irrigation.....	18
1.2.2.Entretien	19
1.2.2.1.Désherbage.....	19
*Désherbage chimique	19
*Désherbage mécanique	19
*Le paillage du sol	20
1.2.2.2.Suppression de la hampe florale	20
1.2.3.Maladies et ravageurs	20
1.2.4.Récolte.....	25
a-Le stade de récolte	25
b- Méthodes de récolte	26
1.2.5.Séchage.....	27
1.2.6.Conservation, stockage et entreposage.....	27
1.2.7.Transformation.....	28
1.2.8.Les critères de qualité.....	28
a- Qualité visuelle et fermeté	28
b- Calibres.....	29
c- Analyse microbienne.....	30
1.2.9.Analyse d'ingrédients actifs.....	30
1.2.10.Aspect économique et mise en marché.....	30

Partie II : Partie expérimentale

2.1.Présentation de la région d'étude	31
2.1.1.Situation géographique	31
2.1.2.Situation du secteur agricole	31
2.2.Matériels et méthodes.....	32

2.2.1.Objectif de l'étude.....	33
2.2.2.Présentation du site expérimental.....	33
2.2.3.Choix de la région expérimentale.....	34
2.2.4.Situation géographique de la région expérimentale	34
2.2.5.Conditions édapho-climatiques.....	34
2.2.6.Matériel végétal	34
2.2.6.Protocol expérimental.....	35
2.2.6.1.Situation de la culture d'ail dans la wilaya de M'Sila.....	35
2.2.6.2.Conduite de la culture d'ail par les agriculture de la région.....	35
2.2.6.3.Etude de la production de l'ail dans la région.....	36
2.2.7.Paramètres mesurés	39
2.2.8.Traitement et analyse des données.....	41

Partie III : Résultats et discussions

3.1. Situation de la culture d'ail dans la région de M'sila.....	42
3.1.1. Superficies de plantation d'ail dans la wilaya de M'Sila de 2009-2019.....	42
3.1.2. Production d'ail dans la région de M'Sila de 2009 à 2020.....	43
3.1.3. Le prix de vente de l'ail (vert et sec) sur le marché de la wilaya de M'Sila en 2019	45
3.2. Étude diagnostique de la Conduite de l'ail dans la région d'Ouled Derradj.....	47
3.2.1. Situation de la production d'ail dans la région d'Ouled Derradj.....	47
3.2.1.1. Identification des producteurs d'ail de la région.....	47
3.2.1.2. Caractéristiques des producteurs d'ail.....	47
3.2.1.3. Superficies de plantation d'ail dans la région d'Ouled Derradj	48
3.2.1.4. Production d'ail dans la région d'Ouled Derradj.....	49
3.2.1.5. Rendements d'ail dans la région d'Ouled Derradj.....	50
3.2.2. Conduite de la culture d'ail dans la région d'Ouled Derradj.....	51
3.2.2.1. Les conditions édaphiques et amendements.....	51
3.2.2.2. Rotation et association de cultures.....	52
3.2.2.3. Travail du sol	53
3.2.2.4. Période de plantation	54
3.2.2.5. Les variétés d'ail plantées.....	55
3.2.2.6. Techniques de plantation	56
3.2.2.7. Irrigation.....	56
3.2.2.8. Fertilisation.....	57
3.2.2.9. Entretien de culture	58
3.2.2.10. Récolte	61
3.2.3. Rendement.....	63
3.2.4. Analyse phytosanitaire des bulbes	64
3.2.5. Séchage de l'ail.....	64
3.2.6. Conditionnement	65

3.2.7. Stockage.....	65
3.2.8. Transformation d'ail	65
3.2.9. Commercialisation	66
3.3. Réponse de l'ail aux types d'itinéraires techniques adoptés par les agriculteurs de la région d'Ouled Derradj.....	68
3.3.1. Les caractères morphologiques de la plante.....	68
3.3.1.1. Partie aérienne.....	68
3.3.1.1.1. La longueur de la grande feuille	68
3.3.1.1.2. La largeur de la grande feuille (cm).....	69
3.3.1.1.3. Nombre de feuilles par plant	69
3.3.1.1.4 La hauteur de la plante	70
3.3.1.1.5. Le diamètre du collet	71
3.3.1.2. Les caractères morphologiques de la partie souterraine.....	72
3.3.1.2.1. Le diamètre du bulbe.....	72
3.3.1.2.2. La hauteur du bulbe.....	73
3.3.1.2.3. Le diamètre du caïeu.....	74
3.3.2. Les composantes du rendement	75
3.3.2.1. Le poids du bulbe.....	75
3.3.2.2. Le poids du caïeu	76
3.3.2.3. Le nombre de caïeu par bulbe	77
3.3.2.4. Le rendement en bulbe.....	77
3.3.3. Corrélation entre les paramètres mesurés.....	78
3.4. Itinéraire technique de l'ail dans la région d'Ouled Derradj.....	80
Conclusion générale.....	84

Références bibliographique

Annexes

Introduction

INTRODUCTION

L'ail (*Allium sativum* L.) appartient de la famille des Alliacées (Allen, 2009). Son origine est l'Asie central (Inde, Afghanistan, Ouest de la Chine, Russie), et il est diffusé à travers le monde par le commerce et les colonisations (Tindal, 1986). L'ail a été utilisé en Chine et en Inde depuis plus de 5000 ans et en Egypte vers 2000 ans A.J. (Kamenetsky et Rabinowitch, 2001). L'ail est l'*Allium* le plus cultivé dans le monde à côté de l'oignon (Voigt, 2004).

L'ail est l'un des légumes le plus essentiel dans le monde, il est utilisé comme aliment, condiment et même comme médicament (Saliomon, 2002). Il est utilisé dans des soupes, avec la viande, dans des salades, dans des sauces de spaghetti (Brewster, 1994), comme il a des valeurs médicinales, car il est utilisé dans des traitements d'hypertension, comme antibiotique, antibactérien, antifongique, contre le diabète, contre le cancer, contre le rhumatisme, etc... (Kilgori et *al.*, 2007 ; Samavatean et *al.*, 2011).

L'ail est plus productif quand il est cultivé dans des sols fertiles bien drainés et riches en matière organique. Son cycle végétatif est de 4 à 8 mois, son besoin hydrique est de 600 à 700 mm, la température optimale nécessaire durant son cycle se situe entre 12° et 24°C ; l'ail est cultivé dans des conditions pluviales comme on peut le cultiver en irrigué (Lemma et Hearth, 1994).

La production mondiale d'ail à destination du frais et de la transformation s'élève à un peu plus de 24 millions de tonnes (FAO-Ctifl, 2016). Cette production a doublé depuis le début de la décennie 2000. Les évolutions sont en revanche très contrastées selon les grandes régions du monde. La progression très forte des volumes mondiaux découle directement de la production chinoise. Ce pays concentre désormais 80 % de la production mondiale, contre 70 % au début des années 2000.

L'Algérie occupe une place assez faible dans le monde avec une superficie de 12945ha et une production de 2 000 000q par an pour l'année 2019 et un rendement de 156,20q/ha. Cette diminution de production est imputable à plusieurs facteurs dont les principaux sont l'absence du circuit fiable, de production, de stockage de semences certifiées, et enfin de la faiblesse des rendements à cause du manque de technicité et l'indisponibilité de matériels végétal (gamme variétale très réduite) (RDPA, Mars 2020).

La modernisation du secteur agricole est l'une des principales préoccupations des pouvoirs publics dans les pays en voie de développement. En Algérie, la dépendance vis-à-vis des marchés internationaux de produits agricoles s'accroît et la sécurité alimentaire reste fragile (Ait Amara, 2009 ; Paillard et *al.*, 2010). Face à cette situation, La mise à niveau des exploitations et l'amélioration de leur productivité constituent un défi stratégique pour l'Etat algérien.

La principale contrainte de l'agriculture algérienne, qui reste en grande partie de type pluvial, est la disponibilité de la ressource eau à côté de la fertilisation et la résistance variétale envers les maladies et les insectes qui l'attaquent (Getachew et Asfaw, 2000). Face à cette situation, le recours à l'irrigation par les eaux souterraines, là où les disponibilités en eau le permettent, est une pratique qui se généralise sur tous les territoires agricoles du pays. En effet, certains territoires de la steppe connaissent depuis les vingt dernières années une nouvelle dynamique agricole portée par les pôles maraîchers émergents à travers de nombreuses wilayas steppiennes (Djelfa, Tiaret, Laghouat, M'sila...). Ces nouveaux pôles d'agricultures irriguées connaissent un développement remarquable des cultures maraîchères, grâce l'introduction de nouvelles

variétés de semences, de nouvelles techniques de production (mécanisation, système d'irrigation par aspersion). L'Etat a joué un rôle important dans l'émergence de ces nouveaux modèles agricoles en développement dans les zones steppiques. Plusieurs programmes de développement agricoles (APFA, PNDAR, concession, etc.), ont été lancés pour promouvoir la mise en valeur agricole dans la steppe.

Notre travail consiste en une étude de trois parties :

- La première partie, la situation de la production d'ail dans la région de Ouled Derradj, c'est des chiffres collectés de la Direction de service agricole de la wilaya de M'sila et de la subdivision agricole de Ouled Derradj.
- La deuxième partie, la conduite de la culture d'ail dans la région d'étude, c'est l'ensemble des itinéraires techniques pratiqués par les agriculteurs de la région qui sont organisées sous forme d'enquête sur terrain qui a été réalisée par moi-même, composée de 28 questions qui a été distribuée aux 29 agriculteurs.
- Et enfin la troisième partie, le suivi de la culture d'ail dans la même région d'étude, qui consiste à mesurer 11 paramètres de la plante chez 10 agriculteurs de 2 zones potentielles de la production d'ail de la région.

Par conséquent, le plan de la thèse est structuré en deux parties :

Partie 1 : Données bibliographique sur la plante et sa conduite de plantation.

Partie 2 : organisation du travail expérimental tout en présentant le site expérimental, le matériel végétal étudié et les itinéraires techniques utilisées ainsi que la présentation et l'interprétation des résultats obtenus et enfin une conclusion générale et perspectives.

Première partie :
Synthèse bibliographique

Chapitre I :
Présentation de la
culture d'ail

Partie I : synthèse bibliographique

Chapitre I. présentation de la culture d'ail

1-1.1. Origine géographique de l'ail

L'ail (*Allium sativum*) est une plante existante approximativement depuis 5000 à 7000 ans, elle est d'origine des steppes d'Asie centrale (Kazakhstan, Ouzbékistan et ouest de la Chine) région où il pousse à l'état sauvage (Etoh, 1988). Il était déjà cultivé en Egypte en 1600 avant J.-C., et sa culture est très ancienne aussi en Inde et en Chine. Il est transporté par la suite par les nomades vers le Sud de l'Europe et par les romains vers l'ouest de l'Europe (Grande-Bretagne). Plus tard, l'ail voyagea sur les mers du globe emporté par les vikings (Etoh et Simon, 2002).

1-1.1.1. Situation économique

a. Dans le monde

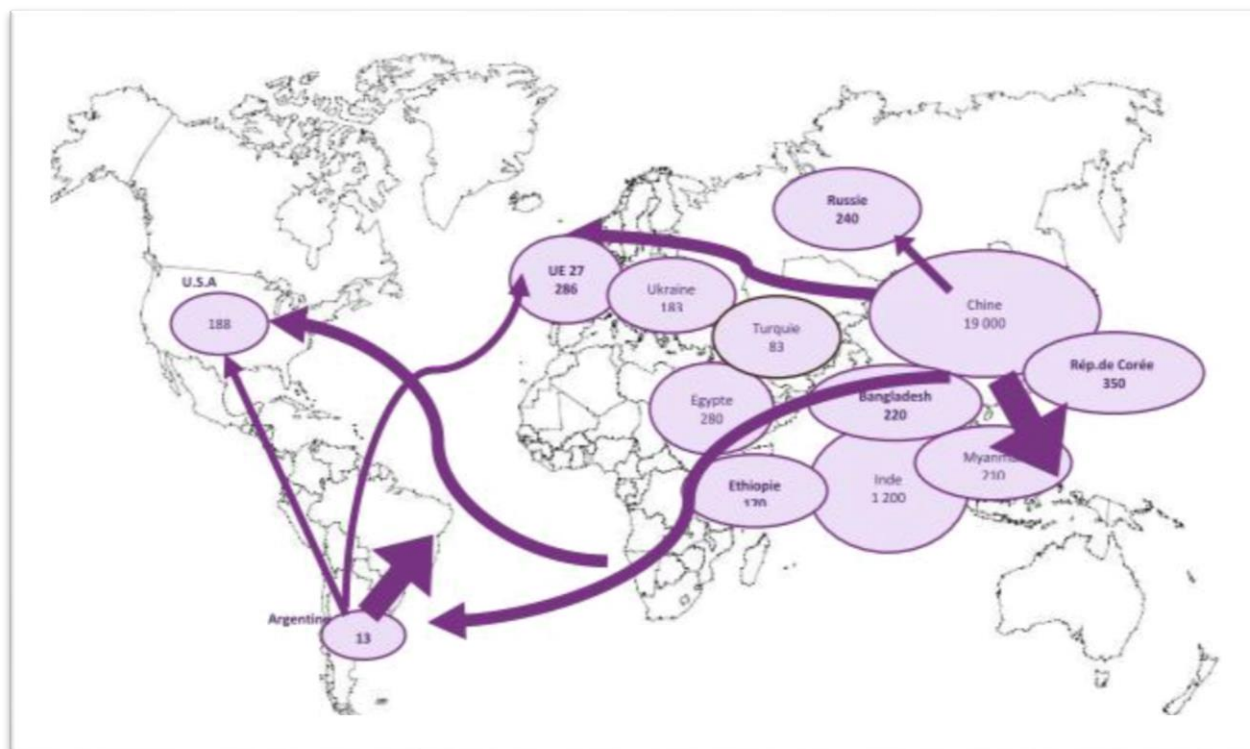
Selon la FAO « Food Agriculture Organisation » (2016), la production mondiale d'ail s'élève à plus de 24 millions de tonnes. Cette production a doublé depuis le début de la décennie 2000. Les évolutions sont en revanche très constatées selon les grandes régions du monde. La progression très forte des volumes mondiaux découle directement de la production chinoise. Ce pays produit 80% de la production mondiale (FAO-Ctifl, 2016).

L'Asie est classée en première position avec plus de 91% de production mondiale avec la dominance de la Chine qui est le premier producteur mondial, suivi par l'Europe, puis l'Amérique, et enfin l'Afrique (Tableau 01).

En Afrique, l'Algérie vient en troisième position après l'Egypte et l'Ethiopie avec un taux de production mondial de 0.33%.

Tableau 01 : La production mondiale d'ail (FAO-ctifl, 2016)

	Production Moyenne de 2000-2002	Production Moyenne de 2011-2013	%
Monde	11 716 116	22 445 323	100%
Asie	9 854 518	20 641 109	91.96%
Chine continentale	8 060 000	18 675 933	83.20%
Inde	507 133	1 181 600	5.26%
République de Corée	423 985	348 788	1.55%
Bangladesh	40 000	222 254	0.99%
Myanmar	82 025	212 534	0.94%
Europe	789 503	703 097	3.13%
Fédération de Russie	217 897	235 368	1.04%
Ukraine	128 600	176 300	0.78%
Espagne	180 342	156 254	0.69%
Roumanie	74 541	62 709	0.27%
Italie	31 403	28 698	0.12%
Belarus	0	24 975	0.11%
France	30 870	18 793	0.08%
Amérique	701 394	574 329	2.55%
Etats Unis	258 667	187 348	0.83%
Argentine	136 077	128 425	0.57%
Bésil	100 189	117 511	0.52%
Pérou	59 112	84 013	0.37%
Mexique	50 833	57 032	0.25%
Afrique	369 243	526 788	2.34%
Egypte	223 992	279 721	1.24%
Ethiopie	58 490	172 170	0.76%
Algérie	35 032	74 897	0.33%





-  Principaux pays producteurs (millions de tonnes)
-  Principaux courants d'exportations

Figure 01. Production et échanges d'ail dans le monde

b- En Algérie :

En Algérie, au cours des vingt dernières années, les superficies consacrées à l'ail ont varié de 8 500 à 12 900 ha avec une production allant de 330 000 à 2 000 000 q/an et un rendement variant de 39 et 156 q/ha (Tableau 02).

Les surfaces réservées à la culture de l'ail ont été de 10 000 ha en 2017-2018 et sont passées à près de 13 000 ha en 2018-2019 pour revenir à 10 600 ha en 2019-2020, les wilayas productrices de l'ail sont : *El-Oued, Mila, Skikda et Médéa* (RDPA, Mars 2020).

La production de la filière d'ail s'est élevée à plus de 2 millions de quintaux en 2018-2019 contre 1.3 millions de quintaux en 2017-2018. Cette évolution revient aux encouragements de l'état qui vise l'autosuffisance et l'exportation de l'ail.

La filière d'ail a bénéficié d'un accompagnement particulier, notamment en matière de stockage, d'irrigation et d'approvisionnement en semence (RDPA, Mars 2020).

L'Algérie qui importait environ 12 000 tonnes/an d'ail, a atteint l'autosuffisance et à renoncer définitivement à l'importation grâce à la production locale (RDPA, 2020). La valeur de l'importation entre (2014-2017) s'est élevée à 12 millions de dollars, un montant qui est destiné actuellement au soutien des professionnels du secteur.

Tableau 02 : Superficie, production et rendement en Algérie (FAOSTAT consulté en Mars 2020).

Année	Superficie (ha)	Production (q)	Rendement (q/ha)
2000-2001	8 930	356 050	39.87
2001-2002	8 790	334 280	30.03
2002-2003	8 960	360 630	40.24
2003-2004	9 600	420 040	43.75
2004-2005	10 444	523 200	50.09
2005-2006	10 848	464 360	42.80
2006-2007	11 433	535 132	46.8
2007-2008	11 976	545 830	45.6
2008-2009	11 456	559 251	48.8
2009-2010	11 193	599 323	53.5
2010-2011	10 574	644 938	60.99
2011-2012	9 503	539 810	56.80
2012-2013	9 055	776 480	85.75
2013-2014	8 556	930 620	108.76
2014-2015	9 197	922 050	100.25
2015-2016	10 022	1 100 007	109.76
2016-2017	9 445	1 036 270	109.71
2017-2018	9 912	1 234 750	124.57
2018-2019	12 945	2 022 010	156.20
2019-2020	10 600	Nd	Nd

Nd : *Non donné*

En plus, le ministère de l’agriculture s’emploie à souligner un programme annuel pour l’exportation de l’ail dans le cadre de l’organisation de la filière et la régulation de la production agricole, en raison du manque de ce produit sur le marché mondial ; rappelant que l’Algérie avait exportait près de 1000 tonnes d’ail vers Canada (RDPA, 2020).

Le rendement d’ail en vert varie entre 200 et 300 q/ha et le rendement d’ail sec est de 120 à 180 q/ha. La consommation individuelle par an est estimée à 2,25 kg/an/individu (FAOSTAT, Mars 2020).

1-1.2. Aspect botanique

a) *Classification botanique* :

L’ail cultivé ou l’*Allium sativum* fait partie de la famille des Liliacées, c’est une espèce de plante potagère herbacée vivace monocotylédone et diploïde ($2n= 2x =16$) (Figliuolo et *al.*, 2001).

Selon la classification de Messiaen (1996), l’ail *Allium sativum* se classe principalement en 03 sous espèces : *Sativum*, *Ophioscorodon* et *Pekinense*. Alors que Engeland (1991) l’a classée seulement en deux : *Allium sativum var. Sativum* et *Allium sativum var. ophioscorodon*. L’espèce *Allium sativum var. sativum* ne développe pas de hampe florale en conditions normales de la culture (ail à tige tendre), contrairement à *Allium sativum var. ophioscorodon* qui est reconnue par la production d’une hampe florale et des graines stériles. Les variétés qui émettent de hampe florale sont originaires de la région méditerranéenne et sont cultivées dans de nombreux pays (Lallemand et *al.*, 1997).

Maass et Klaas (1995), proposent une classification en 4 groupes, fondée sur les caractères morpho-physiologiques et une analyse phylogénétique avec des marqueurs biochimiques et ADN : Groupe *Sativum*, Groupe *Ophioscorodon*, Groupe *Longicuspis* et groupe *Subtropical*. Leur répartition en Afrique est liée en conditions climatiques mais aussi aux hasards de leur introduction (Messiaen et Rouamba, 2004).

La classification taxonomique du genre *Allium* est la suivante (selon Burdok, 1995 ; Fritsch et Friesen, 2002 ; Lambinon et *al.*, 2004)

Règne : *Planta*

Sous règne : *Tracheobionta*

Royaume : *Plantae*

Sous royaume : *Trachéophyte* = plante vasculaire

Embranchement : *Spermatophytes*- Phanérogames = plante à graines

Sous embranchement : *Angiospermes* = plantes à fleurs

Division : *Mangnoliphyta*

Classe : *Liliopsida* – monocotyledonae

Sous classe : *Liliidae*

Super ordre : *Liliiflorae* – Liliianaea

Ordre : *Aspagales* –Liliales –Amygdales

Famille : *Alliaceae*–Liliaceae

Sous famille : *Allioidaea*

Tribu : *Alliae*

Genre : *Allium*

Espèce : *Allium sativum* L., 1753

Les noms vernaculaires d'*Allium sativum* sont :

- En français : Ail cultivé, ail commun, thériaque des pauvres
- En arabe : ثوم، ترياق الفقراء
- Anglais : garlic
- Espagnol : ajo
- Portugais : alho
- Italien : aglio
- Russe : chesnok
- Japonnais : nin'niku (Kercmar, 2008)

b) Description morphologique de la plante :

Appareil végétatif

a- Le bulbe :

L'ail commun est une plante herbacée géophyte, c'est-à-dire qu'elle est capable de passer la mauvaise saison enfouie dans le sol grâce à la persistance souterraine de ses organes vitaux sous la forme d'un bulbe (Botineau, 2010).

Le bulbe d'ail (la tête d'ail) est une tige souterraine qui se compose de plusieurs caïeux ou gousses d'ail. L'ensemble des caïeux sont insérés sur un plateau d'où partent de nombreuses racinelles fibreuses. Les caïeux sont enveloppés dans une fine pellicule (tunique) blanche ou rose. Le nombre de caïeux par tête varie de 5 à 16 caïeux (Boukeria, 2017).

La survie de l'espèce est assurée par multiplication végétative, permettant de donner de nouveau plant. Ce phénomène de division du bulbe génère des caïeux à partir des bourgeons axillaires, c'est ce que nous appelons traditionnellement les « gousses d'ail ». L'ensemble est appelé la « tête d'ail » (Dupont et Guignard, 2012).

Le bulbe peut être de couleur blanche, rosé à violacé. Un bulbe renferme en moyenne une douzaine de caïeux. Les caïeux sont individuellement entourés d'une tunique protectrice, et possèdent en leur centre un petit bourgeon (Figure 03). Chaque caïeu est capable de redonner un nouveau bulbe (Maurice, 2015).



Figure 02. Tête d'ail en coupe longitudinale (à gauche) et coupe transversale (à droite) avec ses schémas

(Meddine et Yessaad, 2017)

b- Racines, tiges et feuilles :

Les racines : ce sont les racines adventives qui prennent naissance sous le bulbe, au niveau du plateau correspondant à la tige souterraine (Boukeria, 2017). L'enracinement de l'ail est peu profond (60 cm du sol). Les racines sont relativement grosses et les poils absorbants sont quasiment inexistantes (Boukeria, 2017).

La tige : C'est en fait une fausse tige (pseudo-tige ou « fut ») qui est formée par l'emboîtement entre elles des gaines foliaires des feuilles qui partent du plateau du bulbe. Elle mesure en moyenne 40 cm de haut, et peut atteindre 150 cm (Boukeria, 2017).

Les feuilles : Les feuilles sont alternes et lisses de couleur verte vive, engainantes à la base (réduites au pétiole qui est élargi en gaine à sa base de façon tubulaire), plates, longues et

étroites, mesurant 1 à 2,5 cm de large et 30 à 60 cm de long (Boukeria, 2017). On en compte entre 2 et 10 feuilles. Le froissement des feuilles dégage une odeur typique caractéristique. Parmi les « Alliums », l'ail possède la plus puissante et pénétrable odeur, les Grecs l'appelaient « rose puante ».

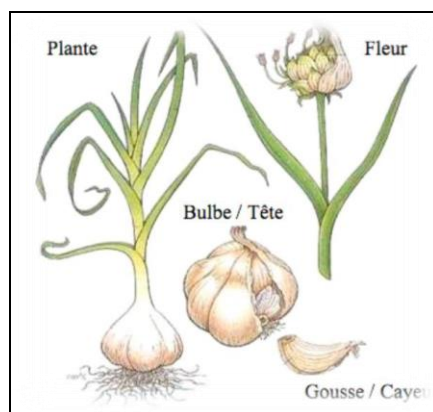


Figure 03. Aspect morphologique de l'ail (Dethier, 2010)

Appareil reproducteur

a- L'inflorescence :

L'inflorescence est une ombelle simple sphérique, protégée par 2 bractées soudées appelées spathe. Cette spathe est membraneuse, elle enveloppe l'inflorescence avant la floraison puis s'ouvre sur un côté. L'ombelle apparaît à l'extrémité d'une hampe pleine (ou tige florale), d'abord enroulée en crosse, puis qui se redresse et devient rigide (Boukeria, 2017).

L'inflorescence n'apparaît que rarement chez la plus part des cultivars, et certaines variétés d'ail ne produisent pas de hampe florale (Allen, 2009).

La multiplication végétative permet de faire apparaître à l'extrémité des hampes des bulbilles soit à la place des fleurs, soit à la fanaison de la fleur. Ce sont les petits caïeux aériens enfermés d'abord dans une capsule (Allen, 2009). Ces bulbilles sont capables de redonner des têtes d'ail lorsqu'elles s'enracinent dans le sol, et participent ainsi à la survie de l'espèce. L'ombelle peut être composée à la fois de fleurs et de bulbilles, ou uniquement de bulbilles. Le nombre de ces bulbilles et leur couleur est en fonction de la variété d'ail (Allen, 2009).

a- Les fleurs :

Les fleurs sont régulières et hermaphrodites, de couleur blanche à rose (Figure 04).

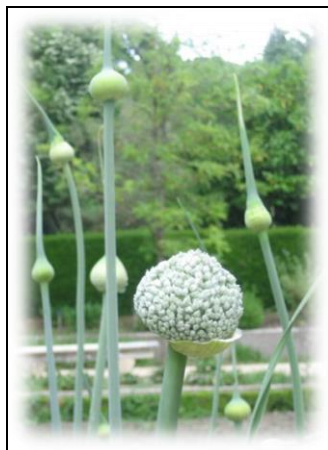


Figure 04. Fleurs de la plante d'ail (Botineau, 2010)

Chaque fleur est composée de :

- Péricorolle à 6 sépales libres : 2 verticilles de 3 sépales
- 6 étamines libres répartis sur 2 verticilles

Gynécée formé de 3 carpelles soudés donnant un ovaire trilobulaire et supère. Le stylet est unique et trilobé (Botineau, 2010). Chaque loge de l'ovaire contient 2 ovules ou plus de forme anatropes ou campylotropes (Botineau, 2010).

a- Le fruit :

Le fruit est une capsule loculicide à 3 loges. Cependant, il n'est produit que très rarement au profit des bulbilles, en effet l'espèce privilégie la multiplication végétative à la reproduction sexuée pour assurer sa survie (Botineau, 2010).

1-1.3. Composition d'ail

En nutrition humaine, la valeur énergétique de l'ail est de 138,7 Kcal/100g (Blanc, 2002 *in* Derabla et Zamouch, 2016). La gousse d'ail contient de l'eau (65%), des polysaccharides de stockage (28%, principalement des fructanes), des protéines (2%) dont essentiellement des enzymes (alliinase, peroxydases, etc.), des acides aminés libres (1,2%), et de nombreux composés organo-soufré (2,3%) responsables de l'odeur et du goût caractéristique de l'ail. Certaines vitamines (A, B1, B2, et C), et riche aussi en élément minéraux (phosphate, potassium, soufre, zinc, calcium, magnésium) et en oligo-éléments (sélénium et germanium) (Meredith, 2008).

Outre ces micronutriments, l'ail contient également de nombreux composés actifs sur le plan de la santé et en particulier des composés soufrés, tels que l'alliine, l'allicine et l'ajoène (Meddine et Yessaad, 2017). Il renferme également des anti-oxydants, tels que des flavonoïdes (composés poly phénoliques), des tocophérols (vitamine E) susceptible de jouer un rôle au niveau de la prévention des maladies cardiovasculaires et des cancers (Meddine et Yessaad, 2017). Le broyage d'une gousse d'ail de 3g provoque la libération d'une enzyme « alliinase » qui transforme immédiatement l'alliine en allicine, qui est la substance odorante caractéristique de l'ail frais (Meddine et Yessaad, 2017).

1-1.4. Utilisations, préparations et propriétés thérapeutiques

L'ail est cultivé depuis des milliers d'années autant pour une utilisation culinaire que médicinale. Il compte parmi les plantes médicinales les plus anciennes (Baba Aissa, 2011). Il est mentionné dans la « médecine du prophète » selon Ibn El-Qayim El-Djouzia ; ses nombreuses vertus sont indiquées par l'auteur, Ibn Sina (Avicenne) le préconisait assez souvent et beaucoup d'autres médecins, après lui, Ibn El-Baytar, lui aussi le mentionnait en distinguant de l'espèce sauvage *thoum el-haya* (Baba Aissa, 2011).

Différents produits d'ail sont disponibles sur le marché international, ils peuvent être classés en 4 groupes principaux : ail frais, ail déshydraté (ail en poudre), huile d'ail et les extraits d'ail (Colin, 2016).

Selon Baba Aissa (2011), l'ail est un anti inflammatoire, antiparasitaire, antiseptique intestinal, antispasmodique, bactéricide (avec action antibiotique), coricide, dépuratif, diurétique, expectorant, fébrifuge, hypoglycémiant, hypotenseur, stimulant, sudorifique, tonique, vermifuge...

En agriculture organique, l'ail présente aussi un effet insecticide à divers caractéristiques (naturel, écologique, biodégradable, non toxique, fortement soluble en eau). L'utilisation des extraits d'ail en combinaison avec d'autres extraits comme pesticide naturel est effectif pour le contrôle de maladies et d'insectes (Morton, 2006 ; Diniz *et al.*, 2006 ; Prabu, 2008 *in* Boukeria, 2007). Et aussi, il est utilisé comme fongicide et répulsif général (1Kg d'ail/100L d'eau) et l'utiliser en pulvérisation, surtout contre le cloque du pêcher.

Il peut être associé au chou, à l'aubergine et à la tomate, par contre, il ne doit pas être planté près de légumineuses comme le pois et les haricots (Filière des plantes médicinales, biologie du Québec, 2009).

1-1.5. Cycle de développement

Les différentes phases du développement d'une plante sont divisées en dix stades principaux numérotés de 0 à 9 et des stades secondaires pour plus de précision.

L'ail est une plante bisannuelle caractérisée par 10 stades principaux notés de 0 à 9 et des stades secondaires pour plus de précision, selon l'échelle BBCH, les différentes phases du développement d'une plante sont divisées en dix stades principaux numérotés de 0 à 9. Compte tenu de la diversité des espèces, certains stades peuvent être inversés voire absents (Feller *et al.* 1995) (Figure 05).

- 1- **Stade principal 00 (Germination, bourgeonnement)** : 20 à 30 jours : le bulbe après une période de repos végétatif laisse apparaître des racines ensuite l'apparition d'une pousse verte, c'est la germination du caïeu. Le bulbe nécessite une période de 6 à 8 semaines de températures fraîches après la plantation pour lever cette dormance. La température la plus efficace se situe aux alentours de 7,5°C (Messiaen *et al.*, 1993).
- 2- **Stade principal 01 (Développement des feuilles « tige principale »)** : se caractérise par l'émergence de la Première feuille (>3 cm) visible ; deuxième feuille (>3 cm) ; troisième feuille ; jusqu'à la neuvième feuille ou davantage de feuilles visibles. Le nombre final de feuilles de variétés d'automne est de 13 à 14 feuilles et 10 à 12 feuilles pour les variétés d'hiver.

L'apparition des feuilles est due à la présence d'humidité dans le sol (Omafra, 2002) et de la lumière, car l'ail est une plante héliophile (Maurice, 2015).

- 3- **Stade principal 04 (Développement des organes végétatifs de récolte)** : La base des feuilles commence à grossir et à s'allonger pour former un bulbe. Les feuilles commencent à faner dans 10 % des plantes.
- 4- **Stade principal 05 (Apparition de l'inflorescence)** : Le bulbe continue son allongement et la hampe florale a atteint sa longueur finale, la gaine est fermée puis elle s'éclate, les premiers pétales sont visibles et les fleurs sont toujours fermées.
- 5- **Stade principal 06 (Floraison)** : Les premières fleurs sont ouvertes (sporadiquement) jusqu'à pleine floraison ; puis la floraison s'achève et la majorité des pétales sont tombés ou desséchés, c'est la fin de la floraison.
- 6- **Stade principal 07 (Développement du fruit)** : Les premiers fruits (capsules) sont formés, toutes les capsules sont développées et les graines sont claires.
- 7- **Stade principal 08 (Maturation du fruit et des graines)** : C'est le début de la maturation, les premières capsules s'éclatent et les graines sont devenues noires et dures.
- 8- **Stade principal 09 (Sénescence)** : En fin de cette phase végétative, l'extrémité des feuilles jaunit puis se dessèche (Espagnacq, 1988). Le poids du bulbe augmente dès que la croissance des parties aérienne s'arrête, les premières capsules s'éclatent et les graines sont noires et dures (la maturité complète).

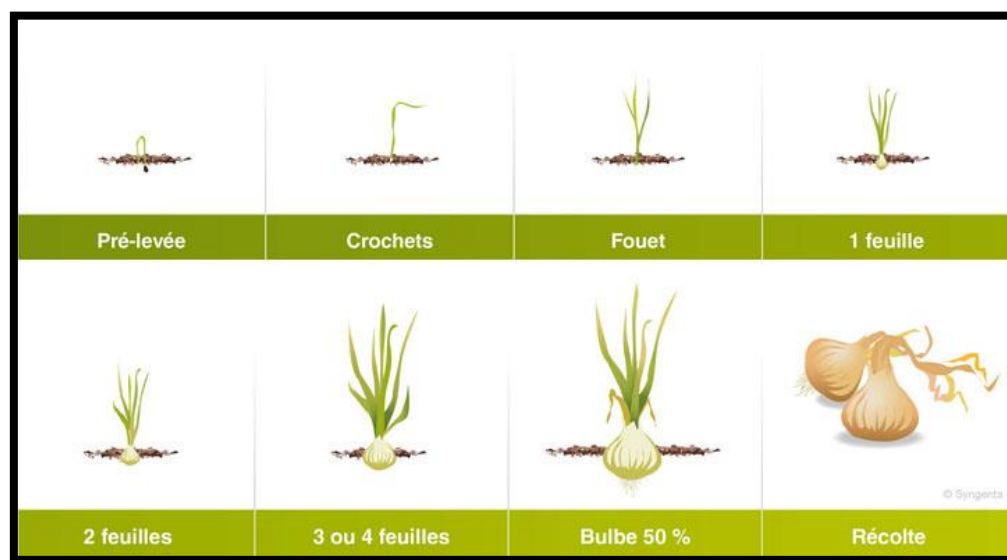


Figure 05. Stades phénologiques de l'ail (Feller et *al.* 1995)

1-1.6. Différentes variétés d'aulx

Il existe deux sous-espèces d'ail cultivé, qui peuvent être planté à des époques différentes de l'année : ssp. *Ophioscordon*, planté en automne, et ssp. *Sativum*, plantée au printemps (Colin, 2016). Les deux sous-espèces sont respectivement appelées « ail d'automne » et « ail de printemps ». Dans les deux cas, la récolte a lieu en Juin-Juillet. Chacune d'elle comporte ses propres variétés horticoles, en grande partie cultivées dans les régions d'Europe méridionale.

L'ail, comme le vinage, change légèrement du goût selon son terroir ; avec ses variétés on trouve (Colin, 2016) :

L'ail blanc, le plus parfumé ;

- L'ail gris ou jaune, moins savoureux ;

- L'ail rose ou rouge, plus subtil parfumé.

a)- Dans le monde

Il existe un très grand nombre de variétés différentes d'ail selon leur *taille*, leur *couleur* et leur *saveur*. L'ail blanc est celui cultivé en automne, le rose pour celui qui est cultivé au printemps (Agriculture biologique Brochure de la chambre d'agriculture de la Haute-Garonne, service horticulture-maraichage, 2004).

b)- En Algérie :

Les variétés sont classées selon leurs périodes de plantation (Berkane et Toumi, 2017) :

- *L'ail d'automne* : ail blanc et ail violet en référence à la couleur des caïeux et des tuniques. Ils sont plantés à l'automne entre fin Septembre et Novembre avant l'arrivée du gel, et récoltés entre fin Mai et fin Juin (7 à 8 mois) suivant les variétés. Sa conservation est moyenne car il ne gardera son arôme que 6 mois, ces variétés produisent de gros caïeux. L'ail violet est commercialisé de Juillet à Décembre, et jusqu'en Janvier pour l'ail blanc. La plantation en automne permet le développement des racines durant l'hiver, alors que la croissance ne débute qu'avec la chaleur du printemps, exemple *Allium sativum ssp. Ophiscordon*.
- *L'ail de printemps* : C'est l'ail rose. Il est planté entre Décembre et début Février pour une récolte dans le courant de Juillet, et en Février en Mars pour une récolte de mi-Juillet à début Aout, selon le climat. Ces bulbes sont moins gros mais sa conservation est plus longue que l'ail d'automne, jusqu'à un an après la récolte. Il est consommé de Juillet à Mars. On le trouve avec ou sans bâton, c'est-à-dire avec ou sans hampe florale, exemple *Allium sativum ssp. Sativum*.

Les variétés les plus cultivées en Algérie sont : Rouge locale, Rouge de Bechar, Rose de Kabylie, Violet de Kadours (ITCMI, 2017).

Les aulx sauvages :

Nombreuses sont des variétés sauvages parmi les 700 variétés d'aulx recensées (Krcmar, 2008). Tous les aulx sont comestibles avec plus ou moins d'intérêt culinaire, certains sont même très amers. Parmi les plus répandues nous pouvons citer l'ail des vignes «*Allium vineale* » avec des fleurs roses en ombelle, l'ail rocamboule ou ail d'Espagne «*Allium scorodoprasum* » rencontré à l'état sauvage partout en Europe (il est également cultivé), l'ail jaune «*Allium flavum* », l'ail rose «*Allium roseum* », l'ail des ours «*Allium ursinum* » (Collin, 2016).

Les aulx d'ornement :

L'ail ornemental est une plante facile à entretenir et originale. On la rencontre peu dans les jardins, bien que ses boules de fleurs soient colorées et décoratives. On peut les trouver de couleurs jaunes « *Allium moly* », violettes, bleues, blanches ou encore roses (Desfemmes, 2013).

La floraison est printanière ou estivale en fonction des espèces. C'est une plante vivace (les bulbes restent en hiver) qui a besoin d'ensoleillement, et de préférence doit être à l'abri du vent pour éviter que les longues tiges ne se couchent (Desfemmes, 2013).

1-1.7. Exigences de la culture

1-1.7.1. Exigences édaphiques :

La culture de l'ail se fait dans une large gamme de sols, mais préférentiellement des sols légers, bien drainés, riches en matière organique et qui possèdent une bonne capacité à retenir les éléments nutritifs ainsi que l'humidité (Omafra, 2002). Les sols lourds ne sont pas recommandés puisqu'ils ont tendance à durcir lors des périodes sèches et à limiter l'expansion des bulbes qui prennent une forme irrégulière (Omafra, 2002). Les sols sableux et très légers exigent une régie de culture plus rigoureuse afin d'assurer le maintien de la fertilité des sols et l'humidité nécessaire. Le PH idéal se situe entre 6,5 et 7,0 et le chaulage doit être ajusté avant la plantation (Omafra, 2002).

Les bulbes d'ail ne supportent pas les terres trop humides ou trop lourdes, cela entraîne leur pourrissement. De plus l'humidité favorise le développement des maladies. Ainsi, si la terre est très humide, il faut la drainer. Il est donc recommandé de planter l'ail sur des parcelles surélevées pour assurer le drainage du sol (Maurice, 2015 ; Clébert, 1987).

1-1.7.2. Exigences hydriques :

Les exigences en eau sont estimées à 600 à 700 mm (Lemma et Hearth, 1994). Les besoins sont importants durant la période végétative de la plante et au moment de la formation des bulbes (bulbaison), car un stress hydrique entraîne une perte de rendement (Omafra, 2002). Le stress hydrique peut augmenter la teneur en protéine et conduire à une maturité précoce par la réduction de la durée de la période de remplissage (Si Bennasseur, 2005).

1-1.7.3. Exigences thermiques :

Les caïeux peuvent tolérer le gel jusqu'à -18°C, mais il est important que l'endroit de la plantation bénéficie d'une bonne couverture de neige pour assurer un bon taux de survie (Omafra, 2002). La levée de dormance a une température efficace de 7.5°C, mais cette valeur peut ne pas représenter l'optimum pour tous les groupes (Messiaen et al., 1993). Le « zéro végétation » commence à partir de 97°jours pour les variétés d'automne à 100°jours pour les variétés du printemps (Espagnacq, 1988).

1-1.7.4. Besoins d'ensoleillement :

L'ail est une plante héliophile, l'exposition de la parcelle est importante puisque l'ail a besoin d'ensoleillement (Maurice, 2015).

Chapitre II :
Conduite de la culture
d'ail

Chapitre II : Conduite de la culture

1.2.1. Place de l'ail dans la rotation

Afin de prévenir au mieux les maladies et éviter tout risque sanitaire (champignon du sol, nématodes), il est recommandé de ne pas cultiver l'ail après des cultures de la même famille (ail, oignon, poireau, échalote, ciboule...) pendant 5 ans consécutifs (Colin, 2016). Selon Colin (2016), l'ail se développe aisément sur des parcelles ayant un précédent légumineuses (fèverole, vesce...) qui enrichie le sol en azote, ou un précédent céréales à pailles (blé, orge, triticale...), ou autres légumes (salade, tomate, poivron, choux...) Il est à éviter les précédents comme (le maïs, le sorgho ou le soja) qui sont des plantes exigeantes, et leur récolte est tardive, et le tournesol qui a un problème de repousses (Colin, 2016).

L'ail peut être associé au chou, l'aubergine, la tomate, à la carotte, à la laitue, au concombre, au cornichon, aux épinards, au céleri et au fraisier. Par contre, il ne doit pas être planté près des légumineuses comme le pois, les haricots (Filière des plantes médicinales, biologie du Québec, 2009).

L'ail aime la compagnie de la betterave, la camomille et les poireaux. Par contre, il redoute la proximité des asperges et des fèves (YouTube, 2016).

a- Préparation du sol

Le sol doit être préparé suffisamment à l'avance pour permettre l'élimination des adventices pérennes, l'ajustement éventuel du pH et l'apport de matière organique et de la fertilisation phospho-potassique (Ctifel, 2012). Quelle que soit la date de plantation envisagée, un labour est nécessaire avant l'hiver surtout en terre argileuse et dès la récolte de la culture précédente pour une plantation d'automne (Ctifl, 2012).

Il pourra être suivi d'un passage de herse lourde pour favoriser le travail de reprise du sol. Pour les plantations d'automne et si les conditions climatiques le permettent (sol ressuyé et temps sec), il est possible de remplacer le labour par un déchaumage suivi de passages successifs d'outils à dents (Ctifl, 2012).

La préparation du lit de semences peut se faire avec un outil animé, type vibroculteur, associé à un rouleau-cage pour parfaire l'émiettement. La culture en planches à plat est conseillée : cette technique favorise le drainage et le réchauffement du sol. Cette dernière opération de travail superficiel est nécessaire pour enfouir les engrais phosphoriques et potassiques (Ctifl, 2012).

b- Préparation des caïeux pour la plantation (égoussage)

Les caïeux sont détachés des bulbes « égoussage » dans un laps de temps aussi court que possible avant plantation car, ainsi isolés, ils se conservent mal. Les conditions de séchage des bulbes conditionnent la facilité de cette opération : il est plus facile d'égousser les caïeux de bulbes secs que de bulbes humides. La maturité de récolte des bulbes destinés pour la semence a aussi une incidence sur cette opération : plus ils sont récoltés mûrs, plus facile est le travail. Ce travail se fait soit manuellement soit mécaniquement avec une machine (Ctifl, 2012). Cependant, l'éclatement à la machine comporte des risques plus élevés de dommages physiques pour les caïeux (Allen, 2009).

Après la séparation des caïeux, en vue de la plantation, les racines sont très facilement contaminées par les maladies cryptogamiques, il faut donc les conserver dans un endroit sec et aéré jusqu'à la plantation ou mis en terre le plus rapidement possible (Ctifl, 2012).



Figure 06. La préparation des caïeux pour la plantation

(Photo réelle prise dans la région de Lekhben, commune de Souammaa, Mai 2020)

Chez l'ail, les bulbilles d'inflorescence, les caïeux aériens contenus dans la capsule située au bout de la hampe florale produite par certaines variétés d'ail, peuvent être plantés (Allen, 2009).

Il est possible de cultiver ces bulbilles pour obtenir des bulbes d'ail (Allen, 2009). L'avantage de cette méthode par rapport à la culture par les caïeux est que les bulbilles n'ont pas de maladies liées au sol (Allen, 2009). L'inconvénient est que les bulbilles ne donneront des bulbes de grosseur suffisante pour être commercialisés qu'après deux ans de cultures (Allen, 2009). De plus les jeunes plants sont de taille très réduite et se confondent facilement avec les mauvaises herbes, il faut donc être très vigilant lors du désherbage (Allen, 2009).

c- Densité de plantation

Le rendement en bulbes est lié au nombre de caïeux plantés. Les densités de plantation pratiquées sont de 160 000 caïeux/ha pour l'ail d'automne et de 190 000 caïeux/ ha pour l'ail de printemps (Regourd, 2008).

La dose de semis recommandée pour l'ail dépend de la taille des caïeux (gousses) et de la structure du peuplement (les distances de plantation). Elle varie entre 700 et 1000 kg/ha. Le nombre moyen de caïeux dans chaque bulbe peut varier en moyenne entre 8 et plus de 15, selon la nature de la semence utilisée (Si Bennasseur, 2005).

Il est recommandé de planter les caïeux de l'ail à 3 cm de profondeur (Si Bennasseur, 2005). En terrain humide et lourd, il est conseillé de former un billon de 25 à 30 cm de hauteur, pour faciliter l'écoulement d'eau de part et d'autre de cette butte (Si Bennasseur, 2005). Les bulbes doivent être plantés en plaçant le point de croissance juste au-dessus de la surface du sol, c'est-à-dire entre 2,5 et 5 mm (Si Bennasseur, 2005). Si les caïeux sont plantés la pointe vers le bas, le bulbe se développera quand même mais il se formera mal (Allen, 2009).

L'écartement de plantation est de 10 à 15 cm dans le rang et 30 à 50 cm entre les lignes (Si Bennasseur, 2005).

d- Plantation

La culture de l'ail est une culture facile. On peut le cultiver partout à condition de bien choisir la variété plantée qui devra être adaptée à la région de culture (Bachmann, 2001).

La culture se fait à partir des caïeux des bulbes d'ail. Le cultivateur a deux possibilités (Si Bennasseur, 2005) :

- soit utiliser des caïeux de sa propre récolte (choisir les plus beaux, les plus gros et entièrement sains) qu'il garde pour sa prochaine culture. C'est un choix économique mais avec le risque de variations possibles sur la nouvelle génération (calibre, couleur,...)
- soit acheter des caïeux de semences dans le but d'optimiser et d'assurer la qualité de la production. Mais, les semences sont à renouveler périodiquement ou acheter des semences certifiées.

Par mesure préventive, les semences sont traitées, avant la plantation, par trempage dans une solution de bouille bordelaise contre *Sclerotinia* et *pénicillium* responsables du pourrissement du plateau racinaire à la germination.

Les caïeux sont plantés individuellement, de façon verticale avec la pointe dirigée vers le haut. Ce dernier est effilé et "pointu", facilement reconnaissable (Figure 07).

La plantation des caïeux peut être mécanique ou pneumatique ou manuelle (Messiaen, 1993).



Figure 07. La plantation des caïeux d'ail (Meddine et Yessaad, 2017)

e- Epoque de plantation :

Il n'existe pas chez l'ail des types variétés « automne et printemps » marqués, comme chez le blé par exemple ; toutes les variétés peuvent être plantées aussi bien en Novembre qu'en Mars.

Chaque variété a une date optimale de plantation sous un climat donné (Messiaen, 1996). Il est recommandé de ne pas planter en automne les types à très forte dormance, ils ne sortiront de terre qu'au début de l'année suivante et risquent de différencier trop de bourgeons axillaires avant que la bulbification se déclenche (Messiaen, 1996) : les bulbes seront sur-goussés (caïeux excentrés) ou éclatés et la plante présentera des pousses axillaires ou « Balayettes ». Si, en revanche, des variétés à faible dormance sont plantées en Janvier-Février, elles risquent de ne pas différencier assez de feuilles pour donner un nombre normal de caïeux, plantées en Mars, elles peuvent même donner un caïeu unique et rond (Messiaen, 1996).

La date de plantation pour une culture d'ail récolté au printemps est Octobre-Novembre comme l'ail blanc, l'ail rouge et l'ail violet ; alors que pour celle récolté en fin été-début automne, la plantation des caïeux doit avoir lieu en Décembre-Janvier comme l'ail rose (Si Bennasseur, 2005).

Un caïeu robuste et bien enraciné émettra rapidement une pousse à la sortie d'hiver dès que les températures du sol et de l'air s'élèveront ; s'il bénéficie d'un milieu suffisamment humide et fertile, le plant atteindra une bonne taille avant le déclenchement de la bulbaison (Allen, 2009).

Comme pour les caïeux, les bulbilles sont plantées en automne après avoir éclaté la capsule pour les récupérer. Les bulbilles étant très petites, il faut les planter de façon dense bien qu'on ne connaisse pas précisément la densité nécessaire (Allen, 2009).

f- Fertilisation

L'ail est une plante exigeante et le sol, il est conseillé d'améliorer la fertilité du sol pendant une période allant d'une à deux années avant son installation. Les besoins en éléments minéraux majeurs se résument à :

- **L'azote (N)** : intervient sur le développement foliaire (nombre et taille des feuilles), augmente le nombre de caïeux par bulbe, le rendement, le taux de sucres des caïeux. En excès, il entraîne un développement foliaire important au détriment des caïeux et une baisse du taux de matière sèche des bulbes (Bachmann, 2008). On recommande des applications fractionnées, à l'automne et au printemps, variant entre 70 et 125 Kg d'azote à l'hectare, selon les précédents culturaux et le contenu en matière organique (Medine et Yessaad, 2017).

La quantité totale d'azote qui doit être apportée dépend du type de sol, du précédent cultural, de la teneur du sol en matière organique et des conditions climatiques caractérisant la saison de croissance (Bachmann, 2008). La moitié de la dose totale d'azote doit être appliquée dès que les plants d'ail entament leur croissance. Le reste d'azote doit être fractionné en 2 à 3 applications à un intervalle de 3 semaines (Bachmann, 2008). Le dernier apport doit être réalisé au stade 6 à 8 feuilles de la culture (4 à 6 semaines avant la récolte). Il ne doit pas être appliqué après que les bulbes aient commencé à se former ni lorsque la plante est au stade quatre feuilles (Bachmann, 2008).

La forme d'apport d'azote la plus recommandée pour l'ail c'est le nitrate d'ammonium, car elle est moins toxique (Si Bennasseur, 2005).

-**Le phosphore (P)** : le phosphore permet le développement des racines et l'établissement de la plante au début de son cycle de croissance. C'est un « engrais starter » (Si Bennasseur, 2005). Il doit être appliqué ou disponible au moment de la plantation. Les quantités recommandées peuvent varier entre 112 et 125 kg de P_2O_5 /ha (Oregon State University, 2004), qui est apporté en deux fois, au stade 2 et 3 feuilles et un mois plus tard (Si Bennasseur, 2005).

-**Le potassium (K)** : Il est nécessaire au développement du bulbe et au stockage des hydrates de carbone (Oregon State University, 2004). Il agit positivement sur le poids des bulbes et du rendement (Medine et Yessaad, 2017). Les doses recommandées peuvent atteindre jusqu'à 168 kg de K_2O /ha (Oregon State University, 2004). Il est apporté en deux fois, au stade 2 et 3 feuilles et un mois plus tard (Si Bennasseur, 2005).

-Le calcium (Ca) : est un constituant des parois cellulaires et agit sur leur perméabilité. Il est impliqué en interaction avec de nombreux facteurs (climatiques, agronomiques, nutritionnels...) (Medine et Yessaad, 2017).

-le soufre (S) : Sous forme SO_3 , entre dans la composition des composés aromatiques des bulbes et, à ce titre, joue un rôle important au niveau de l'ail (Medine et Yessaad, 2017).

g- Irrigation

Le sol doit être maintenu à une bonne humidité, surtout dans l'horizon supérieur de 0-30 cm (Meddine et Yessaad, 2017). Un sol sec, à la plantation réduirait la croissance des racines, la bonne levée et les pourritures des caïeux (*Penicillium*) (Meddine et Yessaad, 2017).

L'irrigation est nécessaire en cas de déficit pluviométrique, lors de la formation des caïeux et du grossissement des bulbes, période de besoins les plus importants. (Medine et Yessaad, 2017). L'apport recommandé est de 25 à 30mm par semaine en condition automnale sèche, et les sols sablonneux doivent être irrigués plus souvent (50 mm par semaine), vu leur faible capacité à retenir l'humidité (Oregon State University, 2004).

Des arrosages excessifs ou des sols constamment gorgés d'eau peuvent entraîner le développement des maladies fongiques (Oregon State University, 2004).

Il est recommandé de cesser l'irrigation 2 à 3 semaines avant la récolte pendant la maturation de l'ail (Filière des plantes médicinales, biologie du Québec, 2009). Cette pratique rend facile l'opération de récolte et réduit le potentiel de détérioration des bulbes et détachement des feuilles externes formant la gaine du bulbe (Si Bennis, 2005).

En année pluvieuse, les arrosages sont inutiles car les besoins sont recouverts par les précipitations (YouTube, 2016).

Modes d'apport

***Aspersion :**

L'irrigation par aspersion est la plus adoptée par les agriculteurs, soit avec enrouleur, soit par arroseurs. Le système d'irrigation en couverture intégrale (arroseurs sur perches et tubes polyéthylène ou aluminium et par 'Saguia') est mieux adapté à une culture telle que l'ail, pour éviter le phénomène de battance et une répartition inégale de l'eau (Medine et Yessaad, 2017).

*** Irrigation par goutte-à-goutte :**

La technique la plus économique en eau et la plus efficace est le goutte-à-goutte mais, en raison du coût élevé de son installation, elle se justifierait plutôt en production de semences (Medine et Yessaad, 2017) (Figure 08). Pour renforcer cette efficacité, elle doit être associée à un film de paillage. L'apport d'eau peut être couplé à un apport d'éléments fertilisants (*fertigation*), ce qui facilite et optimise la fertilisation, notamment sous filet *insecte-proof*. Les gains à attendre se situent au niveau du rendement et des économies d'intrants (Medine et Yessaad, 2017).



Figure 08. Irrigation d'ail par le goutte-à-goutte (Meddine et Yessaad, 2017)

1.2.2. Entretien de la culture

1.2.2.1. Désherbage

L'ail est une plante peu compétitive, elle doit conserver son avantage sur les mauvaises herbes qui nuisent au rendement, la quantité des bulbes et à la récolte mécanique (Bachmann, 2008). Mais l'ail résiste mal à la concurrence des mauvaises herbes vigoureuses, il est donc impératif de désherber les plantations d'ail par divers moyens dont le sarclage, le binage à la main, l'utilisation du paillis ou l'épandage d'herbicides (Allen, 2009).

- Désherbage chimique

Actuellement, il y a des substances actives qui sont mentionnées dans l'index phytosanitaire qui appartiennent à des familles différentes, donc ayant des spectres d'efficacité complémentaire. En effet, l'alternance des molécules utilisées pour le désherbage chimique réduit les risques de résistances et rend plus facile la gestion à long terme des adventices (Si Bennis, 2005).

- Désherbage mécanique

Les techniques du faux semis : il consiste à préparer un lit de semence plusieurs semaines avant la mise en place de la culture (retarder la plantation) pour favoriser les levées automnales des adventices et les détruire aussitôt après (Meddine et Yessaad, 2017). Cette technique peut être envisagée sur le court terme afin de limiter les compétitions précoces entre la culture et les adventices sur le rang, zone particulièrement difficile à gérer en cours de culture, ou bien, sur le long terme, dans l'objectif de réduire le stock de graines du sol en éliminant les graines germées (Meddine et Yessaad, 2017).

La destruction de faux-semis doit se faire de préférence par des moyens mécaniques tels que la herse étrille ou la peigne, qui est un passage pour éliminer la première génération de mauvaises herbes annuelles sur les rangs (Bachmann, 2008). Il est conseillé de multiplier les passages de herse étrille au fur et à mesure de la levée des adventices après plantation et avant la levée de la culture. Après la levée de l'ail, attendre le stade 2 feuilles pour reprendre les étrillages jusqu'au stade 5-7 feuilles, la vitesse est réglée à 2-4 Km/h et la profondeur à 2 cm (Chambre d'agriculture Occitanie, Non daté).

Le binage et le sarclage : C'est une technique qui consiste à couper ou à déraciner les jeunes adventices, elle permet par ailleurs, de détruire la croûte de battance, d'aérer, de réchauffer le sol et de favoriser la nitrification (Meddine et Yessaad, 2017). Il est réalisé avec une fraise rotative (à tous les stades des adventices) ou avec une bineuse à étoile (au stade plantule et jeune

plante) ou avec une bineuse à doigt (au stade plantule sur le rang) ou manuellement (le binage manuel est un rattrapage obligatoire comme dernier recours) (Agriculture biologique Brochure de la chambre d'agriculture de la Haute-Garonne, service horticulture-maraichage, 2004). Eviter de biner en profondeur à proximité des plants pour ne pas risquer de blesser les racines et donc de réduire le rendement à la récolte (Allen, 2009). Cette opération doit se faire sous des conditions climatiques favorables, période sans pluie et sol sec, de façon à favoriser le déchaussage des adventices et leur séchage sur place (Meddine et Yessaad, 2017).

- **Le paillage du sol**

Il a pour rôle de favoriser la régulation thermique du sol, et réduire le développement des adventices (Figure 09). Cette technique est très peu utilisée en culture d'ail car ses bulbes sont sensibles à la pourriture (Meddine et Yessaad, 2017), la couverture de la surface du sol est assurée par une matière : organique (paille de céréale), minérale (brique) ou synthétique (film plastique noir ou transparent).



Figure 09. Paillage du sol pour la culture d'ail
(Meddine et Yessaad, 2017)

1.2.2.2. Suppression de la hampe florale :

Il consiste de supprimer la hampe florale avant l'épanouissement de l'ombelle de fleurs (Allen, 2009). Des recherches ont démontré que lorsqu'on laisse les hampes sur les plants, le rendement en bulbes peut diminuer jusqu'à 30 %, car l'énergie est utilisée pour la croissance (la tige va se redresser et devenir rigide) et la production de bulbilles est favorisée plutôt que pour le développement du bulbe (Allen, 2009).

1.2.3. Maladies et ravageurs

L'ail peut être touché par diverses maladies ou prédateurs. La plupart de ces maladies touchent également les autres *Alliums* et leurs responsables peuvent survivre plusieurs années dans le champ, d'où l'intérêt de la rotation des cultures.

Les différents types de dégâts pouvant être observés sur l'ail ainsi que leurs causes possibles sont présentés dans (Tableau 03 et 04), (Figure 10) non exhaustif. Il est important de noter qu'un symptôme n'est pas toujours dû à un ravageur ou à une maladie, d'autres phénomènes pouvant modifier l'aspect habituel des plantes. Compte tenu de la biologie de certains bioagresseur, les dégâts peuvent survenir à différentes étapes du cycle de la plante : par exemple en cours de conservation, en début de culture, puis en fin de culture (Si Bennasseur, 2005).

Tableau 03 : Les principales maladies de l’ail (Si Bennasseur, 2005 ; Allen, 2009 ; Colin, 2016 ; Medine et Yessaad, 2017).

TYPE	SYMPTÔMES	CAUSES ET CONDITIONS	METHODE DE LUTTE
<p style="text-align: center;">ROUILLE <i>Puccinia allii</i></p>	<p>Taches (pustules) orangées à rouges sur la face inférieure des feuilles âgées qui provoquent un dessèchement de la plante en cas de fortes attaques.</p>	<p>Un champignon dans un Milieu humide</p>	<p>En cas de contamination, on enlève les plants atteints pour la propagation et on pulvérisant avec oxychlorure de cuivre (1kg/100L d’eau)</p>
<p style="text-align: center;">MILDIOU <i>Peronospora destructor</i></p>	<p>Taches blanches ou jaunes sur les extrémités des feuilles et sur la tige et des moisissures blanches sur la face inférieure des feuilles, qui provoquent un dessèchement de la plante et devenir cassante</p>	<p>Champignon</p>	<p>En cas de contamination, on traite la plante malade avec de la bouillie bordelaise (sulfate de cuivre+ chaux) et on coupe les parties contaminées.</p>
<p style="text-align: center;">POURRITURE BLANCHE <i>Sclerotinium Cepivorum</i></p>	<p>Jaunissement et dessèchement unilatéral des limbes. Les vieilles feuilles flétrissent et se couchent sur le sol. Apparition d’un mycélium blanc et de sclérotés (particules noires) sur les bulbes qui provoque le dépérissement des gousses et de pourriture sur racines.</p>	<p>Champignon qui peut survivre pendant des dizaines d’années dans le sol sous forme de sclérote. Il cause des dommages au cours des saisons fraîches et humides.</p>	<p>Semences certifiées. Rotation d’au moins 5 ans, nettoyage du matériel utilisé. En cas d’atteinte importante, on arrache les plants malades et on les jette pour prévenir les propagations, et on traite préventivement les autres plants par une préparation à base de cuivre ou un produit où la MA est (<i>Conothyrium minitans</i>)</p>
<p style="text-align: center;">POURRITURES DIVERSES <i>Botrytis sp., Penicillium sp., Fusarium oxysporum</i></p>	<p>Pourriture des caïeux en conservation, moisissures visqueuse sur les bulbes. A la levée des plantes, Pourriture</p>	<p>Champignon.</p>	<p>Eviter les chocs sur les bulbes en conservation (conserver à froid 0°C). Ne pas provoquer de blessures lors de l’égoussage. On</p>

	rose. Mauvaises levées. Taches brunes sur les feuilles. Plantes qui jaunissent et restent chétives.		enlève les parties atteintes pour les détruire, et on traite par une préparation à base de cuivre.
SUIE <i>Helminthosporium allii</i>	Noircissement des écailles externes de l'ail (feutrage gris-noir), développement très difficile de la plante	Champignon.	Sécher rapidement
WAXY BREAK DOWN	Taches jaune pâle dans la chair des caïeux au moment de séchage, odeur caractéristique	Maladies physiologique	Eviter les excès de fertilisation potassique, faire une bonne préparation du sol
VIRUS OYDV, LYSV	Mosaïques, marbrures, mouchetures, jaunissement, stries longitudinales jaunâtres et déformation plus ou moins prononcées sur les feuilles	Les virus sont en latence et n'entraîneront des symptômes que si la plante est en stress. Il est véhiculé par le puceron.	Utilisation de semences certifiées. Les traitements insecticides sont inefficaces
BACTERIOSE Maladie café au lait <i>Pseudomonas fluorescens</i>	Lésion ovale en haut de la gaine foliaire, évolue en pourriture brune. Tâches marron sur bulbes	Conditions humides	Eviter les excès d'azote et l'irrigation tardive, choisir une parcelle drainante, respecter les périodes de plantation.

Tableau 04 : Les ravageurs de l'ail (Si Bennasseur, 2005 ; Allen, 2009 ; Colin, 2016 ; Medine et Yessaad, 2017).

TYPE	SYMPTÔMES	CAUSES ET CONDITIONS	METHODE DE LUTTE
<p>THRIPS <i>Thrips tabaci</i></p>	<p>Feuilles grises argentées issues des piqûres des trips et un dessèchement et mort de la plante.</p>	<p>Minuscules insectes qui attaquent les feuilles d'ail. Ces insectes se réfugient dans les mauvaises herbes en sénescence qui se trouvent autour des champs d'ail.</p>	<p>En prévention, on installe des voiles anti-insectes ou des panneaux englués. En cas de contamination, on utilise les coccinelles comme prédateurs des thrips. Ou l'huile de Neem (extrait d'<i>Azadirachta indica</i>) au début du cycle de croissance de l'ail.</p>
<p>MOUCHE DE L'OIGNON ET DE L'ECHALOTE <i>Delia antiqua</i></p>	<p>Enroulement des feuilles, plante flétrie. Galeries des larves dans la fausse tige et début de pourriture des bulbes.</p>	<p>La petite mouche qui pond ses œufs dans le sol, entre la tige et les racines</p>	<p>Pièges, voiles anti insectes, panneaux couverts de colle ; en cas d'attaque, on arrache les plants malades, et on désinfectant le sol au sulfure du carbone à raison 30g/m².</p>
<p>NEMATODES (anguillule) <i>Ditylenchus dipsaci</i></p>	<p>En début de saison, déformation, jaunissement des feuilles, et formation des cloques, ralentissement de croissance. Une infection plus tard en saison, recourbement du feuillage, les bulbes risquent de ramollir et de se dessécher, éclatement du plateau racinaire.</p>	<p>Petit ver rond (parasite microscopique) vit dans le sol humide</p>	<p>Utiliser des semences saines et certifiées. Rotation avec des cultures non hôtes. Analyse du sol avant plantation. Arroser les plants au niveau des pieds et non du feuillage.</p>
<p>ACARIENS <i>Aceria tulipa</i></p>	<p>Lésion jaune cireuse sur les feuilles. Poudrage ocre sur caïeux en conservation.</p>	<p>Acariens</p>	<p>Eviter les chocs sur bulbes. Thermothérapie sur semences</p>
<p>TEIGNE DU POIREAU <i>Acrolepiopsis assectella</i></p>	<p>Galeries sont creusées sur les feuilles par les larves issues d'éclosion des œufs ; lésions, perforation, déchirures et décoloration des feuilles puis</p>	<p>Un petit papillon où les noctuelles adultes pondent leurs œufs sur les feuilles de (ail, oignon, poireau)</p>	<p>Récolté tôt. Ne pas planter deux années de suite l'ail dans la même parcelle. En cas de contamination, on coupe la tige à ras du</p>

	descendent dans le cœur de la plante vers le bulbe qui favorise la pourriture. Les tiges et les bulbes qui sont attaqués deviennent des portes d'entrée aux champignons et aux bactéries pathogènes secondaires. dépérissement de la plante.		sol pour éliminer les larves, on pulvérisant plusieurs fois par le purin de tomate (feuilles de tomates macérées dans l'eau)
--	--	--	--



Symptôme de nématode sur l'ail



Symptôme de dégâts liés à la mouche d'oignon



Dégâts de *thrips tabaci* sur feuille



Dégât de *Dyspessa ullula*



Dégâts d'*Aceria tulipae* (Acarien)



Dégât de *fusarium* sur bulbe (pourriture)



Symptôme foliaire de la rouille



Symptôme d'*Alternaria* sur feuille

Figure 10. Les différentes maladies et ravageurs de l'ail
(Meddine et Yessaad, 2017)

1.2.4. Récolte

a- Le stade de récolte :

La durée moyenne de culture est de 8 mois pour les plantations d'automne et de 4 mois pour celles de printemps (Duvernay et Perrichon, 1978). L'ail peut être récolté en vert « aillet » ou à maturité « ail sec » (Colin, 2016).

L'aillet ou « l'ail vert », est une jeune pousse d'ail d'environ 3 mois et 20 cm de hauteur, qui n'a pas encore formé ses gousses et ne se trouve donc qu'au printemps. On utilise ses feuilles crues ou cuites pour parfumer les plats de printemps (Regourd, 2008).

Il est important de choisir le bon moment ; si le bulbe est récolté trop tôt, il ne sera pas à maturité, l'enveloppe ne sera pas bien formée et il se ratatine pendant le séchage ; s'il est récolté trop tard, l'enveloppe est tachetée, les caïeux risquent de commencer à se séparer (éclatement de bulbe) (Allen, 2009).

L'observation de l'évolution des feuilles est la base pour déterminer le stade de récolte optimal, la feuille est constituée d'une partie aérienne verte et d'une partie souterraine qui enveloppe les caïeux et qui descend jusqu'aux racines (Regourd, 2008). Au fur et à mesure de l'avancée en saison, les vieilles feuilles disparaissent au détriment de la couverture des bulbes.

Le comptage du nombre de peaux turgescentes qui couvrent les caïeux donne une idée sur l'état d'avancement de la maturité de la culture (Regourd, 2008).

En fonction des conditions climatiques, du calibre des bulbes et de la surface à récolter, la récolte peut débuter lorsque les bulbes sont couverts encore par 4 peaux (Regourd, 2008). Cette observation se fait en arrachant quelques plantes ou par le comptage des feuilles vertes présentes en dessous des feuilles axillaires permet de connaître le nombre de peaux couvrant les caïeux, sachant qu'une feuille verte équivaut une peau sur les caïeux.

Dans la figure 11, les feuilles n° 1, 2 et 3 situées sous les feuilles axillaires sont encore vertes, tandis que la feuille n°4 est desséchée, pointée vers le bas, arraché à ce stade, le bulbe sera couvert par 3 peaux (Regourd, 2008).

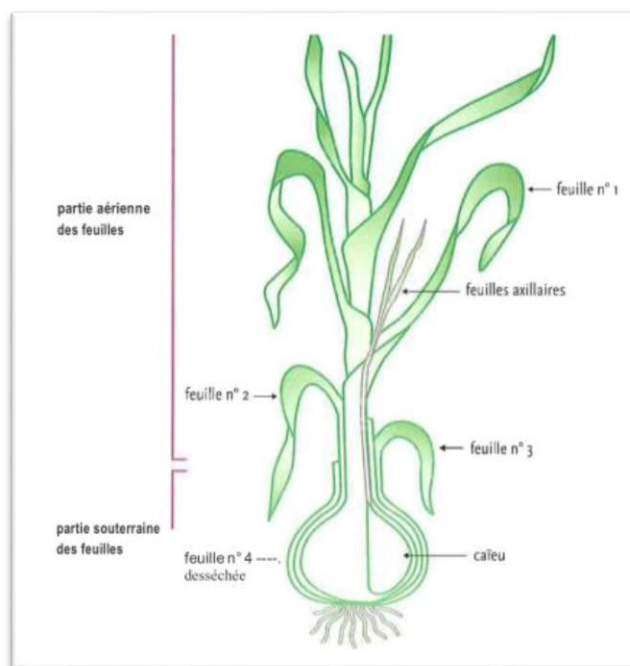


Figure 11 : Illustration du stade de récolte (Regourd, 2008)

On peut déterminer le stade de récolte par l'indice de maturité (Agriculture biologique Brochure de la chambre d'agriculture de la Haute-Garonne, service horticulture-maraichage, 2004), qui est le rapport suivant :

$$\text{Indice de maturité} = \frac{\text{poids des bulbes}}{\text{poids des feuilles}}$$

Sur un échantillon d'au moins de 30 plants ; si le rapport est supérieur à 1,6 ou 1,8 ; le stade de maturité est atteint (Agriculture biologique Brochure de la chambre d'agriculture de la Haute-Garonne, service horticulture-maraichage, 2004).

Le stade de récolte peut être déterminé par d'autres indices : l'ail est mur lorsque les 2/3 du feuillage sont secs ou 50% des plants commencent à coucher (Si Bennasseur, 2005).

b- Méthodes de récolte

- Récolte manuelle : l'ail est soulevé à l'aide d'une bineuse ou bêche à dents, il est ensuite mis en gerbes ou paquets. Après 7 à 14 jours de séchage en champs, il est mis en bottes qui sont suspendues sous un hangar ou dans un séchoir à ventilation dynamique (Colin, 2016).

- Récolte semi-mécanique : elle consiste à soulever et à déchausser les bulbes à l'aide d'une tige de soulèvement (lame) trainée par un tracteur, de façon à faciliter l'arrachage manuel subséquent, sans risquer de briser les bulbes ou de déchirer les tiges ; elle est généralement pratiquée pour les superficies importantes (Colin, 2016).

- Récolte mécanique : Elle est réalisable à l'aide d'une arrache de bulbes, tranche les feuilles et débarrasse les bulbes de la terre et des débris, mis en gerbes ou en paquet ou équeuté pour ensuite être séché (Colin, 2016).

1.2.5. Séchage

C'est une étape indispensable de la culture, elle permet aux bulbes de terminer leur maturation, garantir leur bonne conservation et réduire au minimum les infections microbiennes et fongiques (Allen, 2009). L'ail est considéré comme sec lorsqu'il a perdu 35 à 40% de son poids initial (Colin, 2016).

Durant cette phase, le bulbe va acquérir sa couleur définitive qui est caractéristique de la variété. Il est préférable de l'arracher un peu vert, et le laisser séché à l'air sur le sol, en prenant soin de poser chaque poignée de telle sorte que les têtes des unes couvrent les queues des autres. L'ail est fort sensible aux coups de soleil qui bleuiraient sa peau et entraveraient sa conservation (Takagi, 1990).

Une durée minimale de 2 semaines de séchage est nécessaire (figure 12), les bulbes doivent être maintenus entiers afin de permettre la translocation des sucres de la tige vers le bulbe (Le Petit Mas, 2009).

Après le séchage, les racines de l'ail sont coupées au ras du bulbe et les feuilles taillées, les bulbes d'ail sont mis dans des claies ou des plateaux ajourés dans des cellules (figure 13) à claire-voie dans un local bien ventilé (Allen, 2009). L'ail est alors soit destiné à la vente, soit à l'entreposage pour servir de semence pour une prochaine culture (Allen, 2009). L'entreposage de l'ail se fait dans un abri sec et bien ventilé.



Figure 12. Séchage à la barre



Figure 13. Séchage en palox

1.2.6. Conservation, stockage et entreposage

Le stockage de l'ail se fait différemment selon qu'il s'agit d'ail de consommation ou d'ail de semence.

- Dans le premier cas, on cherche à prolonger la phase de repos végétatif pendant laquelle la germination ne peut se réaliser. L'application d'*hydrazide maléique* pratiquée avant récolte. Une autre, plus économique, est la conservation en chambre climatisée à 15-20 °C.

- Dans le deuxième cas, on cherche, au contraire, à ce que la dormance soit partiellement levée au moment de la plantation. La température critique de la levée de dormance est de 7°C. De plus, la qualité sanitaire des bulbes revêt une importance encore plus importante que dans le cas des bulbes destinés à la consommation (Meddine et Yessaad, 2017).

1.2.7. Transformation

L'ail destiné au marché médicinal doit être transformé rapidement après le séchage des bulbes, afin de conserver la teneur en principes actifs. En effectuant cette transformation rapidement, on limite également les impacts que l'évolution physiologique de l'ail pourrait avoir sur l'apparence du produit fini. En effet, le marché recherche une poudre d'ail blanche qui pourrait être difficile à obtenir si l'ail a commencé à germer avant la transformation.

Il existe une grande variation dans la teneur en principes actifs entre l'ail frais et l'ail transformé en fonction des techniques de transformation et de l'endroit où l'ail a été cultivé. Les suppléments d'ail retrouvés sur le marché sont à base d'ail frais, déshydraté, lyophilisé ou d'huile. Les produits à base d'ail doivent être standardisés afin d'assurer leur efficacité sur la santé.

On peut transformer l'ail pour une utilisation culinaire comme condiment, l'ail séché est réduit en granules, en poudre et en sel d'ail (Filière des plantes médicinales, biologie du Québec, 2009).

1.2.8. Les critères de qualité

a- Qualité visuelle et fermeté

Selon Meddine et Yessaad (2017), les critères de qualité retenus pour l'évaluation d'un lot d'ail sont essentiellement visuels et tactiles.

Certains opérateurs se basent sur l'application de la Norme CEE ONU FFV-18 pour contrôler la qualité des aulx réceptionnés, selon les 3 catégories : Extra, Catégorie I et Catégorie II, définies dans le tableau 05 (ce contrôle n'est rendu possible que si les opérateurs en amont de la filière ont appliqué cette norme).

Tableau 05 : Caractéristiques qualitatives et tolérances par catégorie d'ail (Source : Norme CEE-ONU FFV-18, édition 2010, diffusée le 03/02/2011)

Disposition	Catégorie extra	Catégorie I	Catégorie II
Valeur commerciale	Qualité supérieure	Bonne qualité	Qualité marchande
<i>Caractéristiques qualitatives</i>			
Bulbe ou tête	Entier Bien nettoyé	Entier	Cf. caractéristiques
Forme	Régulière	Relativement régulière	irrégulière
Caïeux ou gousses	Serrés	Raisonnement serrés	Absence tolérée de 3 caïeux au maximum
Racines	Coupées au ras du bulbe pour aulx secs	/	/
Défauts	Pas de défauts, excepté de légères altérations superficielles	Légers défauts admis, petites déchirures de la pellicule extérieure du bulbe	Défauts admis : -déchirures ou absence de certaines parties de la pellicule extérieure du bulbe. -lésions cicatrisées. -légères meurtrissures
<i>Tolérance de qualité (en nombre ou en poids)</i>			

Aspect	5% (avec 0,5% maxi conforme cat. II)	5% (avec 1% maxi hors cat. II et /ou hors caract. mini ou atteints de dégradations).	10% (avec 2% maxi de bulbes atteints de dégradations).
Germe	/	1% (avec maxi en poids de bulbes avec germes extérieurs visibles)	5% maxi en poids de bulbes avec germes extérieurs visibles.

L'ail peut toutefois présenter des défauts d'aspect, développés au cours du circuit de commercialisation, qu'il est important de reconnaître (Meddine et Yessaad, 2017) :

- Taches brunes au contour précis, situées sur la tête ou la tige. Il s'agit de taches de café au lait, dues à une maladie d'origine bactérienne.

- Maladie physiologique « *waxy breakdown* » : l'intérieur du bulbe est atteint avec des gousses d'aspect vitreux et visqueux et des tuniques qui deviennent Marron. Ces bulbes dégagent une odeur très désagréable.

- Taches brunâtres ou noirâtres sèches et diffuses, incrustées seulement sur la tunique extérieure : signe d'une conservation en conditions humides. Une surface limitée, sur un nombre de tête limité, peut être tolérée, car le défaut est superficiel : la qualité des gousses à l'intérieur de la tête n'est pas dépréciée. Il s'agit de la « *suie noire* » provoquée par un champignon saprophyte *Embellisia allii*, souvent la conséquence de mauvaises conditions de séchage.

- Moisissures grises ou bleues sur le plateau racinaire : signe à nouveau d'une conservation réalisée dans de mauvaises conditions.

- Éclatement du bulbe: les tuniques ne se tiennent plus très bien, les gousses se sont écartées les unes des autres. C'est le signe d'une récolte tardive ou de la reprise d'activité du bulbe (germe, racines...).

- Taches de gel : aspect vitreux le plus souvent sur les caïeux extérieurs. Les bulbes ainsi atteints ne dégagent aucune odeur particulière, ces symptômes ne doivent pas être confondus avec ceux du « *waxy breakdown* ».

b- Calibres

Le calibre est déterminé par le diamètre maximal de la section équatoriale. La Norme CEE-ONU FFV-18 établit une échelle de calibrage et des tolérances en fonction des catégories d'ail (Tableau 06).

Tableau 06 : Calibrage et tolérances par catégorie d'ail

(Source : Norme CEE-ONU FFV-18, édition 2010, diffusée le 03/02/2011)

Disposition	Catégorie extra	Catégorie I	Catégorie II
Valeur commerciale	Qualité supérieur	Bonne qualité	Qualité marchande
<i>Calibrage</i>			
Échelle de calibrage	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire
Diamètre mini	45 mm	30 mm	30 mm
<i>Tolérances de calibrage</i>			
Fourchette de calibre pour bulbes d'un même emballage	Cette fourchette ne doit pas dépasser : -15 mm si le diamètre du plus petit bulbe est inférieur à 40 mm. -20 mm si le diamètre du plus petit bulbe est inférieur ou égale à 40 mm		
Tolérance	10 % en poids		

c- Analyse microbienne

Chaque récolte doit faire l'objet d'une analyse microbiologique comprenant les paramètres suivants : compte total, levures et moisissures ; *E. coli* ; *Staphylococcus aureus* ; *Pseudomonas aeruginosa* ; *Salmonella spp.* La présence de bactéries pathogènes peut dénoter un manque d'hygiène ou d'infestation des installations par des rongeurs ou des insectes, ce qui est évidemment inacceptable (Filière des plantes médicinales, biologie du Québec, 2009).

1.2.9. Analyse d'ingrédients actifs

Le marché de l'ail utilisé à des fins médicinales à certaines exigences en ce qui concerne le taux d'ingrédients actifs présents dans les produits. Différentes sources d'informations donnent quelques précisions.

Selon Eagling et sterling (2000), la teneur en *allicine* devrait être d'au moins 4,5 mg/g de produit frais pour avoir un intérêt pour l'industrie. Généralement un extrait standardisé devrait fournir entre 3,6mg et 5,4mg d'*allicine* par gramme de poudre (Passeport Santé, 2009). Il est noté que la variété « Music » est réputé pour avoir un taux d'*allicine* élevé (Saskatchewan Agriculture and Food, 2004).

1.2.10. Aspect économique et mise en marché

Actuellement, sur le marché, la majorité de l'ail produit est vendue à l'état frais auprès de distributeurs en gros, d'épiceries indépendantes, de marché ou directement à la ferme (Si Bennasseur, 2005). La demande, autant pour une utilisation culinaire que médicinale, étant actuellement à la hausse.

L'ail est disponible et consommable sous ses différentes formes sur le marché : l'aillet, l'ail sec.

Sur le marché médicinal, les extraits d'ail -désodorisés ou non- sont vendus sous forme de gélules entérosolubles, d'huile d'ail (Colin, 2016).

***Partie II : Partie
expérimentale***

I. Présentation de la région d'étude

Partie II : Partie expérimentale

2.1. Présentation de la région d'étude

2.1.1. Situation géographique

La wilaya de M'Sila, occupe une position privilégiée dans la partie centrale du Nord Algérien. Elle fait partie de la région des Hauts plateaux du centre et s'étend sur une superficie de 18 175 Km² (figure 14). Elle compte aujourd'hui 47 communes, regroupées en 15 daïras comptant une population d'environ 1 334 520 Habitants (DSA M'Sila, 2020). Elle est limitée :

- Au Nord-Est : par les wilayas de Bordj-Bou-Argeridj et Sétif.
- Au Nord-Ouest : par les wilayas de Médéa et Bouira.
- A l'Ouest : par la wilaya de Djelfa.
- Au Sud-Est : par la wilaya de Biskra.

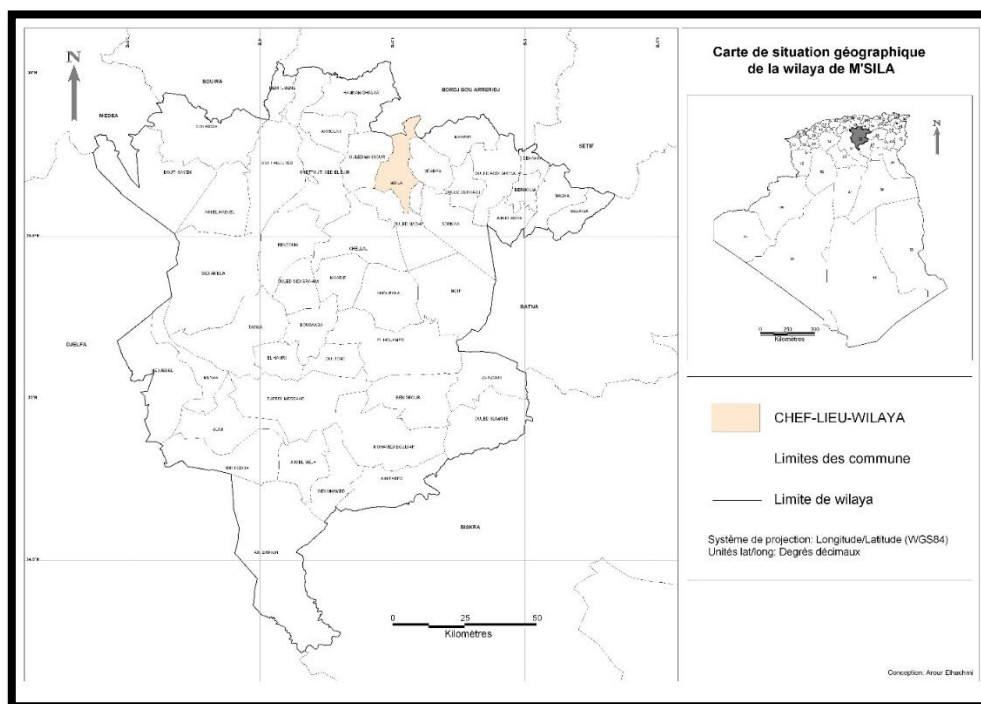


Figure 14. Carte géographique de la wilaya de M'Sila

(DSA M'Sila, 2020)

2.1.2. Situation du secteur agricole

La wilaya de M'Sila est située entre les deux Atlas, elle est caractérisée par un climat semi-sec à sec. C'est une Wilaya steppique à vocation agro-pastorale, sa SAU ne représente qu'une faible partie de la superficie totale soit 277 592 ha (DSA M'Sila, 2020). Cette wilaya regroupe trois espaces naturels (DSA M'Sila, 2020) :

- **Zone pastorale** : couvre une grande partie de la superficie totale de la wilaya, et d'une superficie estimée à 1 090 500 ha, l'équivalent de 60% de la superficie totale de la wilaya, et qui est exploitée principalement pour l'élevage du bétail.

- **Zone des plaines** : d'une superficie estimée à 527 075 ha, ce qui représente 29% de la superficie totale de la wilaya, et qui est principalement consacrée à la culture de légumes, les arbres fruitiers et l'élevage bovin.
- **Zone montagneuse** : estimée à 199 925 ha, représentant 11% de la superficie totale de la wilaya, elle est dominé par les arbres forestiers, l'olivier et quelques grandes cultures. Elle est caractérisée par l'élevage de bétail et de volaille.

Les ressources hydriques de la wilaya résumant à des structures agricoles constituées par : les puits profonds (les forages), les puits traditionnels, les barrages, les barrières d'eau et les bassins (DSA M'Sila, 2020).

II. Matériels et méthodes

2.2. Matériels et méthodes

2.2.1. Objectif de l'étude

Le secteur agricole de la wilaya de M'Sila connaît une dynamique très active par la relance et la prise en charge de plusieurs spéculations d'intérêt. L'objectif de notre étude est de caractériser l'évolution et la conduite de la culture d'ail dans la région par un diagnostic agronomique dans le but d'identifier le système de culture appropriée à la région.

Le travail engagé à travers cette étude présente deux objectifs. Le premier objectif est de décrire par le biais d'une double enquête la situation et la conduite de la culture d'ail dans la région. Le deuxième objectif est un suivi du comportement de la variété *Joumana* qui est la plus cultivée dans la région d'Ouled Derradj.

2.2.2. Présentation du site expérimental

L'étude a ciblé les principales zones productrices d'ail dans la wilaya de M'sila et qui sont situées dans la daïra de Ouled Derradj et Souamaa (figure 15). Deux communes représentatives de la daïra : Ouled Derradj et Souamaa sont considérées au cours de notre étude.

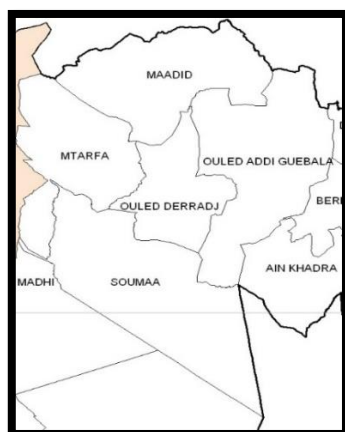
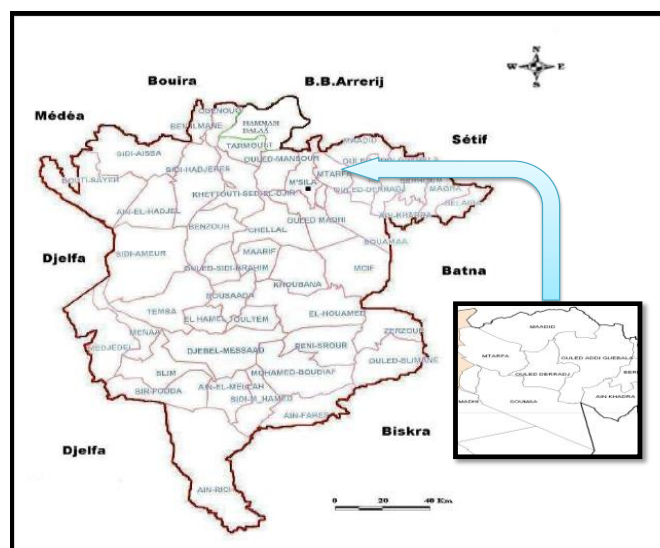


Figure 15. Les communes de la région d'étude d'Ouled Derradj

2.2.3. Choix de la région expérimentale

La région de Ouled Derradj est parmi les sites potentiels de la production d'ail dans la wilaya de M'Sila

Le choix de cette région a été dicté par les critères suivants :

- Le développement remarquable de la culture d'ail dans la région de M'Sila et la maîtrise de sa conduite par les agriculteurs depuis des années.
- Les superficies réservées à l'ail et la production ont classé Ouled Derradj aux premiers rangs dans la wilaya de M'Sila ;
- L'importance du nombre d'agriculteurs pratiquants cette culture et qui sont au nombre de 117 agriculteurs (Subdivision agricole de Ouled Derradj, 2019).

2.2.4. Situation géographique de la région expérimentale

La Daïra d'Ouled Derradj est située dans la partie Est de la wilaya, à une distance de 20 km du chef-lieu de la Wilaya à une latitude de (35° 40' 60'') N, et (4° 46' 60'') E à une altitude 520 m (Subdivision de Ouled Derradj, 2020).

Elle est limitée au Nord par la wilaya de Borj-Bou-Arridj, au Sud et Sud-Est par la wilaya de Batna, au Sud-Ouest par la commune de Ouled Madhi et la commune de M'cif, à L'Ouest par la commune de M'Sila, et par la partie Est, elle est limitée par les communes de Dehahna, Berhoum et Ain El Khedra.

Cette Daira a cinq communes : M'tarfa, Ouled Derradj, Souamaa, Maadhid et Ouled Adii Guebala.

2.2.5. Conditions édapho-climatiques

Le climat de la région est celui de la zone de M'Sila, il est caractérisé par une saison hivernale s'étalant du mois de Novembre jusqu'au mois de Février (DSA M'Sila, 2020).

Le sol de la région est argileux à argilo-limoneux (Subdivision de Ouled Derradj, 2020).

2.2.6. Matériel végétal

Le matériel végétal étudié est l'ail (*Allium sativum* L.). Les variétés qui figurent dans notre résultat d'enquête sont *Joumana*, *Rayhana*, *Faracha*, *Assil* et *Chams enna*. L'accent sera mis sur la variété *Joumana* car elle est la plus cultivée et la plus productive dans la région. Contrairement aux autres variétés qui n'ont pas été cultivées cette campagne chez la majorité des agriculteurs en raison de leur rendement bas par rapport à la variété *Joumana*.

La variété *Joumana* est importée de la Chine. Elle a été cultivée pendant 4 à 5 ans et a été maintenue par la suite chez les agriculteurs, en raison de sa bonne adaptation aux conditions pédoclimatiques de la région.

La variété *Joumana* est une variété à peau violette et caïeux mauves (figure 16), cultivée en automne (Septembre à Novembre) et récoltée soit en vert (avant la complète maturité) au printemps (10-30 Avril), ou en été comme ail sec (15 mai- 5 Juin) (Annexe 01)



Figure 16. Photo réelle de la variété *Joumana*

2.2.6. Protocol expérimental

Pour venir à bout des objectifs fixés sur l'étude de la conduite de la culture d'ail dans la région de M'Sila, nous avons établi et suivi un protocole expérimental qui comporte trois parties :

2.2.6.1. Situation de la culture d'ail dans la wilaya de M'Sila

L'étude de la situation de la culture d'ail dans la région de M'Sila a été réalisée sur la base de collecte des données au niveau de la direction des services agricole de la wilaya de M'Sila (DSA), la chambre d'agriculture de M'Sila et au niveau de la subdivision agricole de la Daïra de Ouled Derradj.

Les données recueillies concernent la superficie cultivée, la production et le rendement obtenu au cours des dix dernières années.

2.2.6.2. Conduite de la culture d'ail par les agriculteurs de la région

L'étude de la conduite de l'ail dans la région a été réalisée par le biais d'une enquête sur terrain sur la base d'un questionnaire en rapport avec l'itinéraire technique pratiquée par les agriculteurs de la région. Cette partie a duré trois mois d'effort entre l'élaboration du questionnaire et la réalisation de l'enquête sur le terrain.

Elle s'est déroulée en trois (3) grandes étapes complémentaires :

a- Le travail préparatoire : l'étude documentaire

Ce travail était un préalable nécessaire à la préparation des étapes successives de l'étude et des missions sur terrain. Il a été consacré à la collecte, l'exploitation, l'analyse et la synthèse de la littérature disponible sur la culture d'ail.

b- Elaboration du questionnaire

A l'issue de la littérature consultée, nous avons réalisé un questionnaire composé de 28 questions en rapport direct avec l'itinéraire technique adopté par les agriculteurs de la région. Ce questionnaire a permis de recueillir des données aussi bien quantitatives que qualitatives.

c- Enquête sur terrain auprès des agriculteurs

En premier lieu, nous avons établi une première typologie des agriculteurs des différentes zones en fonction des ressources des exploitations. Les informations tirées de ce pré typologie ont ensuite servi à la construction d'un échantillon raisonné de producteurs à enquêter et d'un questionnaire structuré pour la réalisation des enquêtes proprement dites.

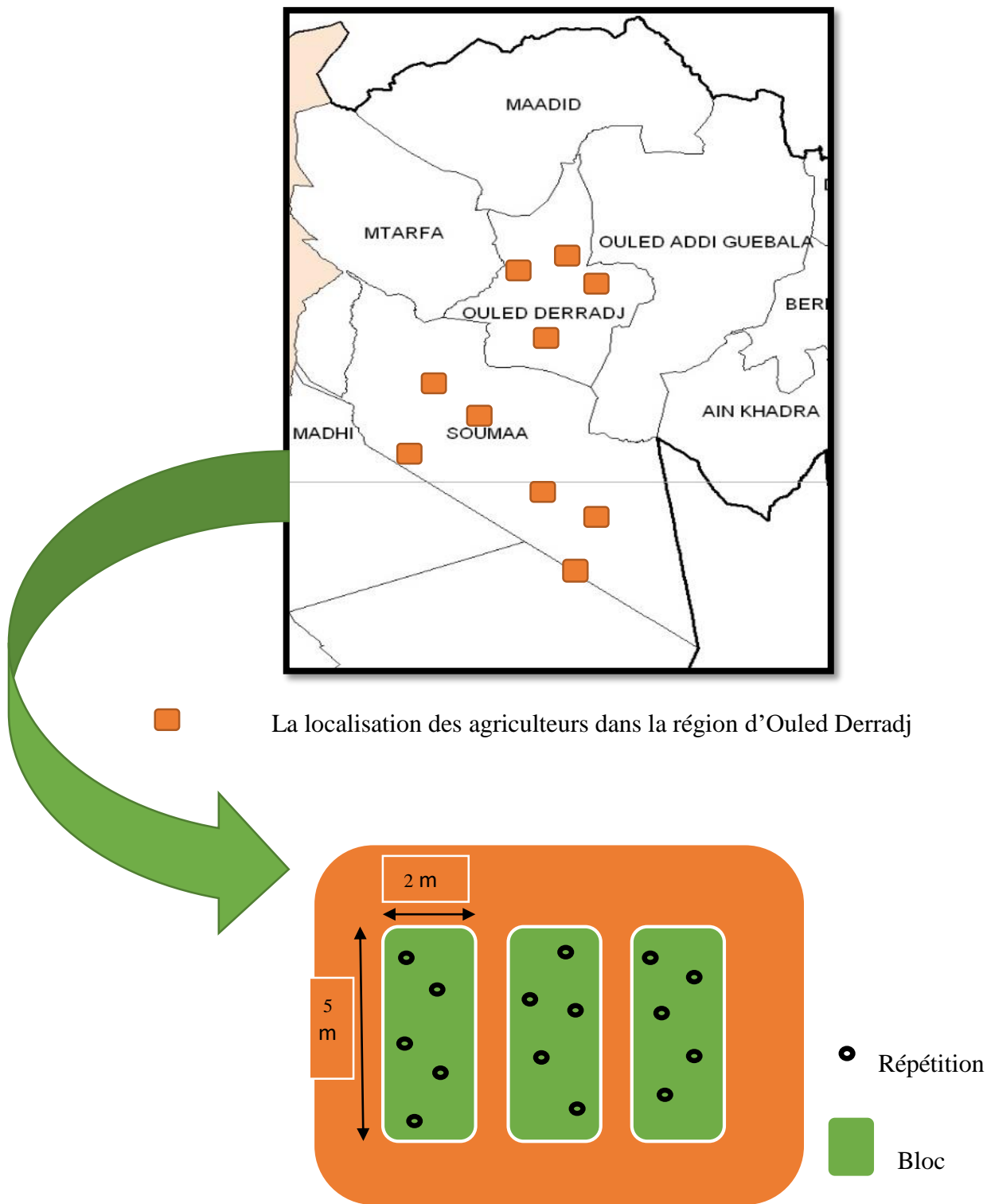
Etant donné que le nombre d'agriculteurs produisant l'ail le plus élevé a été noté dans les communes de Ouled Derradj et de Souamaa, nous n'avons, donc, ciblé que ces deux zones. Le nombre d'agriculteurs prévu au questionnement devait être élevé mais en raison de la pandémie du covid-19 nous nous sommes contentés de vingt-neuf (29) agriculteurs (Annexe 02).

L'enquête a été réalisé auprès des 29 chefs d'exploitation agricole le 14 avril 2020 et elle a été achevée le 19 Mai de la même année.

2.2.6.3. Etude de la production de l'ail dans la région

Pour l'étude de la production de l'ail dans la région d'Ouled Derradj nous avons ciblé, chez dix (10) agriculteurs potentiels choisis aléatoirement et suivi une seule variété d'ail "*joumana*", la plus fréquemment cultivée dans la région. Au niveau des champs réservés à l'ail, et chez chaque agriculteur, nous avons adopté un dispositif expérimental en blocs randomisés pour faciliter le suivi de l'essai.

L'ail est cultivé en planches, ce qui nous permis de tirer au hasard trois planches de cultures homogènes qui constitueront les blocs. Les dimensions des blocs sont chez la majorité des agriculteurs de 2 m de largeur et de 5 m de longueur, soit une superficie de 10 m² (Figure 17).



La localisation des agriculteurs dans la région d'Ouled Derradj

Figure 17. Situation de l'essai et dispositif

La plantation des caïeux a été réalisé selon un espacement de plantation de 15 x 15 cm ; pour une densité de 490 caïeux. Les pratiques culturales réalisées sur les dix (10) essais sont résumées dans le tableau suivant :

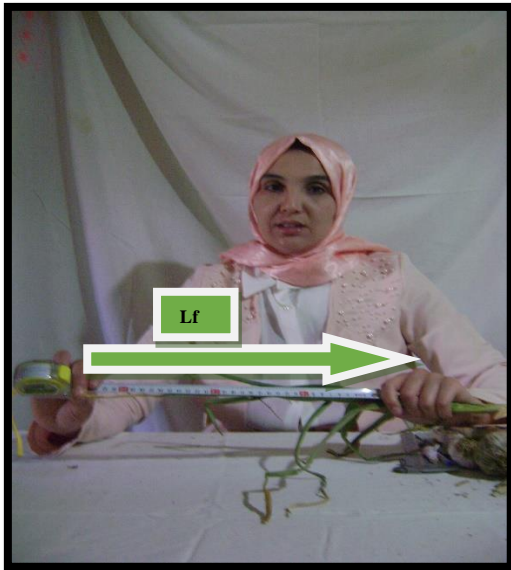
Tableau 07 : Les pratiques culturales réalisées sur les dix (10) essais

	Agr1	Agr2	Agr3	Agr4	Agr5	Agr6	Agr7	Agr8	Agr9	Agr10
Identification de l'agriculteur	Région de Lekhben, commune de Souamaa (10ha)	Région de Lekhben, commune de Souamaa (0.5ha)	Région de Lekhben, commune de Souamaa (5ha)	Région de Laaouassa, commune de Souamaa (4ha)	Région de Laaouassa, commune de Souamaa (3ha)	Région de Laaouassa, commune de Souamaa (3.5ha)	Région de Braktia, commune de Ouled Derradj (0.5ha)	Région de O.Dhim, commune de Ouled Derradj (0.5ha)	Région de O.Dhim, commune de Ouled Derradj (1ha)	Région de Braktia, commune de Ouled Derradj (0.5ha)
Implantation de la culture	Var. <i>Joumana</i> , dose de plantation 10q/ha	Var. <i>Joumana</i> , dose de plantation 12q/ha	Var. <i>Joumana</i> , dose de plantation 10q/ha	Var. <i>Joumana</i> , dose de plantation 10q/ha	Var. <i>Joumana</i> , dose de plantation 12q/ha	Var. <i>Joumana</i> , dose de plantation 10q/ha	Var. <i>Joumana</i> , dose de plantation 10q/ha	Var. <i>Joumana</i> , dose de plantation 10q/ha	Var. <i>Joumana</i> , dose de plantation 12q/ha	Var. <i>Joumana</i> , dose de plantation 10q/ha
fertilisation	Engrais de fond et foliaire	Engrais de fond et foliaire	Fumure organique d'origine animale (Ovin et bovin) et engrais foliaire	Fumure d'ovin et engrais foliaire	Engrais foliaire	Fumure d'ovin et engrais foliaire	Fumure noire et engrais foliaire	Engrais foliaire	Engrais foliaire	Fumure noire et engrais foliaire
Désherbage	Manuel et avec désherbant	Manuel et avec désherbant	Manuel et avec désherbant	Manuel et avec désherbant	Manuel et avec désherbant	Manuel et avec désherbant	Manuel et avec désherbant	Manuel et avec désherbant	Manuel et avec désherbant	Manuel et avec désherbant
Traitement contre les ravageurs	Insecticide et fongicide	Insecticide et fongicide	Insecticide et fongicide	Insecticide et fongicide	Insecticide et fongicide	Insecticide et fongicide	Insecticide et fongicide	Insecticide et fongicide	Insecticide et fongicide	Insecticide et fongicide
Récolte	Manuel au stade 1/3 de fanage de feuilles	Manuel au stade 1/3 de fanage de feuilles	Manuel au stade 1/3 de fanage de feuilles	Manuel au stade 1/3 de fanage de feuilles	Manuel au stade 1/3 de fanage de feuilles	Manuel au stade 1/3 de fanage de feuilles	Manuel au stade 1/3 de fanage de feuilles	Manuel au stade 1/3 de fanage de feuilles	Manuel au stade 1/3 de fanage de feuilles	Manuel au stade 1/3 de fanage de feuilles

2.2.7. Paramètres mesurés

Les paramètres traités ont été mesurés selon sur un échantillon de 15 plants tirés aléatoirement dans chaque bloc et auprès des dix agriculteurs d'ail de la région d'étude. Les prélèvements et les mesures ont été réalisés au stade de maturité physiologique de la plante (Figure 18).

- **La longueur de la partie aérienne (cm)** : ou la hauteur moyenne de la plante, qui est mesurée de la base de la plante au sommet de la plante à l'aide d'un mètre ruban.
- **La longueur de la plus longue feuille (cm)** : C'est la longueur moyenne de la plus longue feuille ; les mesures ont été faites à l'aide d'un mètre ruban.
- **La largeur de la plus grande feuille (cm)** : C'est la largeur moyenne de la plus grande feuille, la mesure a été faite au niveau de la gaine de la feuille ; à l'aide d'un mètre ruban.
- **Le nombre de feuilles par plant** : C'est le comptage du nombre total de feuilles par plante.
- **Le diamètre du collet de la plante (cm)** : C'est le diamètre moyen de la partie qui se situe entre la partie aérienne et la partie souterraine, qui est aussi le cou de bulbe. Les mesures ont été faites à l'aide d'un pied à coulisse.
- **Le diamètre du bulbe (cm)** : le diamètre a été mesuré au niveau de la partie médiane du bulbe à l'aide d'un pied à coulisse.
- **La hauteur du bulbe (cm)** : la hauteur du bulbe a été mesurée du plateau racinaire basal jusqu'à la pointe supérieure de bulbe à l'aide d'un pied à coulisse.
- **Le diamètre du caïeu (cm)** : Il est mesuré à partir de la partie médiane du caïeu à l'aide d'un pied à coulisse.
- **Le poids du bulbe (g)** : C'est le poids moyen du bulbe, après 7 jours de récolte ; les mesures sont faites à l'aide d'une balance, de 15 plants récoltés au stade de maturité physiologique, aléatoirement choisis dans 3 blocs auprès de 10 agriculteurs d'ail de la région d'étude.
- **Le poids de caïeu (g)** : C'est le poids moyen de caïeu, après 7 jours de récolte ; les mesures sont faites à l'aide d'une balance.
- **Le nombre de caïeux par bulbe** : C'est le nombre total de caïeux produits par bulbe, après 7 jours de récolte.
- **Le rendement en bulbe total (q/ha)** : C'est le rendement moyen en bulbe après 7 jours de récolte, il est calculé par le poids de bulbe par m² en gramme, multiplié par 10000, pour avoir le rendement en ha, puis on le transforme en quintaux pour avoir le rendement final.



Mesure de la longueur de la plus longue feuille

(Lf : longueur de feuille)



Mesure du collet (Dc : diamètre du collet)



La mesure de diamètre de bulbe
(Db : diamètre de bulbe)



La mesure de la hauteur de bulbe (Hb : hauteur de bulbe)



La mesure de poids du bulbe



La mesure de poids du caïeu



Mesure du nombre de caïeux par bulbe

Figure 18. Photos réelles de mesure des paramètres étudiés

2.2.8. Traitement et analyse des données

Les résultats de l'enquête réalisée et les itinéraires techniques pratiqués par les agriculteurs de la région ont été présentés sous forme de courbes ou d'histogrammes par le logiciel Excel XP 2007.

Les données recueillies sur la variété *Joumana* ont fait l'objet d'analyse de variance à un facteur par le biais d'un logiciel STATBOX version 6.5 (2007).

***Partie III : Résultats et
discussions***

Chapitre 01 :
Situation de la culture
d'ail dans la région de
M'Sila

Partie III : Résultats et discussions

3.1. Situation de la culture d'ail dans la région de M'Sila

3.1.1. Superficies de plantation d'ail dans la wilaya de M'Sila de 2009-2019

La culture d'ail dans la wilaya de M'Sila est pratiquée depuis plusieurs années. Le bilan réalisé a montré une instabilité des superficies de plantation qui varient de 100 ha (campagne 2010-2011) à 600 ha (campagne 2017-2018) (Figure 19).

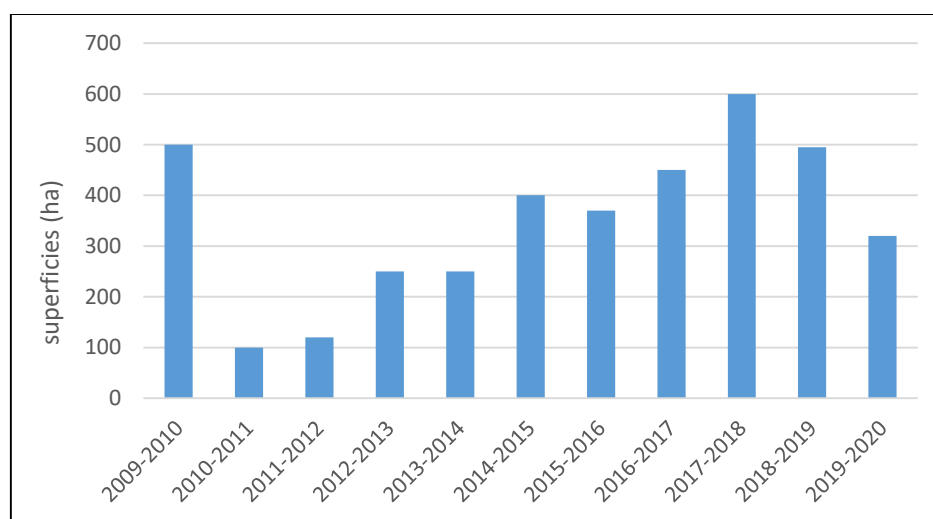


Figure 19. Superficies de plantation d'ail dans la wilaya de M'sila de (2009-2019) (DSA M'sila, 2020)

Etant donné que l'ail est récolté soit en vert récolté tôt (au printemps) soit en sec récolté en été, nous avons constaté que les agriculteurs de la région avaient une préférence envers l'ail sec. Les surfaces consacrées à l'ail sec sont passées de 200 ha en 2013 à 360 ha en 2017 pour baisser à 175 ha en 2019. Les surfaces de plantation d'ail en vert varient de 50 ha en 2013 à 240 ha en 2017 pour diminuer et atteindre 145 ha en 2019 (Figure 20).

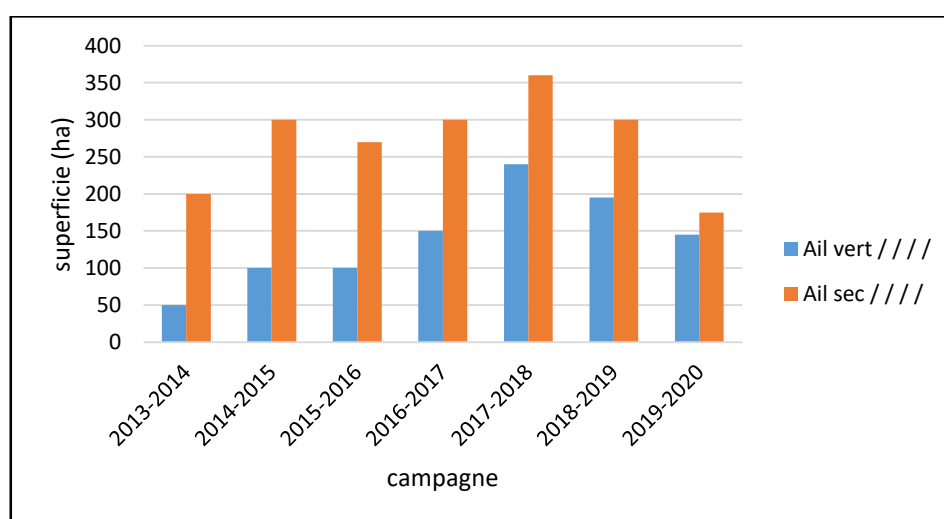


Figure 20. Evolution des superficies de plantation d'ail vert et d'ail sec dans la wilaya de M'Sila de 2013 à 2019

Nous avons constaté que la tendance de la production allait vers l'ail sec par rapport à l'ail en vert. Cette préférence est liée à la rentabilité économique de l'ail sec étant donné que son prix de vente varie de 400 à 600 DA/kg alors que le prix de l'ail en vert varie de 80 à 120 DA/kg.

Répartition des superficies plantées de 2009 à 2020 était disparate. Sur les 47 communes de la wilaya de M'Sila, seulement 28 communes cultivent l'ail. La commune de Khoubana vient en première position avec une superficie de plantation de 100 ha suivie par Mohamed Boudiaf avec 55 ha, Maarif avec 43 ha et Souamaa et Ouled Derradj avec 36 ha chacune (Figure 21).

Le choix de cette culture dans ces différentes communes est lié son adaptation aux conditions pédoclimatiques de la région, et aussi, l'ail est devenue une habitude agricole et tradition familiale pour les agriculteurs.

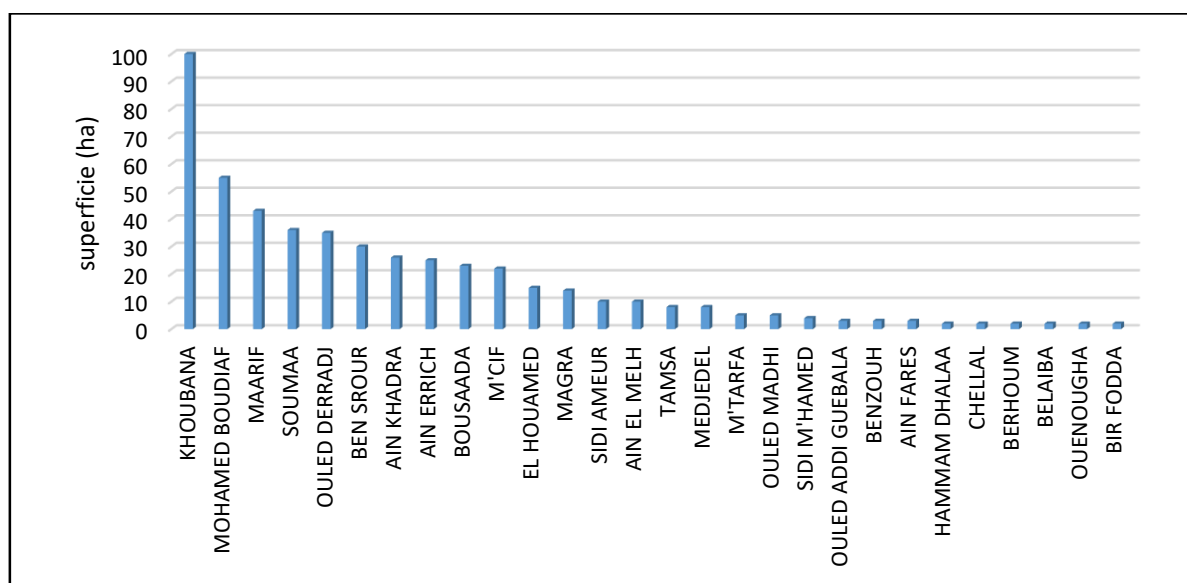


Figure 21. Distribution des plantations d'ail à travers la région de M'Sila en 2019

3.1.2. Production d'ail dans la région de M'Sila de 2009 à 2020

La production totale de l'ail a observé une évolution au cours de cette dernière décennie avec une moyenne de 20 602.6 q, la campagne 2017-2018 s'est distinguée par une production maximale soit 42 600 q et une production minimale 4400 q réalisée au cours de la campagne 2010-2011 (Figure 22).

Les zones les plus productives dans la wilaya de M'Sila sont Khoubbana avec 8500 q, Mohammed Boudhiaf avec 4 675 q, M'arif avec 3655q, Souamaa avec 2952 q et Ouled Derradj avec une production de 2870 q (Figure 23).

L'augmentation des surfaces réservées à l'ail sont appuyé par un programme spécial tracé par le ministère de l'Agriculture pour répondre à la demande des citoyens et réduire les importations de ce produit. Ce programme d'accompagnement pour améliorer la production de cette spéculacion vise à améliorer les conditions de stockage, l'irrigation et l'approvisionnement en semence d'ail (RDPA, 2020).

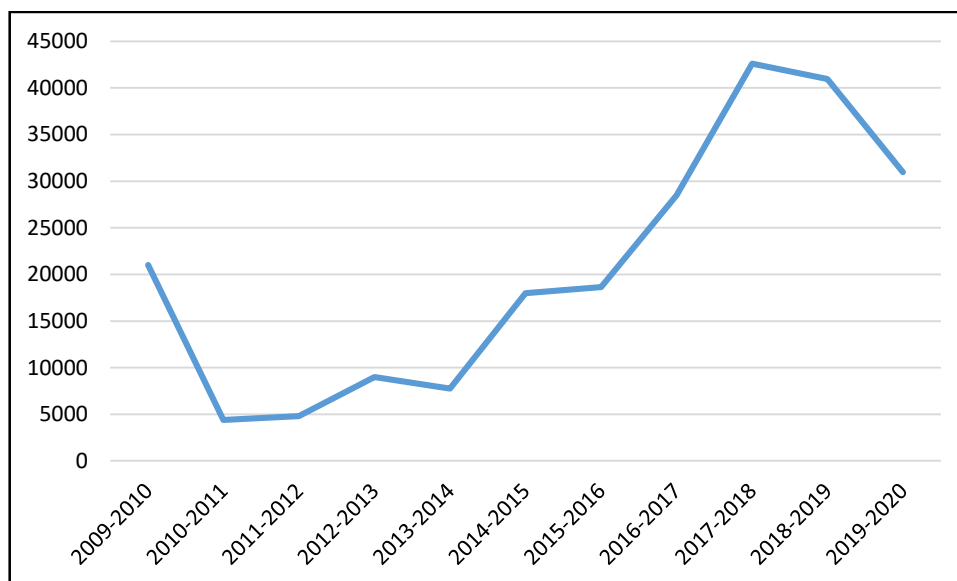


Figure 22. Evolution de la production totale d’ail dans la wilaya de M’Sila (2010-2020) (DSA M’Sila, 2020)

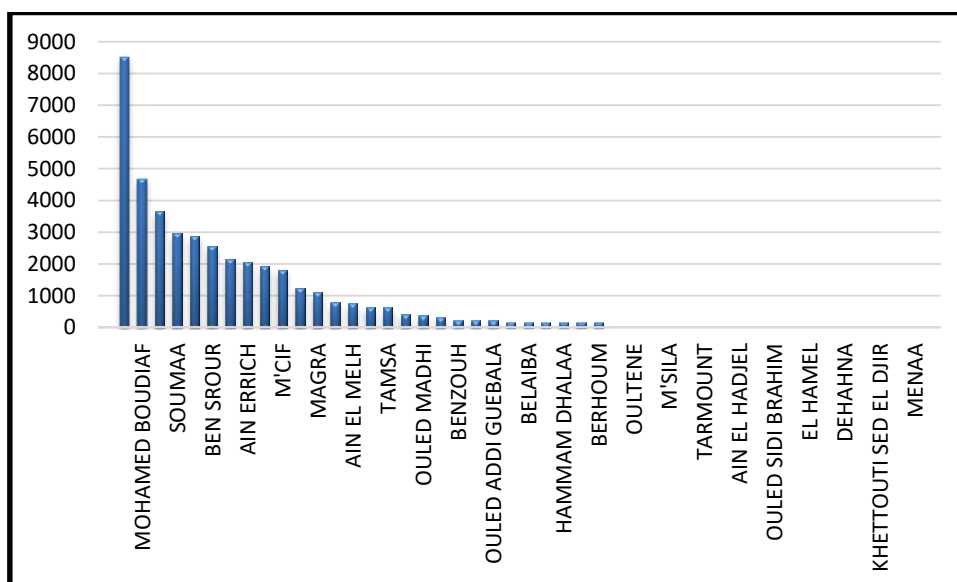


Figure 23. Répartition de production d’ail à travers les communes de la wilaya M’Sila (2010-2019)

La production de l’ail est partagée entre la production de l’ail en vert, qui est récolté au printemps (Mi-Avril) et l’ail sec, qui est récolté à partir de Mi-Mai, avec une préférence envers la récolte en sec. Concernant l’ail en vert, nous avons noté une augmentation graduelle depuis 2013 à 2019, la production est passée de 1750 q en 2014 à 19200 q en 2018. L’ail sec a connu une augmentation de la production, qui est passée de 6000 q en 2014 à 23400 q en 2018 (Figure 24).

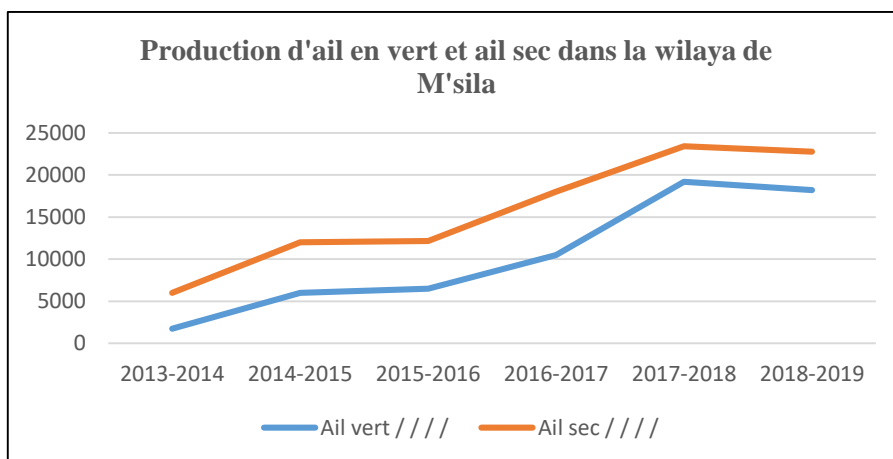


Figure 24. Evolution de la production d'ail en vert et ail sec dans la wilaya de M'Sila (2013-2020)

Le rendement de l'ail sec est passé de 30 q/ha en 2013 à 70 q/ha en 2013. On n'a pas des chiffres détaillés de l'ail sec et ail en vert de la période de 2010 et 2013. Le rendement d'ail en vert est passé de 35 q/ha en 2014 à 107 q/ha en 2019 (Figure 25). La différence entre ces deux types d'ail est forcément due au poids de la matière fraîche aérienne comptabilisé.

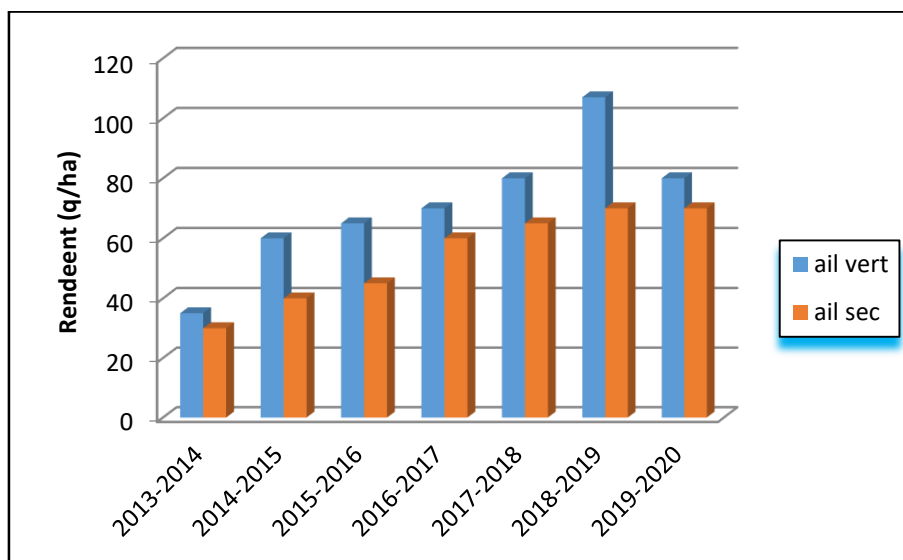


Figure 25. Evolution du rendement de l'ail vert et sec de la région de M'Sila de 2010 à 2020 (q/ha)

3.1.3. Le prix de vente de l'ail (vert et sec) sur le marché de la wilaya de M'Sila en 2019

Le prix de l'ail sur le marché, auprès des consommateurs, dans la région de M'Sila, est soumis à des changements selon la saison. A la fin de la récolte qui s'étale du mois d'avril au mois de Mai le prix de vente de l'ail sec en 2019 a été d'environ 100 DA/kg pour passer à 300 DA/kg au mois de Décembre et arrive au prix de 600 DA/kg en Janvier, alors, qu'auparavant, en 2017 et en 2018 ces prix étaient de loin plus élevé (Figure 26).

Selon les services de la Régulation et le développement des Productions Agricoles (RDPA, 2020), les prix de l'ail ont connu, dernièrement, une certaine stabilité grâce aux efforts consentis par les professionnels de cette filière. Les prix de l'ail avaient connu une importante hausse en 2018 en atteignant le prix de 1300 DA/kg. Cette hausse est due à la faible production, la demande de ce produit plus élevée que l'offre et l'arrêt de l'importation de l'ail de la Chine (DSA, 2019). Ce qui a poussé les professionnels du secteur à renforcer la production et à réguler ce produit sur le marché pour assurer la stabilité de ses prix.

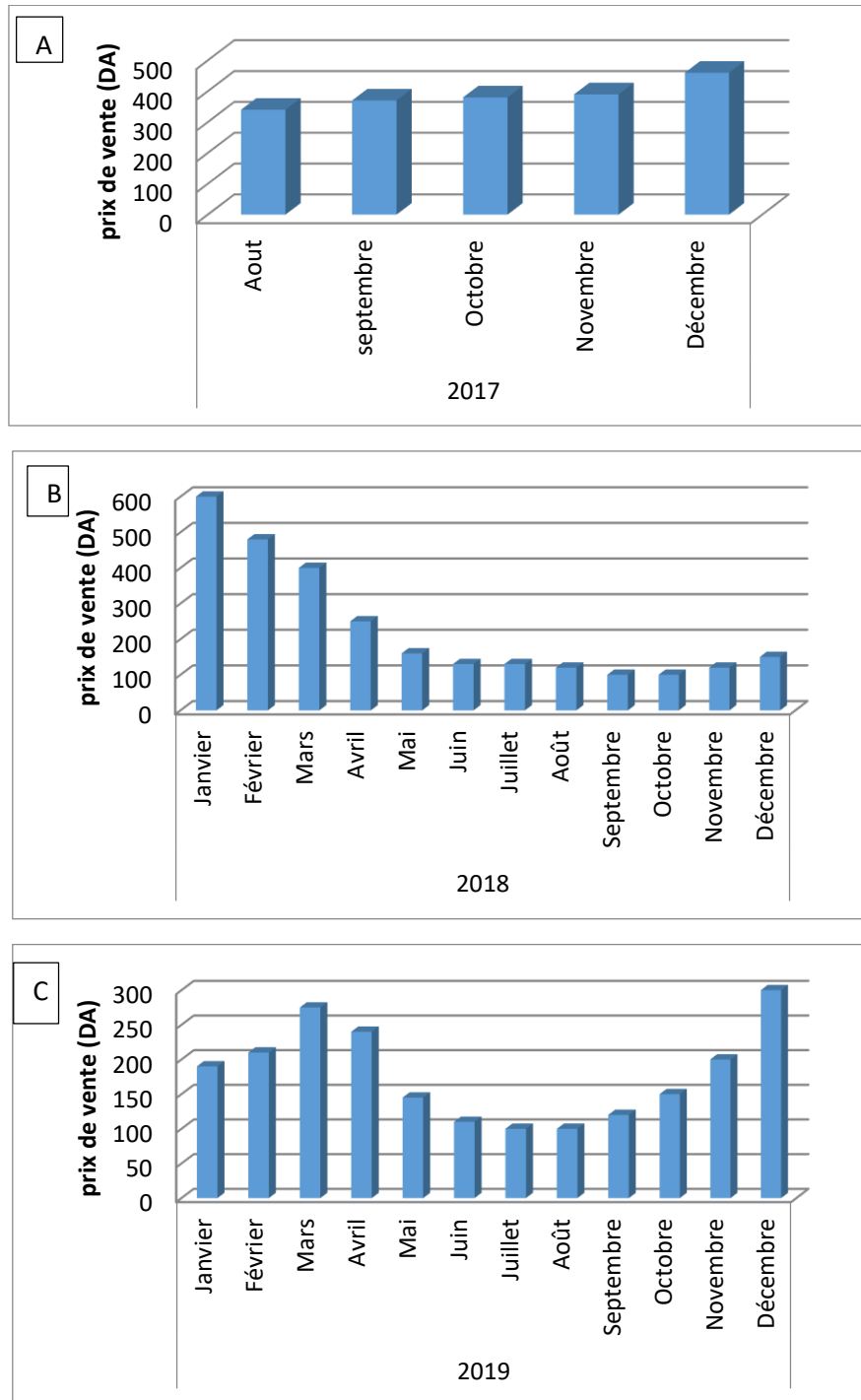


Figure 26. Variation du prix de vente de l'ail sur le marché de la wilaya de M'Sila (A : 2017, B : 2018 et C : 2019)

Chapitre 02 :
Étude diagnostique de la
Conduite de l'ail dans la
région d'Ouled Derradj.

3.2. Étude diagnostique de la Conduite de l'ail dans la région d'Ouled Derradj

3.2.1. Situation de la production d'ail dans la région d'Ouled Derradj

3.2.1.1. Identification des producteurs d'ail de la région

Les investigations auprès des services agricoles ont permis de retenir la Daïra d'Ouled Derradj comme zone d'étude. On dénombre 117 producteurs d'ail, répartis dans les différentes communes et dont la majorité appartient aux communes d'Ouled Derradj et Souamaa avec 43 agriculteurs pour chacune (Figure 27).

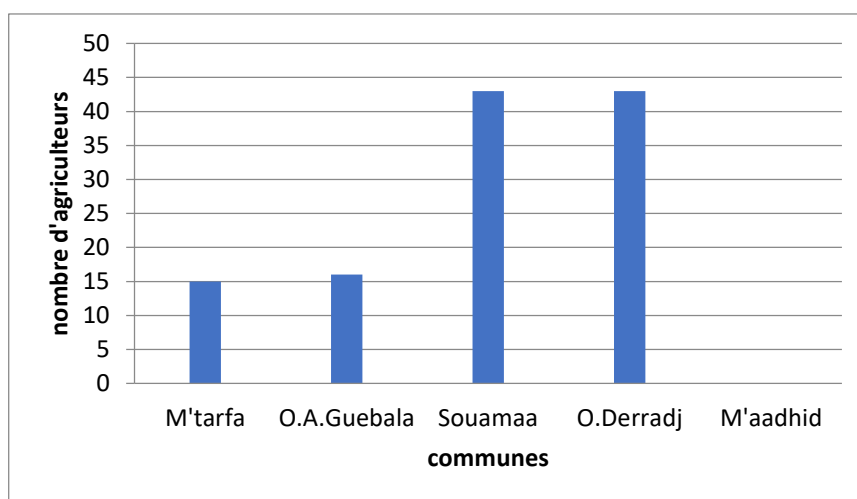


Figure 27. Répartition du nombre de producteurs d'ail dans la région d'Ouled Derradj (2019-2020)

3.2.1.2. Caractéristiques des producteurs d'ail

Les producteurs d'ail sont tous des hommes et originaire de la région d'Ouled Derradj et de Souamaa (**Annexe 03**). Leur niveau d'instruction se limite à 6^{ième} primaire ou au niveau universitaire. En dépit de ce niveau d'instruction, ces producteurs ont une maîtrise quasi parfaite des techniques de production de l'ail. Cette situation se justifie par leur niveau d'expérience, car presque 25 % des producteurs enquêtés ont une expérience d'au moins 10 ans.

Le choix de cette spéculatation, en plus d'être devenue une pratique traditionnelle par 6.89 % des agriculteurs d'Ouled Derradj, son choix dicté par le besoin de couvrir le marché local et régional par ce produit, ou pour subvenir des besoins familiaux en 13.79 % ou pour sa rentabilité (Figure 28).

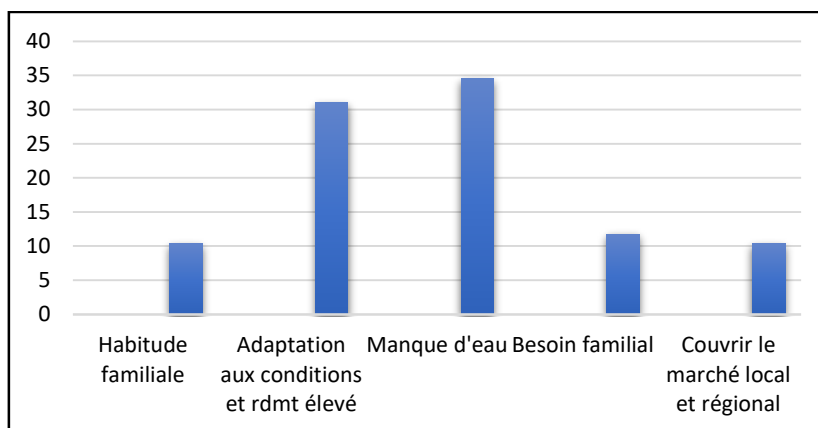


Figure 28 : Choix de la culture d'ail par les agriculteurs de la région

3.2.1.3. Superficies de plantation d'ail dans la région d'Ouled Derradj

Les superficies consacrées à la culture d'ail dans la daïra d'Ouled Derradj ont connu une forte expansion. Au cours des trois dernières années, les superficies sont passées de 14 ha à 76 ha pour l'ail en vert et de 33 ha à 179 ha pour l'ail en sec (Figure 29).

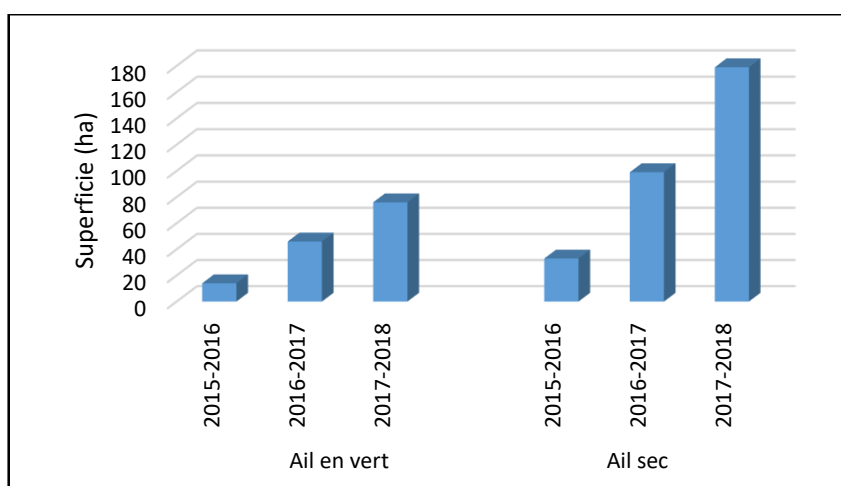


Figure 29. Evolution des superficies consacrées à l'ail dans la daïra d'Ouled Derradj de 2017 à 2018

Ces superficies sont concentrées dans quatre communes sur les cinq composantes de la Daïra. Les communes qui ont les superficies en ail vert les plus élevées sont notées à Ouled Derradj avec 30 ha et Souamaa avec 30 ha ceci pour la campagne 2017-2018. Alors que pour l'ail sec, les superficies de plantation ont été de 70 ha pour la commune d'Ouled Derradj et la commune de Souamaa (Tableau 08).

Tableau 08 : Plantation de l'ail vert et ail sec dans la région d'Ouled Derradj (2015-2017) (ha)

Commune	Ail en vert			Ail sec		
	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2015-2016	2016-2017	2017-2018
<i>Metarfa</i>	0	0	15	0	0	35
<i>O.Derradj</i>	10	30	30	25	70	70
<i>Souamaa</i>	2	15	30	3	25	70
<i>O.E.G</i>	2	1	1	3	4	4
<i>Maadid</i>	0	0	0	2	0	0
Total	14	46	76	33	99	179

Pour la campagne 2019-2020, la daïra d'Ouled Derradj a consacré des superficies de 49 ha à la culture d'ail en vert et 50 ha pour l'ail sec. Il est clair que la tendance tend vers l'ail sec en raison de sa rentabilité économique étant donné son prix de vente qui est de 300 à 400 DA/kg contrairement à l'ail vert dont le prix est de 80 à 120 DA/kg.

3.2.1.4. Production d'ail dans la région d'Ouled Derradj

Selon l'enquête réalisée dans la subdivision agricole de la région d'Ouled Derradj, nous avons remarqué que la production totale d'ail était en progression (Tableau 09), elle a représenté 27,13 % de la production totale de la wilaya. Elle est passée de 3000 q en 2015-2016 à 16060 q en 2017-2018 (figure 30-a). Pour la campagne 2019-2020, cette production a atteint 8 400 q.

La récolte d'ail dans la daïra d'Ouled Derradj débute le 10 Avril et se termine le 30 Avril pour l'ail vert, tandis que la récolte de l'ail sec commence à partir 18 Mai et s'étale jusqu'au 30 Juin (Annexe 01).

Les zones les plus productives dans la Daïra de Ouled Derradj sont les communes d'Ouled Derradj et Souamaa avec une production qui a atteint 6300 q en 2018 (Tableau 09).

Tableau 09 : Production de l'ail vert et ail sec dans la région d'Ouled Derradj de 2015 à 2018 (q).

commune	Ail en vert			Ail sec		
	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2015-2016	2016-2017	2017-2018
<i>Metarfa</i>	0	0	1050	0	0	2100
<i>O.Derradj</i>	800	1200	2100	1500	4200	4200
<i>Souamaa</i>	160	1050	2100	180	1500	4200
<i>O.E.G</i>	160	70	70	180	240	240
<i>Maadid</i>	0	0	0	120	0	0
Total	1120	2320	5320	1980	5940	10740

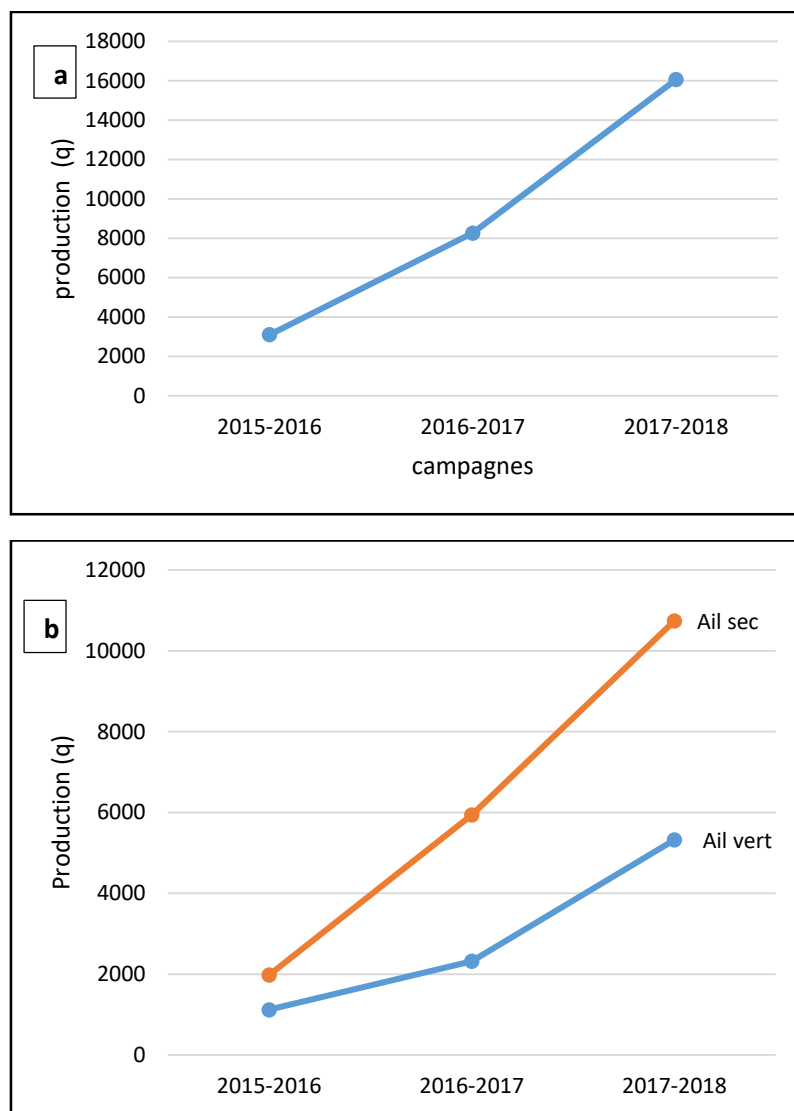


Figure 30. Production d'ail dans la région d'Ouled Derradj. (a : production totale, b : production d'ail vert et sec)

3.2.1.5. Rendements d'ail dans la région d'Ouled Derradj

La région d'Ouled Derradj a réalisé un rendement moyen allant de 70 à 80 q/ha pour l'ail vert au cours de 2015 à 2018, et un rendement moyen de 60 q/ha pour l'ail sec de 2015 à 2018 (Tableau 10). Au cours de la campagne 2019-2020, les rendements ont été meilleurs et ont atteint 100 q/ha pour l'ail en vert, et 70 q/ha pour l'ail sec.

Tableau 10 : Rendement de l'ail vert et ail sec dans la région d'Ouled Derradj (2015-2017) (q/ha)

commune	Ail en vert			Ail sec		
	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2015-2016	2016-2017	2017-2018
<i>Metarfa</i>	0	0	70	0	0	60
<i>O.Derradj</i>	80	70	70	60	60	60
<i>Souamaa</i>	80	70	70	60	60	60
<i>O.E.G</i>	80	70	70	60	60	60
<i>Maadid</i>	0	0	0	60	0	0

3.2.2. Conduite de la culture d'ail dans la région d'Ouled Derradj

L'enquête réalisée chez les producteurs d'ail a permis de mettre en évidence les opérations de productions.

3.2.2.1. Les conditions édaphiques et amendements

Les agriculteurs d'Ouled Derradj disposent d'analyses du sol anciennes et confirment que la majorité des sols sont sol argilo-limoneux, a capacité de rétention élevée, et demande un travail du sol convenable pour faciliter le bon développement du système racinaire de la plante. Les agriculteurs qui ont un sol argilo-limoneux sont de 62.06 %, qui ont un sol limoneux sont de 13.79 %, qui ont un sol argileux sont de 6.89 %, alors qui ont un sol argilo-limono-sableux sont de 17.24 % (Figure 31).

Des amendements sont appliqués par la plus part des agriculteurs avant l'installation de culture soit par un apport d'origine organique d'origine ou animale ou industriel.

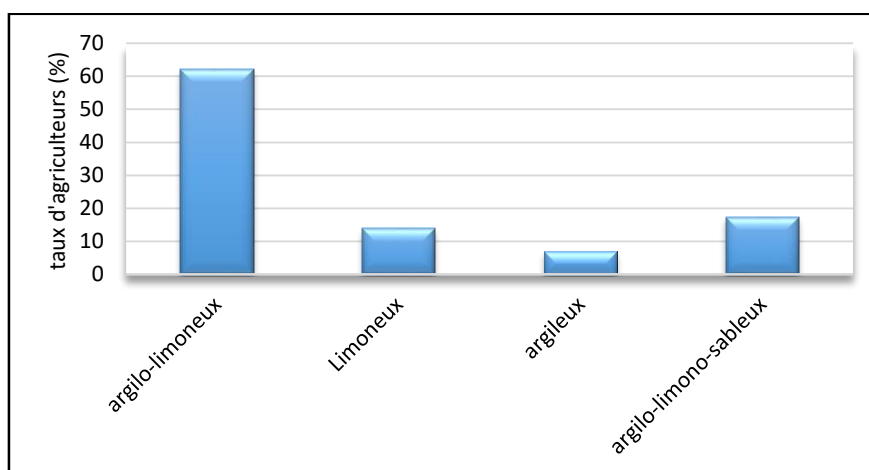


Figure 31. Les différents types du sol de la région d'Ouled Derradj

Les majorité des agriculteurs de la région apportent des engrais de fond et sont 72.41 % de la totalité contre 27.58 % qui n'apportent pas d'engrais de fond. Parmi ceux qui apportent les engrais de fond 42.8 5% ont une préférence pour l'engrais organique issu de leur cheptel ovine et/ou bovine, et 57.14 % achètent l'engrais industriel (Figure 32 et 33).

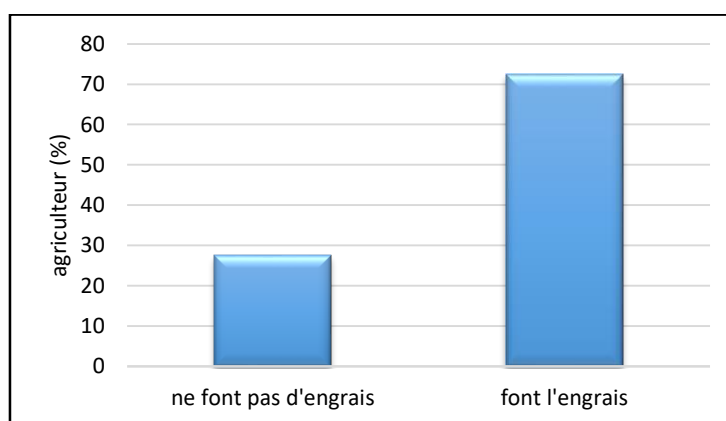


Figure 32. Taux d'apport d'engrais de fond par les agriculteurs de la région

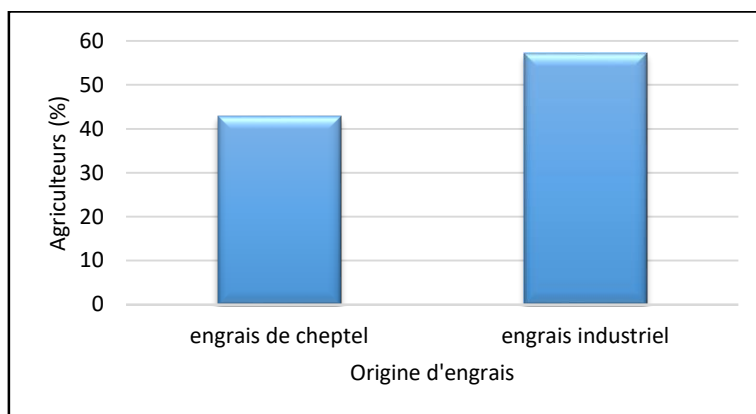


Figure 33. Type d'engrais de fond apporté par les agriculteurs

3.2.2.2. Rotation et association de cultures

La pratique de la monoculture d'ail est dominante dans la région soit 79.31% d'agriculteurs font l'ail sur l'ail, seulement 20.68 % des agriculteurs pratiquent des rotations (Figure 34) qui sont réparties comme suit : 33.33 % Fève/Ail/Orge, 16.66% Ail/Jachère/Fève, 16.66 % Ail/Orge/Oignon, 16.66 % Orge/Ail/Mais et 16.66% Ail/Jachère (Figure 35).

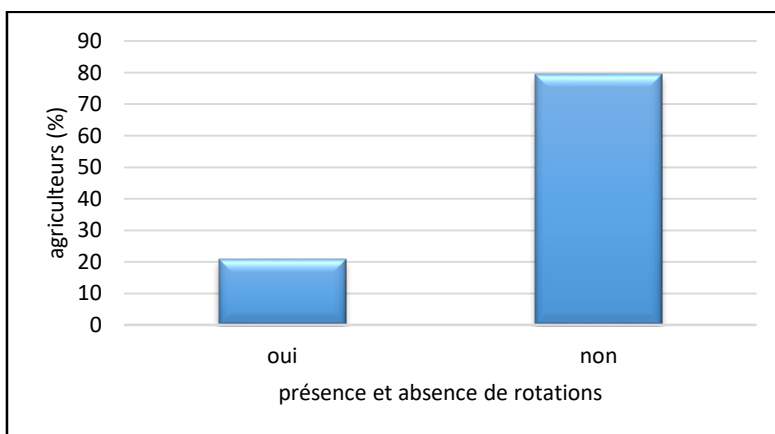


Figure 34. Taux de pratique de rotations par les agriculteurs

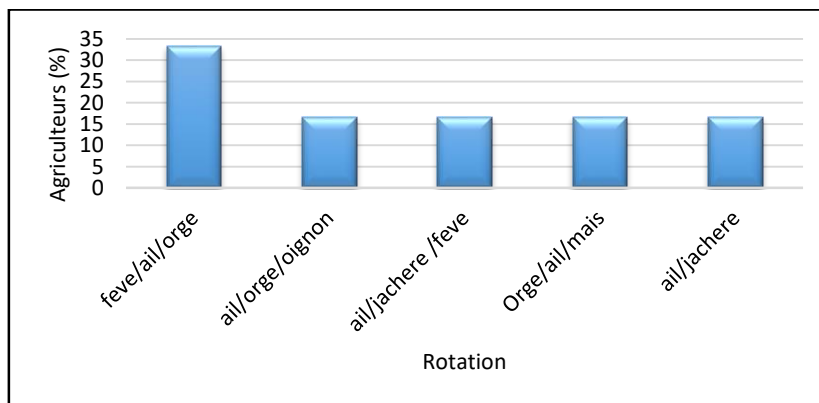


Figure 35. Le mode rotation pratiqué par les agriculteurs

La pratique de cultures intercalaire eu associations de culture est peu fréquente chez les agriculteurs, 72.44 % d'exploitations visitées ne font pas la pratique pas néanmoins 27.58% qui associent à l'ail le petit pois (10.34 %), l'oignon (3.44 %), la coriandre (3.44 %) ou même le persil (3.44 %) (Figure 36).

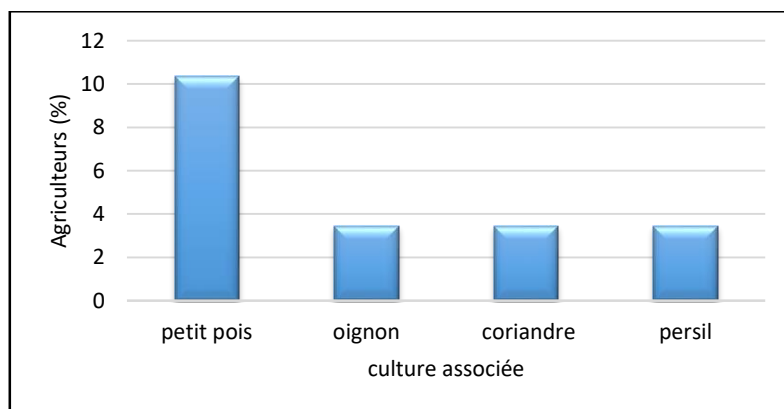


Figure 36. Le type de cultures associées à l'ail par les agriculteurs de la région

3.2.2.3. Travail du sol

La culture d'ail nécessite un labour léger, qui consiste à faire retourner la terre et la morceler pour favoriser le développement de système racinaire. Cette opération est effectuée, généralement, au mois du Aout à Septembre, afin d'ameublir le sol et préparer le lit de semence prêt pour la plantation d'automne (Septembre à Octobre).

Un labour profond de 30 cm de profondeur est réalisé à l'aide d'une charrue à 2 disques (Figure 37). Il est suivi par un passage de cover crop pour ameublir le lit de semence.



Figure 37. Photo réelle d'une charrue à 2 disques chez un producteur d'ail

La planche de culture

Les plants de planche de cultures sont plantés selon un espacement de 15 cm entre plants et de 15 cm entre rangs, pour une densité autour de 490 plants par planche de culture de dimensions (2 x 5) m. C'est un espacement raisonné pour avoir une production optimale (Figure 38).



Figure 38. Photo réelle des planches de cultures (*feddanas*)

La planche de culture est installée à l'aide d'une binette, elle réalisée manuellement et demande beaucoup de main d'œuvre pour son installation. Les dimensions sont différentes selon l'agriculteur. Nous avons noté des dimensions communes chez 75.86 % des agriculteurs soit 2 x 5 m, et d'autres agriculteurs soit 13.79 % optent des planches de culture plus grandes avec 3 x 5 m. Les dimensions les plus élevées(5 x 10m) sont notées chez 10.34 % d'agriculteurs (Figure 39).

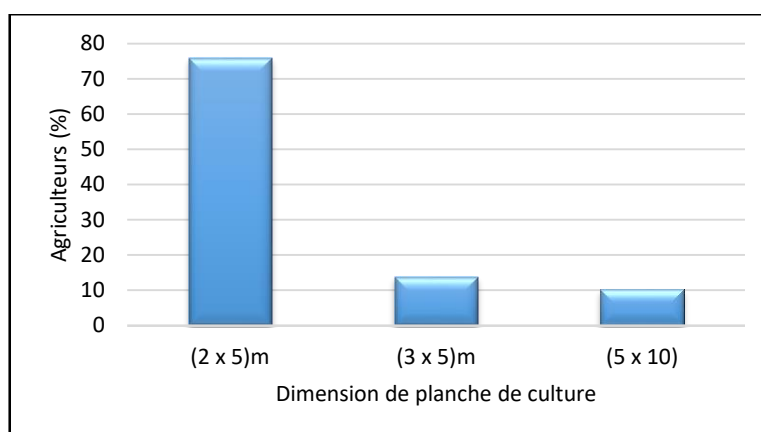


Figure 39. Dimension des planches de culture réalisées par les agriculteurs

La culture en planche à plat est une technique qui favorise le drainage et le réchauffement du sol (Ctifel, 2012). Donc, elle est la plus appropriée.

3.2.2.4. Période de plantation

Les agriculteurs préfèrent planter l'ail vers le début du mois de septembre (44.82 %), peu d'entre eux accusent un retard et la réalisent vers la fin de l'automne (mi-Novembre avec 3.44% et début Décembre avec un pourcentage de 3.44 %) (Figure 40).

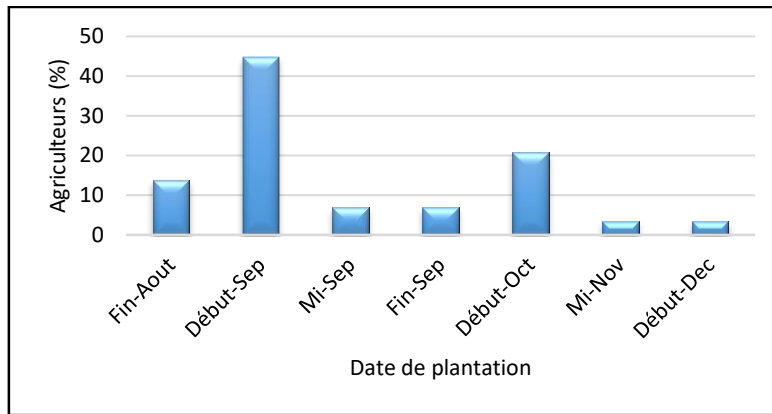


Figure 40. Les différentes dates de plantation d’ail la région d’Ouled Derradj

La variation du choix de la date de plantation est dictée par un but commercial, l’agriculteur préfère coïncider le moment de récolte par la période de grande demande par le consommateur et bénéficier d’un prix de vente élevé.

3.2.2.5. Les variétés d’ail plantées

Selon l’enquête réalisée, nous avons constaté qu’il existe plusieurs variétés d’ail cultivées par les agriculteurs *Faracha*, *Assil*, *Chams Ennahar*, *Rayhana* et *Joumana*. La majorité des agriculteurs cultivent la variété *Joumana*, car elle s’adapte bien aux conditions de la région et est plus productive. En effet, au cours des dernières années, 65.51% des agriculteurs affirment l’utiliser contre 34.38 % qui ont une préférence pour les autres variétés (Figure 41-a). Au cours de la campagne 2019-2020, la culture de *Joumana* s’est généralisée à tous les agriculteurs.

Les agriculteurs ont l’habitude de mélanger les variétés d’ail, dont 17.24% qui plantent *Joumana* et *Assil*, 13.79% qui cultivent *Joumana*, *Assil* et *Faracha* ; et 3.44% avec *Joumana*, *Assil*, *Faracha*, *Chams ennahar* et *Rayhana* (Figure 41-b).

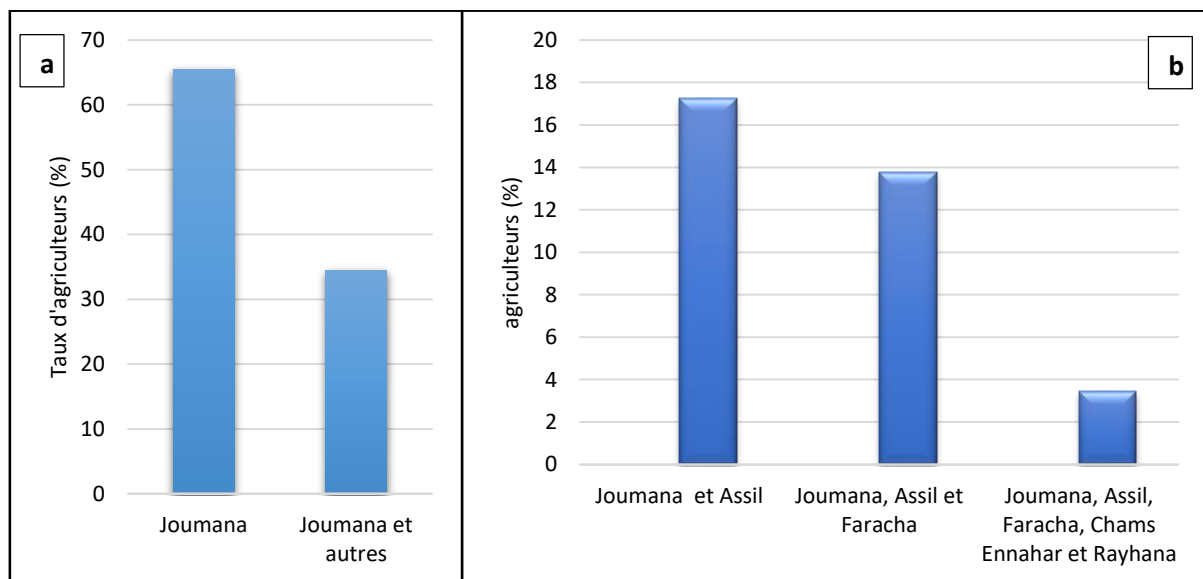


Figure 41-a. Les variétés d’ail cultivées dans la région d’étude

Figure 41-b. Les variétés d’ail cultivées avec *Joumana* dans la région d’étude

Les semences de la variété *Joumana* proviennent des agriculteurs eux-mêmes (le stock de l'année précédente pour chaque agriculteur. cette variété a été importée de Chine et est issue des récoltes précédentes soit des générations différentes : plus de 6 ans chez 3.44 % d'agriculteurs, de 6 ans chez 13.79 %, de 5 ans chez 27.58 %, de 4 ans chez 41.37 % et moins de 4 ans chez 13.79 % (Figure 42). On remarque que la génération d'il y'a 4 ans est la plus cultivée ce qui peut être expliqué par une importation importante de cette variété en 2015.

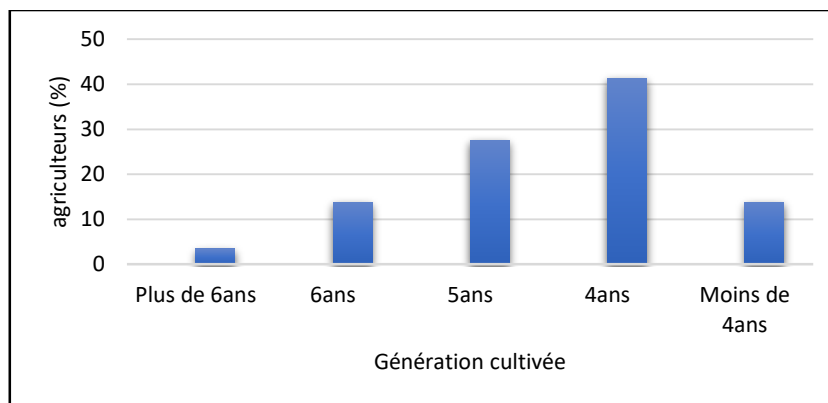


Figure 42. Les différents âges d'importation de semences d'ail dans la région d'étude

3.2.2.6. Techniques de plantation

Les caïeux sont égoussés avant d'être plantés, cette opération est obligatoirement faite juste avant la plantation des gousses, pour éviter le séchage de ces derniers.

La plantation est effectuée manuellement. Les agriculteurs utilisent la binette pour planter les caïeux enrobés de Zinc. La profondeur plantation est de 3 cm chez tous les agriculteurs, le caïeu est planté en une position verticale, la partie pointue est placée vers le haut et la partie basale qui était insérée sur le plateau racinaire est placée vers le bas.

3.2.2.7. Irrigation

Les producteurs d'ail de la région irriguent soit par le système traditionnel « *Saguia* » (31.03 %) (Figure 43), soit par aspersion (37.93 %) ou soit par les deux systèmes (31.03 %) (Figure 44).



Figure 43. Photos réelles de système de *Saguia*

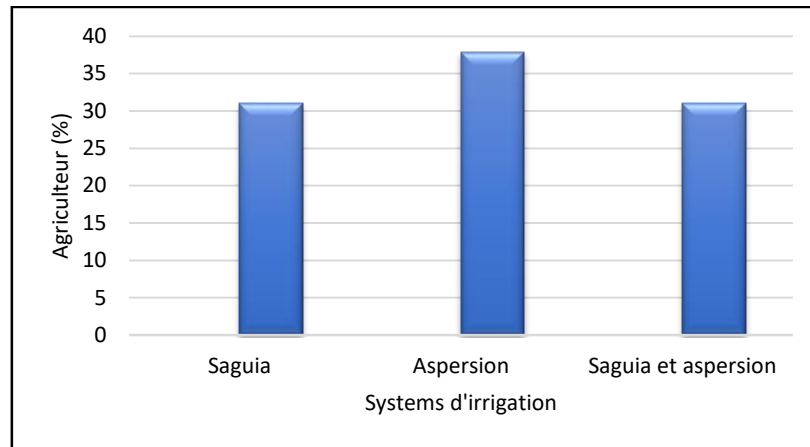


Figure 44. Les différents systèmes d'irrigation appliqués dans la région d'étude

- **Période d'irrigation** : les agriculteurs irriguent l'ail lors de la plantation pour favoriser le contact entre le caïeu et le sol, et l'alimentation minérale qui permet l'émergence de la partie aérienne et racinaire. Et ils irriguent, aussi, au stade 3 feuilles, au moment de formation de bulbe et d'eau et enfin ils irriguent 15 jours avant la récolte.
- **Quantité d'eau apportée** : Elle varie entre 1000 m³ et 3000 m³ par hectare durant le cycle de l'ail. La quantité d'eau apportée est différente selon l'agriculteur, nous avons ceux qui irriguent peu (1000-1500 m³), ils représentent 48.27 %, ceux qui irriguent avec une quantité de 1600-2000 m³ représentent 27.58 %, ceux qui apportent 2100-2500 m³ représentent 13.79 %, et enfin qui 10.34 % apportent une quantité d'eau entre 2600-3000 m³ (Figure 45).

Ces variations d'apport d'eau dépendent de la présence de source d'eau (forage), et sa disponibilité aux près de l'exploitation (présence des bassins d'irrigation).

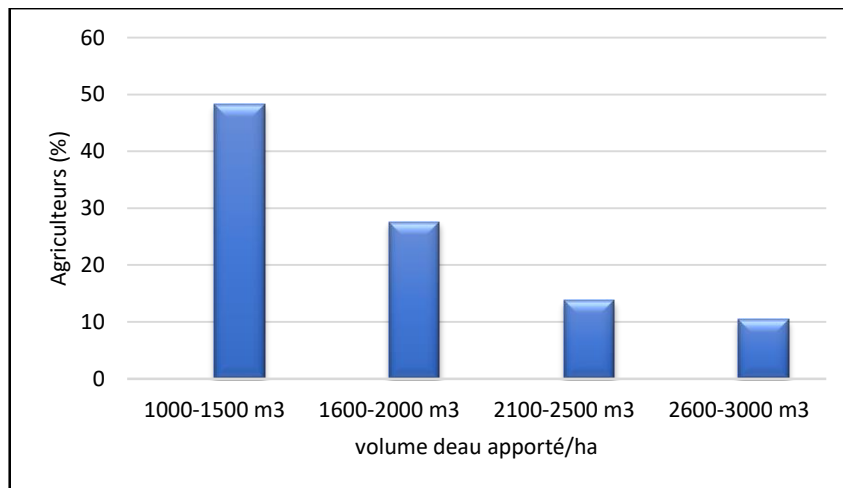


Figure 45. Volume d'eau apporté à la culture d'ail par les agriculteurs

L'irrigation est arrêtée 15 jours avant la récolte, pour favoriser le séchage des bulbes, et surtout pour éviter le développement des maladies fongiques sur les bulbes.

3.2.2.8. Fertilisation

La fertilisation de la culture d'ail se résume en un apport d'engrais de fond et des apports d'engrais de couverture.

L'engrais de fond apporté est le triple super phosphate (TSP) 46% de P_2O_5 , à raison de 200 kg/ha, il est apporté avant la plantation.

L'urée 46 % est utilisée en couverture et fractionnée en trois apports. Le premier tiers est apporté au moment de la plantation, le deuxième tiers au en plein développement végétative (3 semaines après l'émergence de la plantule), et le dernier le tiers est apporté 3 mois après le 2eme apport juste avant la formation du bulbe.

Les deux apports de couverture de N sous forme d'urée sont apportés avec l'apport de potassium sous forme de K_2O , ce dernier favorise le grossissement des bulbes d'ail en fin de cycle.

Un apport d'engrais foliaire est réalisé au cours du développement végétatif de la plante (Figure 46), 34.48 % des agriculteurs apportent de l'urée 46%, 51.72 % des agriculteurs apportent l'urée 46% associée à l'ammonitrate en pour favoriser le développement de la partie aérienne qui a un effet direct sur le remplissage de la partie souterraine (les bulbes). Les autres agriculteurs, 13.79%, mélangent l'urée et le K_2O (Figure 47).



Figure 46. Photo réelle de l'urée

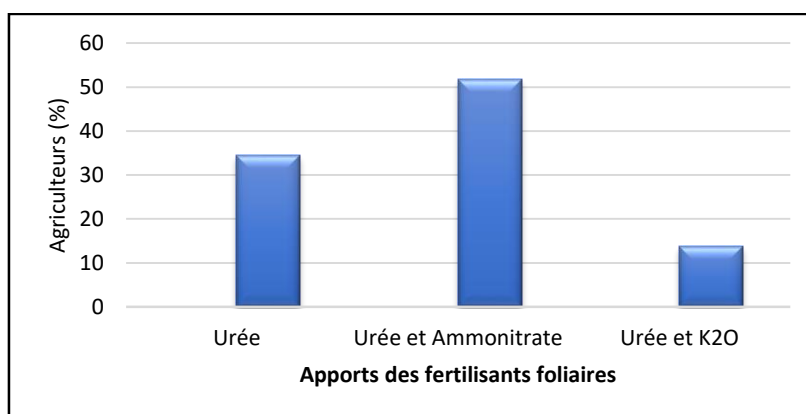


Figure 47. Les différents apports de fertilisation foliaires par les agriculteurs

3.2.2.9. Entretien de culture

Dès la levée de la plante plusieurs opérations d'entretiens sont programmées par les agriculteurs. Les agriculteurs ont entretenu leurs parcelles d'ail comme suit :

- **Paillage** : 100% d'exploitations ne pratiquent pas de paillage.

- **Désherbage** : Il est fait manuellement pour toutes les parcelles d'ail de la région d'étude.

Pour la majorité des agriculteurs, il a été effectué à partir du stade 3 feuilles de l'ail, pour éviter le développement de toute concurrence d'adventices avec la culture, surtout pour les mauvaises herbes dicotylédones qui ont un système racinaire développé.



Figure 48. Planches de culture de l'ail en pleine végétation après une opération de binage

Le désherbage a été effectué manuellement à l'aide d'une binette, et parfois avec un désherbant sélectif (Figure 48).

Les mauvaises herbes sont concentrées sur les allées et sur les bordures de la planche de culture, les agriculteurs procèdent à des identifications des adventices pour pouvoir choisir le traitement approprié (Figure 49).



Figure 49. Identification des mauvaises herbes par un agriculteur dans la région de Lekhben dans la commune de Souamaa (Photo réelle)

- **Type de mauvaises herbes :** Les adventices en concurrence avec l'ail sont de type mono et dicotylédone. On peut trouver plus d'une espèce dans la même planche de culture. Tels que le brome (*Bromus hordeaceus*) avec 65.51% ; les pissenlits (*Taraxacum sp.*) avec 58.62% ; l'orge des rats (*Hordeum murinum*) avec 48.27% ; la moutarde des champs (*Sinapis arvensis*) avec 37.93% ; l'laurier avec 24.13% ; l'avoine (*Avena sativa*) et les épinards (*Spinacia oleracea*) avec 13.79% pour chacune ; la bourrache (*Bourago officinalis*) et le chardon (*Cirsium vulgare*) avec 10.34% pour chacune ; et autre espèce qui est appelée localement *Bourekba* (*Echinochloa colonum*) avec 6.89% ; et enfin la mauve avec un pourcentage de 3.44% (Figure 50).

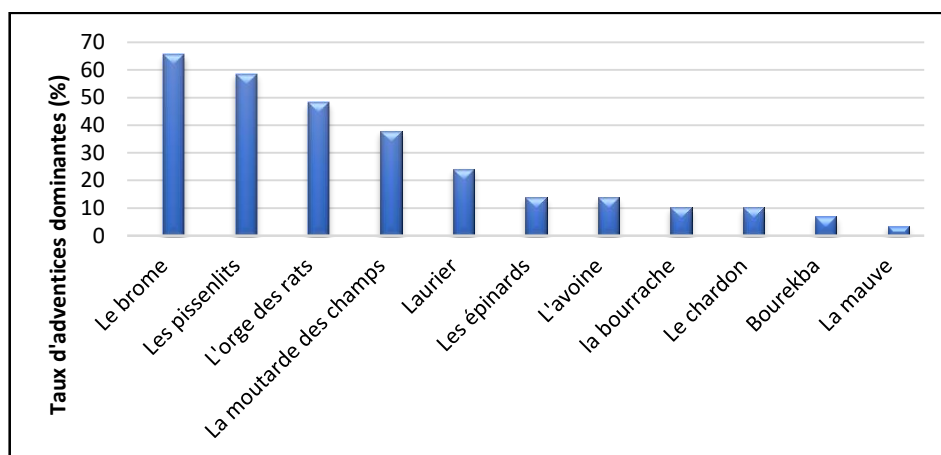


Figure 50. Les différentes espèces d'adventices en concurrence avec la culture d'ail durant le cycle végétatif

Les stades de la culture concurrencés par l'adventice sont surtout : le stade 3 feuilles (après l'apport d'eau) ; et à maturité. Ces mauvaises herbes nécessitent 2 à 3 désherbages pour éviter la diminution de rendement final.

Les désherbants les plus utilisés par les agriculteurs de la région d'étude sont : le Ghol, le Rol et le Marakana. L'apport de ces désherbants est alternatif, pour éviter la résistance des adventices.

- Lutte contre les insectes et maladies

Les attaques d'insectes de l'ail durant son cycle végétatif sont et dont se plaignent les agriculteurs de la région : le vers de terre chez 62.06 % d'agriculteurs, le papillon d'oignon (dégâts sur plante adulte) chez 3.44 %, alors que les agriculteurs qui ne sont pas touchés par les attaques d'insecte ne représentent que 6.89 % (Figure 51).

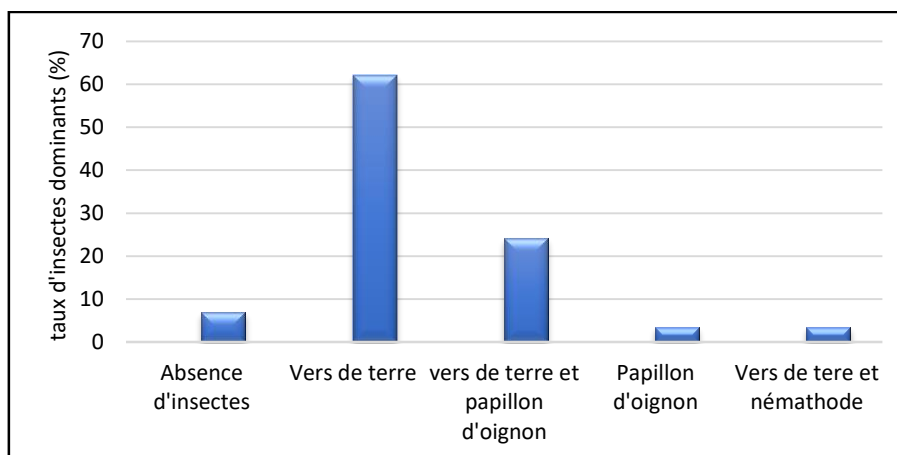


Figure 51. Les insectes dominant qui attaquent les cultures d’ail de la région

D’après la figure ci-dessus, on remarque que le vers de terre est l’insecte qui attaque l’ail avec le plus grand pourcentage.

Les maladies qui touchent la plante durant son cycle de développement sont la rouille, largement répondue, elle représente 31.03 %, le mildiou chez 3.44 % agriculteurs, et la pourriture des bulbes associée à la rouille chez 44.82 % agriculteurs (Figure 52).

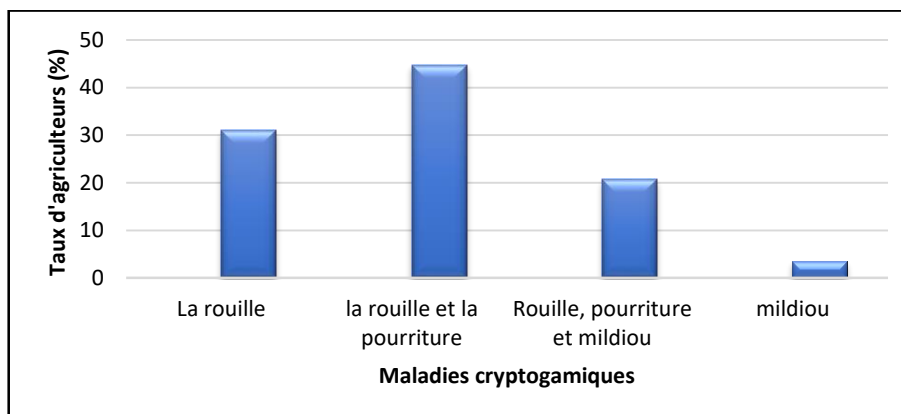


Figure 52. Les maladies cryptogamiques qui touchent la culture d’ail de la région

Les attaques de la rouille et du mildiou surviennent sur la plante adulte, alors que la pourriture attaque après la formation des bulbes.

Dès apparition de signes d’attaques, des traitements fongicides sont appliqués. S’il y’a apparition de taches oranges sur feuilles par la rouille, elles sont traitées rapidement par un fongicide sélectif. Aussi, et durant la formation des bulbes, si pourritures blanches sont observées sur le plateau racinaire de quelques bulbes, suite à un excès d’irrigation, il est traité par la suite par un fongicide.

3.2.2.10. Récolte

La récolte des têtes d’ail a été faite lorsque le tiers (1/3) des feuilles inférieures commence à faner et à pointer vers le bas, et il ne reste que 3 à 4 feuilles vertes sur la tige ; les bulbes doivent être gros et complètement formés avec des caïeux bien différenciés.

La récolte de l'ail vert se déroule entre fin Mars chez 30.76 % des agriculteurs et début Mai chez 38.46 % d'agriculteurs. Alors que pour l'ail sec, elle commence le Mi-Mai dans toutes les exploitations agricoles de la région qu'on a visitée et finie en mi-juin (Figure 53-a et b).

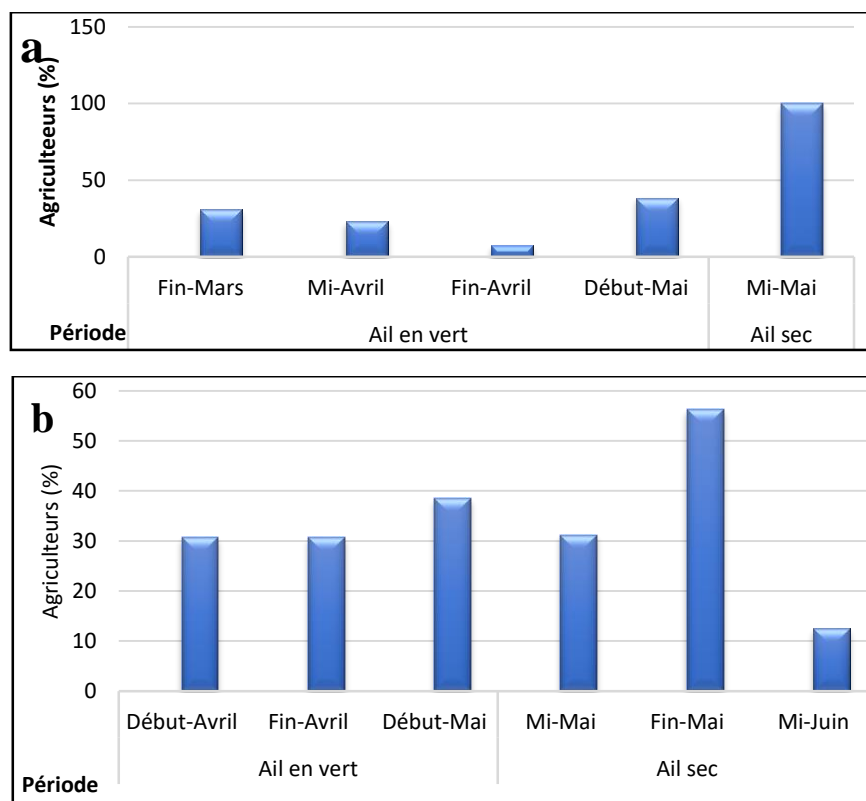


Figure 53. Période de récolte de l'ail vert et sec dans la région. (**a** : début de la récolte, **b** : fin de la récolte)

On remarque que la période de récolte dépend des conditions climatiques de la région (l'ensoleillement et la température) ce qui explique la tendance vers une récolte le début Mars qui s'étale au début Mai pour l'ail vert et vers mi-Mai jusqu'à la mi-Juin pour l'ail sec (Figure 53-b).

La durée de récolte de l'ail vert dans la région d'Ouled Derradj dure deux mois selon les conditions climatiques de la campagne. L'ail sec est récolté en un mois seulement, vers la mi-juin date de fin de récolte coïncide avec l'entrée de la saison estivale dans la région.

La récolte est réalisée chez l'ensemble d'agriculteurs par arrachage manuel à l'aide d'une bêche (Figure 54).



Figure 54. Photo réelle de la récolte dans la région de Braktia de la commune d'Ouled Derradj le 19 Mai 2020

3.2.3. Rendement

Le rendement total moyen de l'ail sec noté au niveau de la subdivision de Ouled Derradj pour la campagne 2019-2020 a été de 70 q/ha. Notre enquête auprès des producteurs d'ail sec a permis de dégager un rendement variant de 175 à 255 q/ha (Figure 55). Le rendement de 230 q/ha d'ail sec est obtenu par la majorité des agriculteurs, alors que pour l'ail en vert, il a varié entre 120 et 279 q/ha.

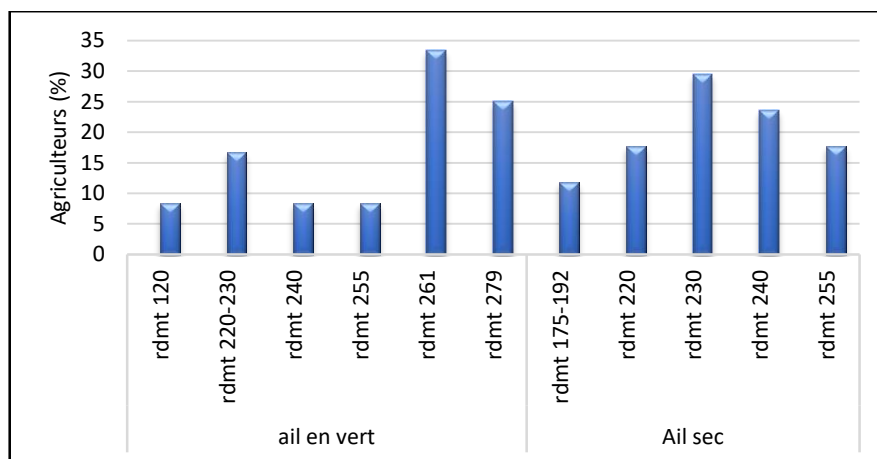


Figure 55. Variation de rendement d'ail en vert et ail sec chez les différents agriculteurs de la région d'étude (2019-2020)

Le rendement d'ail varie considérablement, et il dépend de la période et de conditions de plantation. Selon Mark Hickey (2012), le rendement varie de 60 à 80 q/ha. Alors que Tades (2015) parle d'un rendement minimal d'ail de 71.2 q/ha pour la variété Guahgot, et un rendement maximal de 111.8 q/ha pour la variété Bora-1. Le rendement enregistré par Meddine et Yessaad (2017) a été de 255,81q/ha pour la variété chinoise, rendement proche de ce que les agriculteurs d'Ouled Derradj ont obtenu ceci malgré les conditions de production souvent difficiles tels que :

-L'absence d'eau dans les exploitations qui a entraîné une perte de poids de bulbe (Omafra, 2002), et qui a réduit par la suite la période de remplissage (Si Bennis, 2005), donc l'irrigation est nécessaire lors de la formation des caïeux (Meddine et Yessaad, 2017).

-Le remplissage des bulbes est favorisé par l'apport du phosphore (P) « engrais starter » sous forme de P_2O_5 , et qui est appliqué au moment de la plantation (Si Bennasseur, 2005). Aussi l'apport du potassium (K), qui favorise le développement des bulbes (Oregon State University, 2004), il agit sur le poids de bulbe et sur le rendement (Meddine et Yessaad, 2017).

-La densité de plantation a aussi un effet sur le développement de bulbe, plus le nombre de caïeux planté par m^2 est élevé, plus le poids de bulbe obtenu sera faible (Si Bennasseur, 2005), et même, plus le caïeu planté est gros et sain, plus qu'on aura des gros bulbes récoltés (Si Bennasseur, 2005).

-Aussi, la présence des maladies et ravageurs dans les parcelles qui réduisent le rendement.

3.2.4. Analyse phytosanitaire des bulbes

La qualité du bulbe après la récolte est moyenne, car la plante est touchée par des insectes et des maladies sans oublier le manque d'eau en périodes critiques de la plante.

Tous les agriculteurs visités ne font pas d'analyse des résidus des produits phytosanitaires après récolte, ni vérification de la présence d'insectes dans les bulbes après la récolte et avant le stockage.

3.2.5. Séchage de l'ail

Après la récolte, un premier fanage est effectué en laissant les plants d'ail couchés sur le sol 7 à 14 jours, selon les conditions climatiques (température, pluies et vent). Les bottes d'ail sont entreposées de façon à cacher les têtes d'ail par les feuilles pour protéger la couleur et la tunique des bulbes et pour favoriser le séchage et avoir un stockage sans maladies (Figure 56).

Cette opération débute dans le champs (7 jours environ) et fini dans les hangars, ceci pour tous les agriculteurs producteurs d'ail (Figure 57).



Figure 56. Photo réelle de l'opération du séchage dans la région de Lekhben, commune de Souamaa (Le 19 Mai 2020)



Figure 57. Photo réelle de la suite de l'opération de séchage dans un hangar après 7 jours de séchage en plein champ dans la région de Laaouassa, commune de Souamaa

3.2.6. Conditionnement

Après le séchage, tous les agriculteurs procèdent à une coupe des racines des bulbes au-dessus des plateaux racinaires, et une coupe des tiges à 5 cm de la base. Ils sont ensuite placés dans des clayettes. Cette opération est commune à tous les agriculteurs producteurs d'ail sec.

Concernant l'ail vert, il n'est pas stocké, il est directement mis sur le marché pour une vente directe.

3.2.7. Stockage

Le stockage est entrepris après le séchage, les bulbes d'ail sont prêts d'être conservé dans des hangars aérés à une température ambiante de 20 à 25°C.

La durée de stockage peut être 1 mois, 3 mois et 8mois, mais généralement le stockage dure jusqu'au moment de la vente, selon la demande du marché (Figure 58).

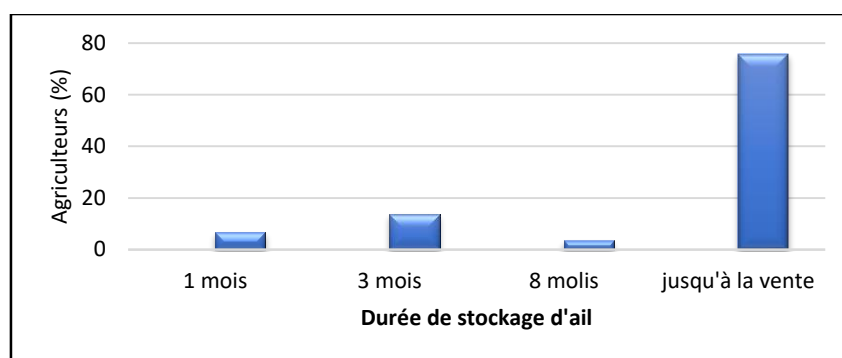


Figure 58. La durée de stockage d'ail dans la région d'étude (2020)

3.2.8. Transformation d'ail

La majorité des agriculteurs ne soumettent pas leur récolte à la transformation (93.11 % d'agriculteurs), le produit est vendu directement. Par ailleurs, il existe une minorité d'agriculteurs (6.89 %) qui transforment l'ail en huile d'ail, c'est transformation réduite l'utilisation personnelle et n'est pas commercialisée (Figure 59).

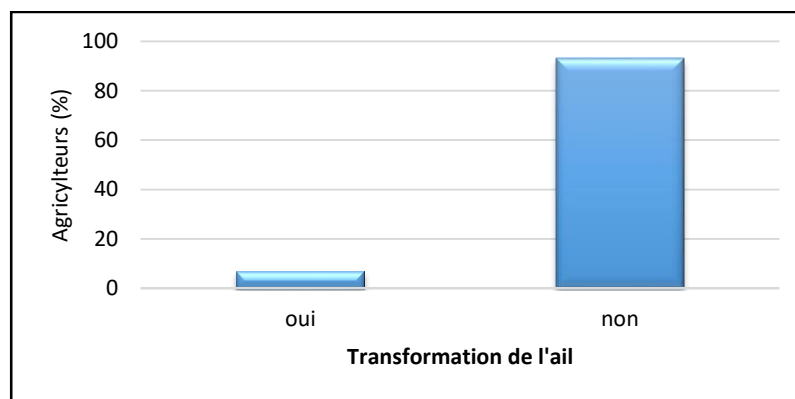


Figure 59. La transformation de l'ail par les agriculteurs de la région d'étude

3.2.9. Commercialisation

L'ail produit dans de la région d'Ouled Derradj est destiné à la consommation nationale et est commercialisé dans différentes wilayas tel que la wilaya de Mila par excellence avec 47.91 %, Boumerdes avec 14.58 %, Boufarik avec 10.41 %, Tizi-Ouzou avec 8.33 %, Oran avec 2.08 %, Médéa 6.25 % et Alger 2.08 %, et le produit destiné au marché local représente que 8.33% (Figure 60).

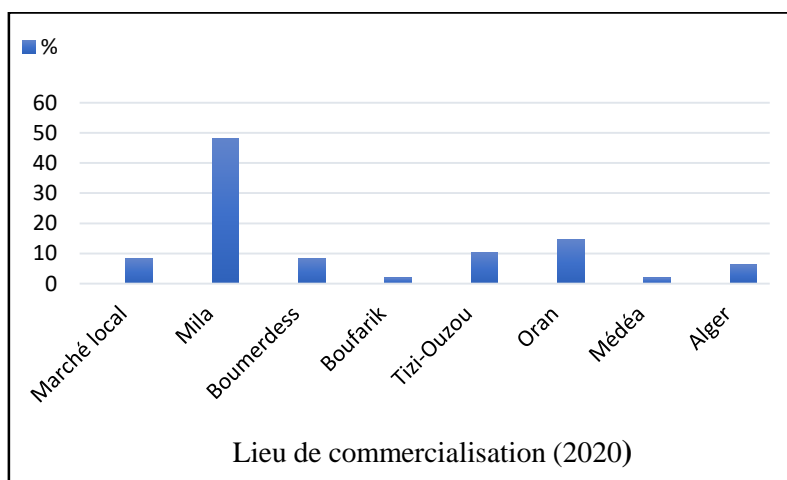


Figure 60. Lieux de commercialisation d'ail de la région d'étude (2020)

Le prix de vente de l'ail proposé par les agriculteurs varie de 60 à 120 DA/kg pour l'ail vert, et de 400 DA/kg pour l'ail sec.

Nous avons constaté que les agriculteurs vendent leur produit presque à 50 % sec, pour assurer une rentabilité commerciale (Figure 61).

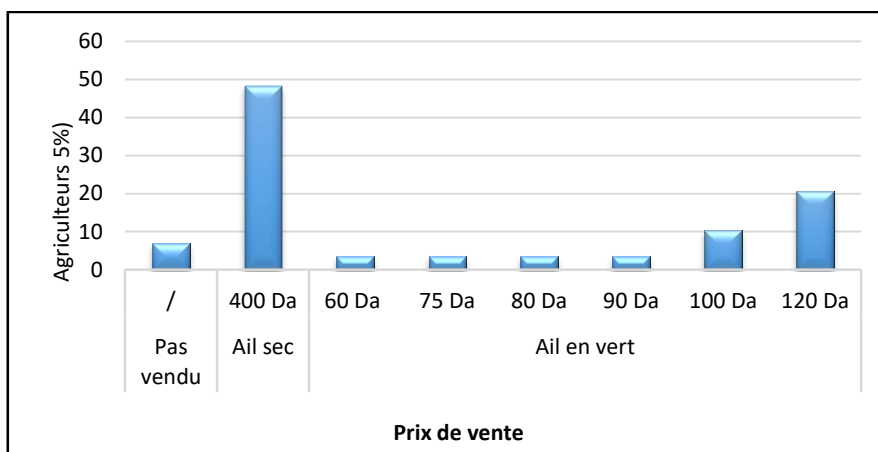


Figure 61. Variation du prix de vente de l'ail (vert et sec) dans la région d'étude (2020)

Chapitre 03 :
Réponse de l'ail aux types
d'itinéraires techniques
adoptés par les
agriculteurs de la région
d'Ouled Derradj

3.3. Réponse de l'ail aux types d'itinéraires techniques adoptés par les agriculteurs de la région d'Ouled Derradj

3.3.1. Les caractères morphologiques de la plante

3.3.1.1. Partie aérienne

Les composantes de la partie aérienne de l'ail cultivé selon 10 itinéraires techniques différents reflétés par dix agriculteurs de la région semblent présenter des différences entre elles (Tableau 11).

Tableau 11 : Les moyennes de caractères morphologiques de la partie aérienne

Agriculteur	Longueur de grande feuille (cm)	Largeur de grande feuille (cm)	Nombre de feuilles par plant	Hauteur de la plante (cm)	Diamètre du collet (cm)
Itin1	55,26 ^{CD} ±12,28	2,40 ^{DE} ±0,13	6,13 ^{BC} ±0,30	48,13 ^{CD} ±14,47	0,48 ^{BCD} ±0,05
Itin2	74,06 ^{AB} ±2,80	1,93 ^F ±0,23	6,46 ^{BC} ±0,57	65,73 ^D ±32,62	0,60 ^{ABC} ±0,07
Itin3	80,6 ^A ±4,13	2,57 ^{CD} ±0,15	6,37 ^{BC} ±0,98	75,13 ^{ABC} ±5,14	0,36 ^D ±0,06
Itin4	64,2 ^{BC} ±7,99	2,01 ^F ±0,04	7 ^{BC} ±1,11	60,06 ^{BCD} ±4,95	0,67 ^{ABC} ±0,04
Itin5	65,13 ^{BC} ±3,10	1,91 ^F ±0,19	5,86 ^C ±0,64	54,46 ^{CD} ±4,80	0,50 ^{BCD} ±0,04
Itin6	47,33 ^{DE} ±2,53	2,23 ^{EF} ±0,05	7 ^{BC} ±0,2	37,8 ^D ±2,03	0,44 ^{CD} ±0,08
Itin7	72,93 ^{AB} ±0,90	1,88 ^F ±0,25	6,6 ^{BC} ±1,11	64,4 ^{ABCD} ±1,56	0,77 ^A ±0,19
Itin8	44,93 ^{DE} ±2,21	3,44 ^A ±0,07	8 ^B ±0,52	77 ^{ABC} ±1,4	0,50 ^{BCD} ±0,04
Itin9	50,33 ^{DE} ±7,07	2,83 ^C ±0,21	6,66 ^{BC} ±0,11	92,13 ^A ±3,31	0,60 ^{ABC} ±0,07
Itin10	41,33 ^E ±1,60	3,16 ^B ±0,05	9,53 ^A ±0,80	85,26 ^{AB} ±3,00	0,72 ^{AB} ±0,13
Moyenne générale	59,613	2,43	6,96	63,907	0,569
Proba Itin	0***	0***	0,00058**	0,00022**	0,001**
Ecart type	5,845	0,157	0,752	11,663	0,096
CV (%)	9,81	6,45	10,8	18,25	16,91

Itin 1 à 10 : Itinéraires techniques, CV : coefficient de variation, *, **, *** : respectivement significatif, hautement significatif et très hautement significatif.

3.3.1.1.1. La longueur de la grande feuille

L'analyse de variance a montré la présence de différences très hautement significatives quant au développement des feuilles. La feuille la plus longue a été notée chez l'agriculteur 03 (Itin 03) avec une longueur de 80,6 cm, alors que la feuille la plus courte a été enregistrée chez l'agriculteur 10 (Itin 10) avec une longueur de 41,33 cm (Figure 62).

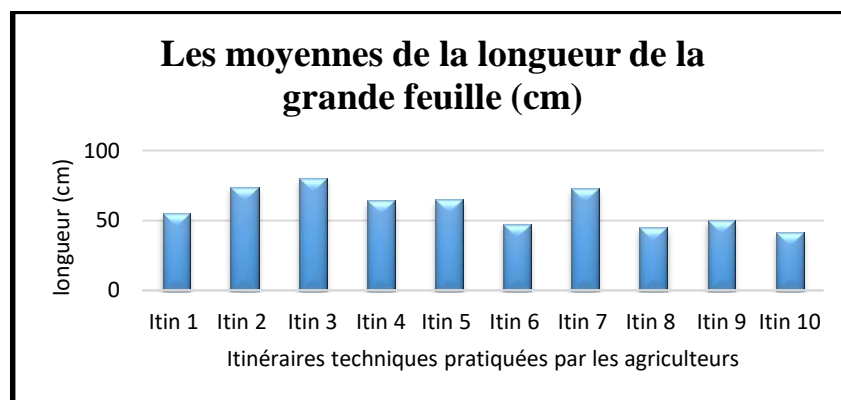


Figure 62. Longueur moyenne de la grande feuille des plants d'ail

Nous avons noté 5 groupes homogènes selon la comparaison de moyenne de Newmann et Keuls (Tableau 11).

Cette gamme de variation dépend de différentes doses de fertilisation et même, elle dépend de l'irrigation qui favorise le développement des bulbes, comme elle peut dépendre aux itinéraires techniques pratiqués par les agriculteurs (désherbage, binage, traitement phytosanitaire).

Les variations de la feuille la plus grande observées chez nos agriculteurs dépassent largement ceux notés par De La Cruz Medina et García (2007), qui ont cité variation de la longueur de feuille de 30 à 60 cm.

3.3.1.1.2. La largeur de la grande feuille

La largeur de la grande feuille a été différente, nous avons noté des différences très hautement significatives entre les agriculteurs (Tableau 11). La comparaison de moyennes a fait ressortir 6 groupes homogènes.

La largeur la plus élevée a été de 3,44 cm obtenue chez l'agriculteur 08 (Itin 08), alors que sous la conduite de l'exploitation 07 nous avons enregistré la largeur la plus faible soit 1,88 cm (Figure 63).

La largeur de la grande feuille varie de 2 à 3 cm (De La Cruz Medina et García, 2007 et Tadesse, 2015). Cette gamme de variation dépend de conditions de fertilisation, de l'irrigation (Allen, 2009) et même l'ensoleillement (Maurice, 2015), qui favorisent le développement de la partie aérienne, entre autre les feuilles. L'itinéraire technique reste globalement le facteur essentiel au bon développement de la plante (désherbage, binage, traitement phytosanitaire). Toutefois, les conditions du milieu jouent un rôle important dans cette variation (Si Bennisseur, 2005).

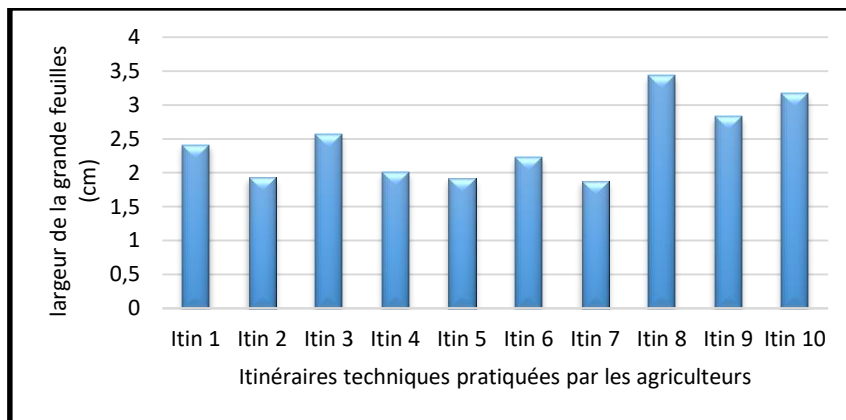


Figure 63. Les moyennes de la largeur de la grande feuille

3.3.1.1.3. Nombre de feuilles par plant

Des différences très hautement significatives sont observées entre les agriculteurs concernant le nombre de feuilles produits par les plants d'ail (Tableau 11). Trois groupes homogènes sont observés et un groupe chevauchant.

Les plants d'ails ont produits en moyenne 6 feuilles (6,96 feuilles). Le nombre moyen le plus élevé soit 9,53 feuilles qui a été enregistré chez l'agriculteur 10 (Itin 10), le nombre de feuilles le plus bas a été enregistré dans l'exploitation 05 (Itin 05) avec 5,86 feuilles (Figure 64).

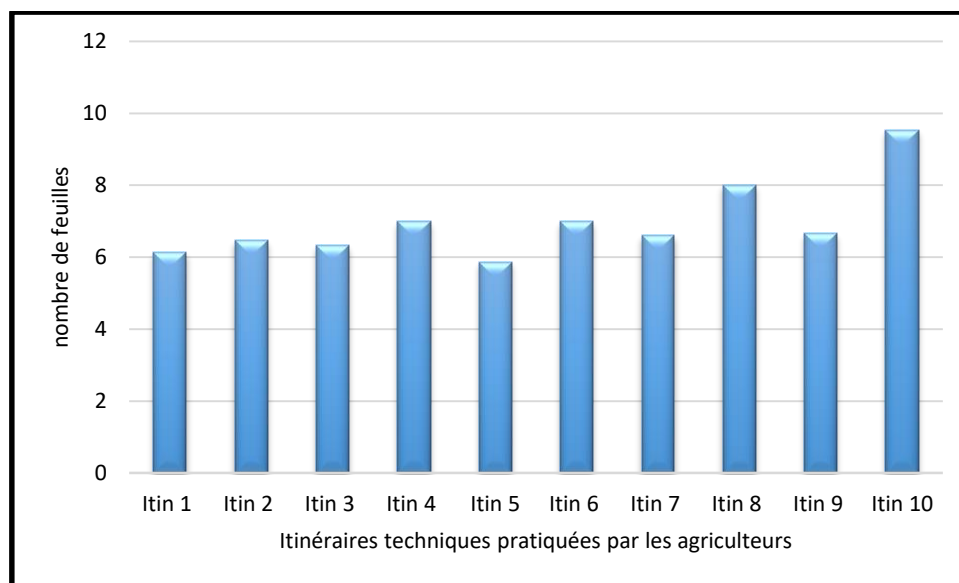


Figure 64. Nombre de feuilles par plant d'ail obtenu par les agriculteurs

Beaudoin (2016) a cité un nombre de feuilles par plant de 8 pour les variétés Sabagold, Messidor, Therador, Thopadrome, Flavor et Vayo. Alors que Meddine et Yessaad (2017) ont enregistré un nombre moyen de feuilles par plant de 6,95 feuilles pour la variété chinoise, 7,15 feuilles pour la variété rouge d'Espagne et 7,34 feuilles par plant pour la variété rouge d'Iran.

La production de feuilles reflète le déroulement du cycle végétatif de la plante (Feller et *al.* 1995). Ce dernier dépend de conditions nutritives de la plante, de l'irrigation, qui favorisent le développement de la partie aérienne, et est une réponse directe de l'itinéraire technique pratiqué par les agriculteurs. Cette variation peut être attribuée, aussi, à la variation régionale et les différentes conditions du milieu (Si Bennasseur, 2005).

3.3.1.1.4. La hauteur de la plante

La hauteur de la plante a été différente chez les différents agriculteurs, l'analyse de la variance nous a permis d'observer une différence très hautement significative (Tableau 11). Le test de Newmann et Keuls a fait ressortir 3 groupes homogènes et six groupes intermédiaires.

La hauteur de la plante la plus élevée a été notée chez l'agriculteur 09 (Itin 09) avec une hauteur moyenne de 92,13 cm, alors que la hauteur la plus faible a été enregistrée dans l'exploitation 06 (Itin 06) avec une hauteur moyenne de 37,8 cm (Figure 65).

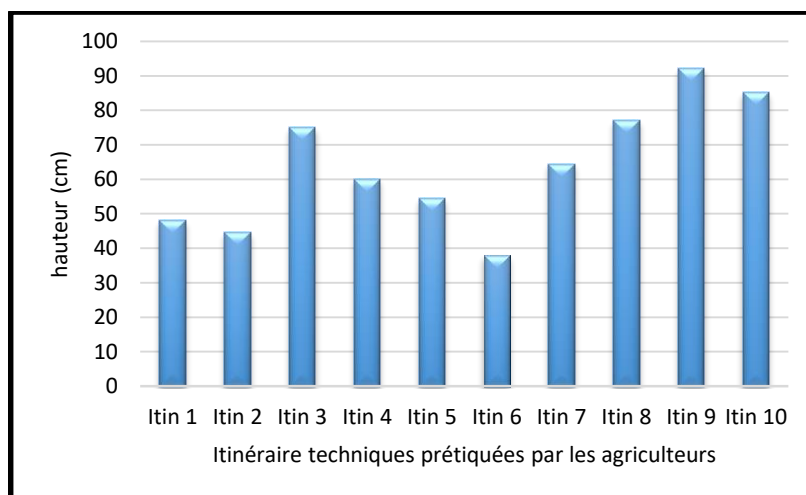


Figure 65. Hauteur des plants d'ail (cm)

Les travaux de Beaudoin (2016), montrent des hauteurs avoisinant 70 cm. Alors que Tadesse (2015) a enregistré une hauteur moyenne de la plante qui varie entre 66.35 et 75.24 cm. Meddine et Yessaad (2017) ont enregistré une hauteur moyenne de la plante de 45,97 cm pour la variété Chinoise.

3.3.1.1.5. Le diamètre du collet

Le diamètre du collet a présenté, après analyse de variance, des différences très hautement significatives entre les Agriculteur (Tableau 11). La comparaison des moyennes a permis de distinguer 2 groupes homogènes et 4 groupes intermédiaires.

Le diamètre moyen du collet le plus élevé a été obtenu chez l'agriculteur 07 (Itin 07) avec 0,77 cm, alors que le diamètre le plus petit a été enregistré dans l'exploitation 03 (Itin 03) avec 0,36 cm (Figure 66).

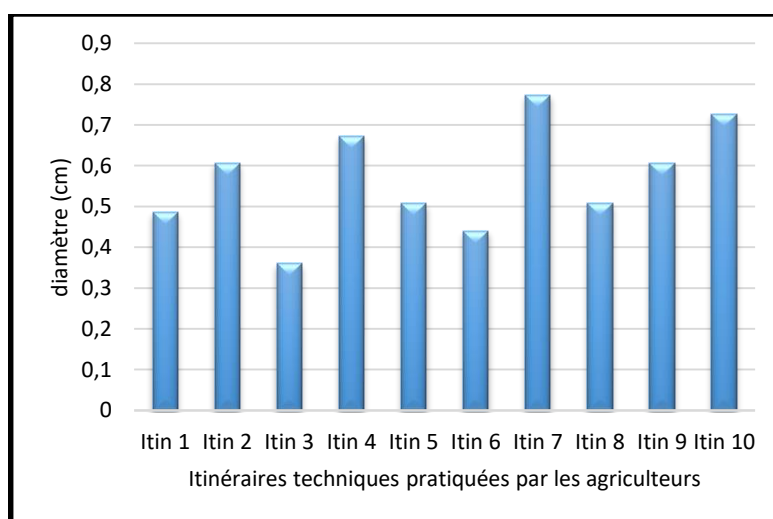


Figure 66. Les moyennes de diamètre de collet (cm)

Tadesse (2015) a enregistré des valeurs moyennes du collet qui se situent entre 1.14 et 1.53 cm. Contrairement à nos résultats dont le collet a présenté un diamètre plus petit. Les variétés à colle épais résistent mieux aux conditions sévères surtout le froid d'hiver et la gelée par rapport

aux variétés à colle mince. Les variétés à colle mince sont beaucoup plus utilisées en tresse (UNH Cooperative Extension Specialist Becky Sideman, 2011).

3.3.1.2. Les caractères morphologiques de la partie souterraine

La partie souterraine du plant d'ail est composée essentiellement du bulbe que nous avons entrepris de décrire. Le tableau 22 résume les résultats obtenus à travers les mesures réalisées chez les différents producteurs d'ail de la région d'Ouled Derradj.

Tableau 12 : Les moyennes et résultats statistiques des caractères morphologiques de la partie souterraine de l'ail.

Agriculteur	diamètre du bulbe (cm)	Hauteur du bulbe (cm)	diamètre du caïeu (cm)
Itin1	5,54 ^B ±0,15	3,12 ^B ± 0,06	1,33 ^{BC} ±0,11
Itin2	6,13 ^{AB} ±0,07	3,66 ^A ±0,05	1,43 ^{BC} ±0,15
Itin3	5,46 ^B ±0,39	3,13 ^B ±0,19	1,21 ^{BC} ±0,16
Itin4	5,69 ^{AB} ±0,28	3,83 ^A ±0,21	1,39 ^{BC} ±0,16
Itin5	5,8 ^{AB} ±0,35	3,49 ^{AB} ±0,13	1,18 ^C ±0,08
Itin6	5,86 ^{AB} ±0,36	3,37 ^{AB} ±0,22	1,65 ^{AB} ±0,18
Itin7	5,86 ^{AB} ±0,28	3,61 ^{AB} ±0,27	1,42 ^{BC} ±0,21
Itin8	6,3 ^A ±0,1	3,61 ^{AB} ±0,27	1,92 ^A ±0,18
Itin9	6,01 ^{AB} ±0,04	3,83 ^A ±0,21	1,47 ^{BC} ±0,16
Itin10	6,08 ^{AB} ±0,29	3,12 ^B ±0,06	1,43 ^{BC} ±0,15
Moyenne générale	5,875	3,48	1,445
Proba Itin	0,00148**	0,00004***	0,00058**
Ecartype	0,201	0,185	0,149
CV (%)	3,42	5,54	10,29

Itin 1 à 10 : Itinéraires techniques, CV : coefficient de variation, *, **, *** : respectivement significatif, hautement significatif et très hautement significatif.

3.3.1.2.1. Le diamètre du bulbe

L'analyse de la variance du diamètre de bulbe a montré l'existence de différences hautement significatives entre Agriculteur (Tableau 12). La comparaison de moyennes a permis de partager en trois groupes dont deux homogènes et un intermédiaire (Figure 67).

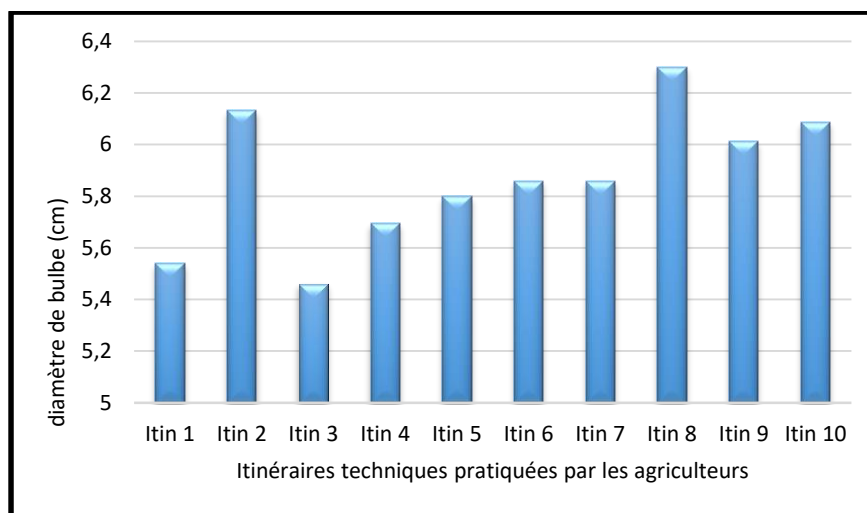


Figure 67. Diamètre de bulbe d’ail (cm)

Le diamètre le plus élevé, 6,3 cm, a été noté chez l’agriculteur 08 (Itin 08), alors que le calibre le plus petit, 5,46 cm, a été observé chez l’agriculteur 03 (Itin 03) (Figure 67).

Des diamètres entre 3,79 cm et 5,42 cm ont été obtenu par Tadesse (2015), des diamètres de 4.28 à 5,5 cm ont été observés par Beaudoin (2016).

La commission du codex alimentaire (2019) classe le calibre de bulbe en catégorie (le diamètre est en mm). Classe A (diamètre ≥ 75), classe B (diamètre entre 70-74), classe C (diamètre entre 65-69), classe D (diamètre entre 60-64), classe E (diamètre entre 55-59), classe F (diamètre entre 50-54), classe G (diamètre entre 45-49), classe H (diamètre entre 40-44), classe I (diamètre entre 35-39), classe J (diamètre entre 30-34), classe K (diamètre entre 25-29), classe L (diamètre entre 20-24) ; et enfin la classe M (diamètre ≤ 19) (Commission du codex alimentaire. Programme conjoint FAO/OMS sur les normes alimentaires, 2019). Nos bulbes, d’après nos résultats appartiennent à la catégorie D et E.

3.3.1.2.2. La hauteur du bulbe

La hauteur du bulbe est affectée par le type de conduite, l’analyse de variance a montré des différences très hautement significatives (Tableau 12). La comparaison des moyennes a permis de distinguer 2 groupes homogènes et un intermédiaire.

La hauteur du bulbe a dépassé 3 cm chez tous les agriculteurs. La hauteur la plus élevée a été de 3,83 cm, enregistrée chez les agriculteurs 04 et 09 (Itin 04, Itin 09), et la hauteur du bulbe la plus faible (3,12 cm) a été enregistrée chez l’agriculteur 01 et 10 (Itin 01, Itin 10) (Figure 68).

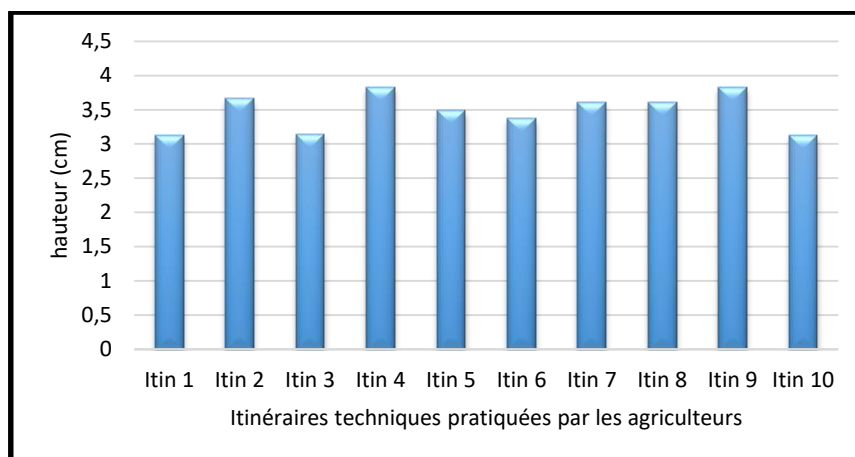


Figure 68. Hauteur des bulbes d'ail

La hauteur du bulbe peut atteindre 5.10 à 5.63 cm (Tadesse, 2015), nos bulbes sont loin de cette taille étant donné que la moyenne générale a été de 3,48 cm.

Le développement de la partie souterraine est conditionné par un bon itinéraire technique (Si Bennasseur, 2005) : les doses de fertilisation, la fréquence des irrigations qui favorisent le développement de la partie aérienne et racinaire, et aussi la nature du sol qui permet de mieux développer les bulbes (Omafra, 2002), entre autre la hauteur de bulbe (Omafra, 2002).

3.3.1.2.3. Le diamètre du caïeu

Une différence hautement significative entre caïeux d'ail a été observée chez les agriculteurs (Tableau 12). Trois groupes ont été ressortis par le biais de la comparaison de moyenne dont un groupe intermédiaire.

Le diamètre du caïeu le plus élevé a été noté chez l'agriculteur 08 (Itin 08) avec 1,92 cm, alors que les plus petits ont été enregistrés dans l'exploitation 05 (Itin 05) avec 1,18 cm (Figure 69).

Tadesse (2015) a obtenu des valeurs moyennes du calibre des caïeux entre 1.69 et 2.19 cm. Les caïeux de notre essai ne semblent pas dépasser un diamètre de 2 cm. Le développement des caïeux est conditionné par la nature du sol (Omafra, 2002), la présence d'eau (Omafra, 2002 ; Si Bennasseur, 2005 ; Meddine et Yessaad, 2017) qui est moins disponible dans nos essais, la densité de plantation (Si Bennasseur, 2005) et aussi l'apport d'engrais surtout le phosphore sous forme de P_2O_5 (Si Bennassuer, 2005) et le potassium sous forme K_2O (Oregon State University, 2004 ; Meddine et Yessad, 2017).

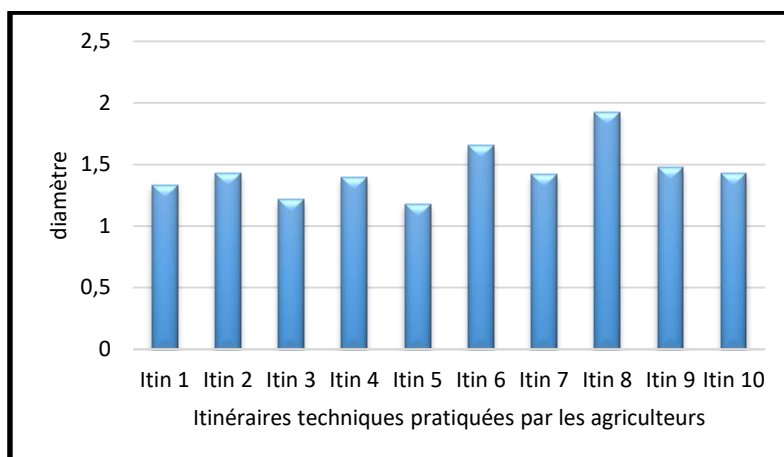


Figure 69. Diamètre des caïeux (cm)

3.3.2. Les composantes du rendement

Les composantes du rendement d'ail sont le poids du bulbe, le nombre de caïeux par bulbe et son poids. Les résultats que nous avons obtenus sont présentés dans le tableau 13.

Tableau 13 : Moyennes et résultats statistiques des composantes de rendement

Agriculteur	Poids du bulbe (g)	Poids du caïeu (g)	Nombre de caïeux par bulbe	Rendement (q/ha)
Itin1	45,13±1,67	4,26±0,30	12,56±0,23	221,15±8.99
Itin2	57±2,70	5,4±0,34	14,53±0,30	279,3±5.78
Itin3	47,06±9,24	4,46±0,75	13,2±1,56	230,62±35.51
Itin4	53,33±2,30	4,53±0,11	12,6±1,44	261,33±10.85
Itin5	49,46±5,39	4,73±0,64	13,93±1,17	242,38±14.24
Itin6	48,93±7,42	5,06±0,70	12,4±0,69	240,44±27.91
Itin7	53,93±9,81	4,93±0,75	12,93±0,70	264,27±41.22
Itin8	52,06±4,02	4,06±0,23	12,4±0,69	255,12±5.05
Itin9	39,26±7,51	3,71±0,61	12,53±0,23	206,45±27.86
Itin10	53,93±9,81	4,93±0,75	12,93±0,52	264,27±41.22
Moyenne générale	50,013	4,613	12,987	246.53
Proba de l'itin	0,086 NS	0,051 NS	0,135 NS	0.093 NS
Ecartype	6,228	0,557	0,922	27.237
CV (%)	12,45	12,07	7,1	11.05

Itin 1 à 10 : Itinéraires techniques, CV : coefficient de variation, *, **, *** : respectivement significatif, hautement significatif et très hautement significatif.

3.3.2.1. Le poids du bulbe

Le poids du bulbe n'a été différent dans les différents itinéraires techniques, l'analyse de variance n'a pas montré de différences significatives (Tableau 13).

Le poids moyen du bulbe a été de 50 g, avec un poids le plus élevé trouvé chez l'agriculteur 02 (Itin 02) avec 57 g, alors que le poids moyen le plus petit a été enregistré dans l'exploitation 09 (Itin 09) avec un poids de 39,26 g (**Figure 70**).

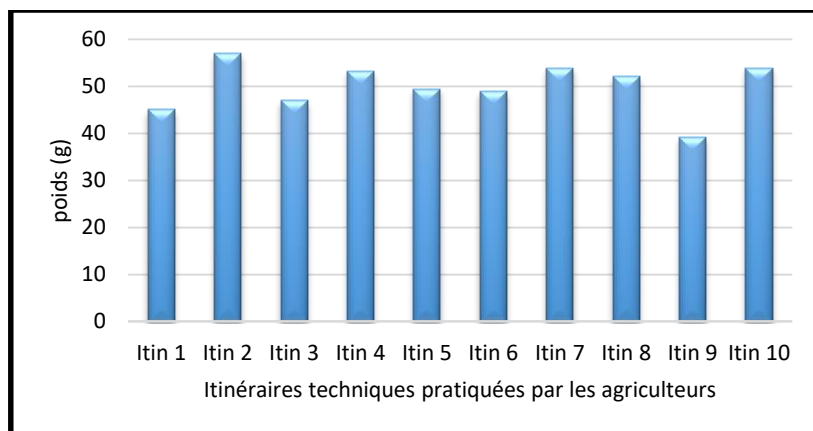


Figure 70. Le poids du bulbe (g)

Totić et Čanak (2014) ont obtenu des poids moyens de bulbe de 28 à 32 g. Alors que Tadesse (2015) a enregistré des valeurs moyennes du poids du bulbe qui se situent entre 25.52 et 38.98 g. Beaudoin (2016) a enregistré des valeurs plus élevées allant de 65.40 à 85 g.

3.3.2.2. Le poids du caïeu

Le poids des caïeux n'est pas affecté par le type de conduite adopté par les agriculteurs de la région, l'analyse de variance n'a pas montré de différences significatives (Tableau 13).

Le poids moyen des caïeux a été 4,8 g avec un poids maximal de 5,4 g réalisé par l'agriculteur 02 (Itin 02), alors que le poids le plus petit est obtenu par l'exploitation 09 (Itin 09) avec 3,73g (Figure 71).

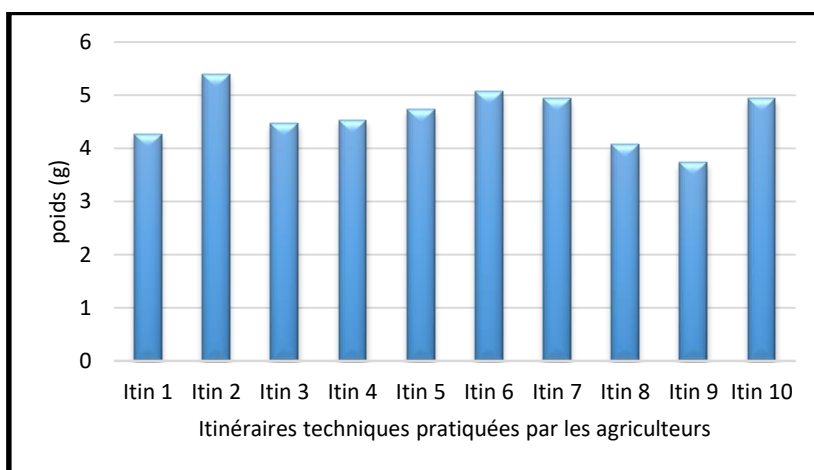


Figure 71. Les moyennes de poids de caïeu (g)

Le poids des caïeux est variable selon les conditions de milieu, Totić et Čanak (2014) ont noté des poids moyens de caïeux de 3.6 g dans la région Arilje et 3.7 g dans la région Barakovac pour la variété IQ 230 Tao il a été de 4.2 g dans la région Arilje et la région Barakovac pour la variété Bosut. 3.8 g dans la région Arilje et 4.0 g pour la variété Zoza-51 et 3.5 g dans la région Arilje et 3.6 g dans la région Barakovac pour la variété Visoka. Tadesse (2015) a enregistré des

poids de caïeux qui se situent entre 2.97 et 3.83 g. La moyenne de nos caïeux a été de 4.61 g ce rejoint les travaux cités.

3.3.2.3. Le nombre de caïeu par bulbe

Le nombre de caïeux par bulbe n'a pas présenté de différences significatives dans les itinéraires techniques (Tableau 13).

La majorité d'exploitations agricoles que nous avons visitées ont un nombre de caïeux par bulbe qui dépasse 12, avec un nombre le plus élevé de 14,53 caïeux obtenu par l'agriculteur 02 (Itin 02), et le nombre de caïeux par bulbe le plus faible (12,4 caïeux) a été enregistré dans l'exploitation 06 et 08 (Itin 06, Itin 08) (Figure 72).

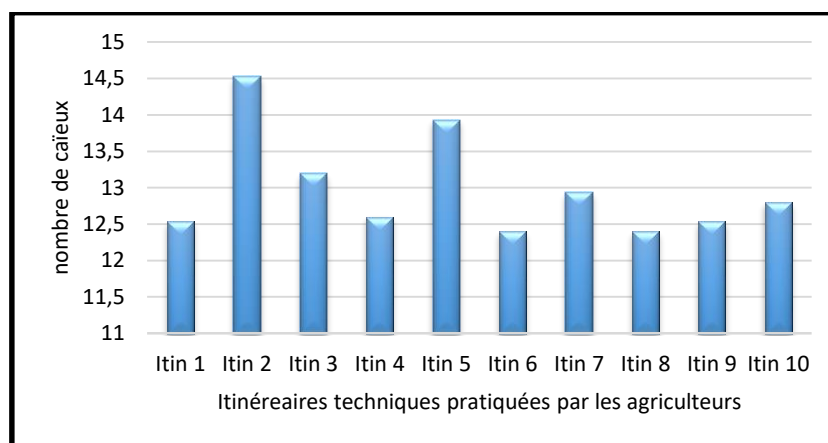


Figure 72. Le nombre moyen de caïeux par bulbe

Totić et Čanak (2014) ont obtenu un nombre moyens de caïeux de 8 à 9 caïeux dans trois régions différentes. Tadesse (2015) a obtenu un nombre de caïeux par bulbe qui se situent entre 16.21 et 23.50 caïeux. Ce nombre peut être plus petit, comme c'est le cas de Meddine et Yessaad (2017), qui ont marqué un nombre moyen de caïeux par bulbe de 7,37 caïeux pour la variété chinoise, 10,38 caïeux pour la variété rouge d'Espagne et 10,24 caïeux pour la variété rouge d'Iran.

3.3.2.4. Le rendement en bulbe

Le rendement en bulbe n'a pas présenté de différences significatives dans les itinéraires techniques (Tableau 13).

La majorité d'exploitations agricoles que nous avons visitées ont un rendement en bulbe au tour de 249 q/ha, avec un rendement le plus élevé de 279q/ha obtenu par l'agriculteur 02 (Itin 02), et le rendement le plus faible (120q/ha) a été enregistré dans l'exploitation 06 (Itin 06) (Figure 73).

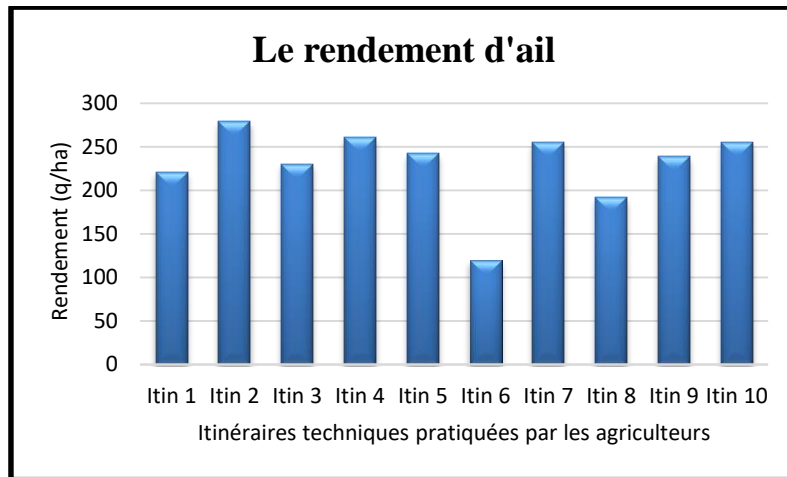


Figure 73. Les moyennes du rendement en bulbe

Agarwal et Tiwari (2015) ont obtenu un rendement moyen en bulbe de 65.8 à 213.1q/ha sur deux années successives. Tadila et Nigusie (2018) a obtenu un rendement en bulbe qui se situent entre 154 et 241q/ha. Ce rendement peut être plus grand, comme c'est le cas de Meddine et Yessaad (2017), qui ont marqué un rendement moyen en bulbe de 255.81q/ha pour la variété chinoise.

Le rendement en bulbe est en fonction de l'irrigation, surtout au moment de la formation des bulbes (Teixeira et al, 2020), de fertilisation, qui a un effet direct sur le rendement, surtout l'apport des engrais azotés (Tadesse, 2015 ; Tadila et Nigusie, 2018 ; Job Teixeira et al, 2020).

Le rendement en bulbe a une relation directe avec la surface foliaire durant le développement des bulbes (Baker et wilcox, 1961) qui est le résultat de la photosynthèse (Brewster et al., 1986).

3.3.3. Corrélation entre les paramètres mesurés

Les coefficients de corrélation entre les caractères morphologiques et ceux relatifs aux composantes du rendement sont illustrés sur le tableau de l'annexe 04.

La longueur de la grande feuille est négativement corrélée à sa largeur ($r = -0.62^{**}$), au nombre de feuilles par plant ($r = -0.56^{**}$) et au calibre du caïeu ($r = -0.52^{**}$). Elle est positivement corrélée avec le nombre de feuilles par plant ($r = 0.60^{**}$).

La largeur de la grande feuille est positivement corrélée avec au nombre de feuilles par plant ($r = 0.60^{**}$), et avec la hauteur de la plante ($r = 0.60^{**}$). La hauteur de la plante est positivement corrélée avec la largeur de la grande feuille ($r = 0.60^{**}$) et au nombre de feuilles par plant ($r = 0.42^*$).

Le diamètre de bulbe est positivement corrélé avec la hauteur du bulbe ($r = 0.46^{**}$), le poids du bulbe ($r = 0.58^{**}$), le diamètre du caïeu ($r = 0.51^{**}$), le poids du caïeu ($r = 0.39^*$), avec le diamètre de collet ($r = 0.42^*$) et même avec le rendement ($r = 0.65^{**}$) (Annexe 03).

Des corrélations positives sont notés entre la hauteur du bulbe et son diamètre ($r = 0.46^{**}$) d'une part, et d'autre part avec le diamètre de collet ($r = 0.39^*$).

Le diamètre de caïeu est positivement corrélé avec le diamètre de bulbe ($r = 0.51^{**}$), et négativement corrélé avec la longueur de la grande feuille ($r = 0.52^{**}$).

Une corrélation positive est noté entre le poids du bulbe et le diamètre de bulbe ($r=0,58^{**}$) d'une part, et d'autre part avec le poids du caïeu ($r=0,77^{**}$), le diamètre de collet ($r=0,51^{**}$) et le rendement ($r=0,98^{***}$).

Et comme indice de corrélation, notre essai a enregistré une corrélation positivement significative entre le poids du caïeu et le diamètre de bulbe ($r=0,39^*$), entre le poids du caïeu et le nombre de caïeu par bulbe ($r=0,42^*$) et entre le poids du caïeu et le poids du bulbe ($r=0,77^{**}$) d'une part, et d'autre part avec et le diamètre de collet ($r=0,37^*$) et le rendement ($r=0,78^{**}$).

Il existe une forte corrélation positive ($r=0,98$) entre le rendement et le poids du bulbe, et le rendement en bulbe et avec le nombre de caïeux par bulbe, c'est-à-dire, plus ce dernier augmente, plus le poids du bulbe augmente, ce qui confirme cette corrélation.

Dans les travaux de Ayed et *al.* (2019) qui ont trouvé que la longueur de la feuille est négativement corrélée avec la largeur de la feuille contrairement à Chotaliya et Kulkarni (2017) et Wang et *al.* (2019) qui ont trouvé que la longueur de la grande feuille est positivement corrélée avec la largeur de la grande feuille.

Comme on a trouvé dans notre essai, une corrélation positivement significative entre le nombre de feuilles par plant et la hauteur de la plante (Zakari et *al.*, 2017), et entre le nombre de feuilles par plant et la largeur de la grande feuille (Chotaliya et Kulkarni, 2017), tandis qu'il y a une corrélation négative entre le nombre de feuilles par plant et la largeur de la grande feuille (Chotaliya et Kulkarni, 2017).

Pour la hauteur de la plante, Haiping Wang et *al.* (2019) ont enregistré une corrélation positive avec la largeur de la grande feuille, et Zakari et *al.* (2017) a trouvé une corrélation positive avec le nombre de feuilles par plant.

Le diamètre de bulbe est positivement corrélé avec la hauteur du bulbe (Haiping Wang et *al.* 2019), avec le diamètre de caïeu (Chotaliya et Kulkarni, 2017), avec le poids du bulbe (Ranjitha et *al.*, 2018), avec le poids de caïeu (Zakari et *al.*, 2017), avec le diamètre de collet (Haiping Wang et *al.* 2019) et avec le rendement (Ferenc Bagi et *al.*, 2012).

Une corrélation positivement significative a été enregistrée entre la hauteur du bulbe et le diamètre du collet d'une part (Haiping Wang et *al.* 2019) et d'autre part, entre la hauteur du bulbe et son diamètre (Ranjitha et *al.*, 2018).

Pour le diamètre de caïeu, nos résultats corroborent ceux de Chotaliya et Kulkarni (2017) qui ont trouvé sa corrélation positive avec le diamètre de bulbe et négative avec la longueur de la grande feuille.

Le poids du bulbe aussi a une corrélation positive avec le poids de caïeu, le diamètre du collet, le rendement (Ranjitha et *al.*, 2018), et avec le diamètre de bulbe (Zakari et *al.*, 2017).

Dans les travaux de Zakari et *al.* (2017), le poids du caïeu a été positivement corrélé avec le nombre de caïeux par bulbe, le diamètre de bulbe et le poids du bulbe. Et une corrélation positivement significative entre le poids du caïeu d'une part et le rendement, le diamètre du collet d'autre part est observée (Ranjitha et *al.*, 2018).

Pour le nombre du caïeux par bulbe, une corrélation positive a été marquée avec la longueur de la grande feuille, avec le rendement (Ranjith et *al.*, 2018) et avec le poids du caïeu (Zakari et *al.*, 2017).

Et pour le diamètre de collet, une corrélation positivement significative a été enregistrée avec le poids du bulbe, le poids du caïeu (Ranjitha et *al.*, 2018), avec la hauteur de bulbe (Haiping Wang et *al.* 2019), avec le diamètre de bulbe (Chotaliya et Kulkarni, 2017) et avec le rendement (Singh et *al.*, 2011).

Et en fin pour le rendement, les coefficients de corrélation indiquent qu'il existe une corrélation positive avec le rendement et le poids du bulbe, le diamètre de bulbe, le poids du caïeu et le nombre de caïeux par bulbe (Ranjitha et *al.*, 2018), et avec le diamètre e collet (Singh et *al.*, 2011).

Ces corrélations positives et significatives entre la majorité des caractères végétatifs et le rendement indiquent l'interdépendance du développement végétatif et le rendement obtenu (Miko et *al.*, 1995).

Le développement de la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plant augmente le niveau d'assimilation et de translocation de la matière produite dans la partie aérienne vers les bulbes, qui a par la suite un effet sur l'augmentation du rendement (Babaji, 1996 ; Miko et *al.*, 1995).

3.4. Itinéraire technique de l'ail dans la région d'Ouled Derradj

La conduite de l'ail dans la région d'Ouled Derradj est résumée dans les Tableaux 14 et 15. Les calendriers développés nous ont permis d'identifier les différents maillons de la production d'ail dans la région. Les contraintes qui réduisent le développement de cette culture se résument aux points suivants :

Contraintes d'ordre organisationnel

- ✓ l'absence d'une bonne politique de prix : les couts sont bas à la récolte et élevés au moment de la plantation.
- ✓ le manque d'équité entre le revenu tiré par les producteurs et celui obtenu par les détaillants dû à l'absence de structure et d'organisation. Généralement les détaillants tirent plus de profit que les producteurs qui sont pourtant les plus exposés aux risques environnementaux (climat, intempéries, catastrophes naturelles) et aux attaques de ravageurs et de maladies.
- ✓ la méconnaissance du marché par les producteurs, ce qui contribue à diminuer leur revenu.
- ✓ L'inexistence d'un réseau de distributeurs professionnel.

Contraintes d'ordre technique

-Sur le plan de conduite et d'entretien de la culture

- ✓ l'attaque de maladies et d'insectes.
- ✓ les difficultés relatives à l'alimentation hydrique des cultures.
- ✓ Le manque de maîtrise des techniques culturales par les agriculteurs se traduisant par le non-respect des doses et de la fréquence d'apport d'engrais et les pourritures de racines (après plantation des caïeux) et des bulbes, et dessèchement des feuilles.
- ✓ L'absence d'encadrement des producteurs maraîchers par les spécialistes compétentes dans les zones de production.
- ✓ l'absence d'amélioration des techniques culturales.

-Sur le plan du matériel végétal

- ✓ L'érosion génétique des semences qui est due à leur non-renouvellement après de nombreuses années d'utilisation. Ce qui se traduit par des attaques importantes de bio-agresseurs et une chute des rendements avec le temps.
- ✓ Absence de labellisation du produit local.

-Sur le plan du stockage, de conservation et de transformation des produits récoltés

- ✓ Non maîtrise des techniques de stockage et de conservation se traduisant par un taux élevé de pourriture en stock et des attaques d'insectes.
- ✓ Absence de structure de stockage et de conditionnement.
- ✓ L'absence d'unités de transformation d'ail en cas de surplus de production.

Tableau 14 : Les Techniques de Production réalisées pour l'ail (*Allium sativum* L.) dans la région d'Ouled Derradj

Campagne (2019-2020)

Techniques	Recommandations
A. Installation de la culture	
1. Préparation du sol (Labour)	-Labourer le sol à l'état sec sur une profondeur de 30 cm, en utilisant le Cover crop à 4 disques.
2. Fertilisation de fond	-Apport des engrais de fond (N, P, K) et l'apport de fumier. -Incorporation des engrais de fond par une reprise superficielle avant le semis. -Les apports de fumier améliorent l'efficacité d'utilisation de la fumure minérale.
3. Préparation du lit de semences	-Commencer la préparation du sol, l'année précédente, après avoir enlevé les débris à la surface du sol. -Travailler le sol seulement quand il est assez sec, pour qu'il n'adhère pas aux outils. -Utiliser la charrue à disque pour préparer le lit de semence.
4. Matériel végétal	-La variété qui présente une bonne vigueur, une bonne qualité du bulbe est : la variété <i>Joumana</i> , qui est d'origine la Chine.
5. Date et dose de semis	-Semis : placer les caïeux de l'ail à 3 cm de profondeur en Septe-Oct pour l'ail d'automne récolté au printemps (ail vert), ou récolté en été (ail sec). -Les bulbes doivent être égoussés juste avant le semis. -Semis environ 850-1 000kg/ha, à raison d'espacement de (15 x 15) cm.
6. Désherbage	-Désherber en pré-semis en utilisant le désherbant <i>Rol</i> à 30 L/ha. -Désherbage précoce à partir du stade 3 feuilles : utiliser <i>Ghol</i> 30 L/ha, en plus d'un binage manuel.
7. Structure de peuplement et profondeur de semis	-Adopter un espacement de 15 x 15 cm dans la planche de culture (<i>Feddana</i>), la dose de semis est de 9.8 qx/ha (49 X 2g X 10 000m ²) 49 : nombre de caïeux ; 2g : poids de caïeu ; 10 000m ² : 1ha.
B. Entretien de la culture	
1. Gestion de la culture	-Utiliser approximativement 50 mm d'eau/semaine pendant le cycle de l'ail durant les périodes de grande chaleur et absence de pluie. -Irriguer de préférence tôt le matin ou en mi après-midi, pour permettre que le feuillage sèche avant la tombée de nuit. -Les irrigations doivent être arrêtées 1 à 2 mois avant la récolte pour que la terre ne colle pas trop aux bulbes.
2. Fumure d'entretien	-Appliquer 100 kg/ha d'urée qui contient 46% de N, qui est divisé en 3 apports : 1/3 durant la plantation, 1/3 au stade 3 feuilles, et 1/3 est apporté 3 semaines après le deuxième apport. Apport de Di-Ammonium sulfate à raison de 20 kg/ha, qui contient 18% de N et 46% de P ₂ O ₅ .
3. Suivi des maladies	-Observer de très près les plants de l'ail pour dépister les maladies à leur début. -Les principales maladies sont : la rouille, et la pourriture des bulbes. -Pulvériser à titre préventif la bouillie de bordelaise contre la rouille.
4. Application des fertilisants au cours du cycle de la culture	-Dans l'absence de recommandations pour la culture de l'ail, nous conseillons de recourir périodiquement aux analyses foliaires, afin de mieux cibler les apports en éléments fertilisants.
C. Récolte et poste-récolte	-commencer la récolte dès le stade ramollissement et jaunissement de 1/3 de feuilles. -Laisser les bulbes sur le terrain pour éliminer l'eau en excès qu'elles contiennent. -Ce sont les aulx mures qui sont récoltés en été qui se conservent bien. -L'ail vert qui est récolté au printemps ne se conserve pas.

**Tableau 15 : Calendrier d'itinéraires Techniques de l'Ail dans la région d'Ouled Derradj
Campagne (2019-2020)**

Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
<p>Labour : travailler le sol à l'état sec (Cover crop à 4 disques)</p>											
<p>Préparation du lit de semences (Charrue à disques)</p>											
<p>Apport des engrais de fond (N, P, K) + Apport de fumier d'origine animal (de leurs cheptels ovins) incorporer au sol avant semis.</p>											
<p>Semis Placer les caïeux de 3 cm de profondeur (Septembre-Octobre)</p>				<p>Les bulbes doivent être égoussés juste avant le semis ; la dose de semis est 8.5-10 qx/ha. à raison d'espacement de 15x15 cm. Les bulbes destinés à l'ensemencement doivent être laissés murir plus longtemps, choisir les caïeux de grande taille.</p>							
<p>Apport d'azote N : apport de 30 kg/ha d'Urée qui contient 46% de N et 200 kg/ha de Di-Ammonitrate d'ammonium (DAP) qui contient 18% de N et 46% de P₂O₅ (en 2 à 3 applications espacées de 3 semaines)</p>											
				<p>Désherbage : Ghol ou Rol à 2-3 feuilles</p>							
				<p>Apport d'azote N : 30 kg/ha (en 2 applications espacées de 3 semaines)</p>							
				<p>Désherbage précoce à partir du stade 3 feuilles (Rol ou Ghol 30 L/ha + binage manuel)</p>							
						<p>Engrais foliaire : apport de 30 kg/ha de l'Urée juste avant la formation des bulbes +200 kg/ha de TSP (triple super phosphate qui contient 46% de P)</p>					
						<p>Désherbage tardif (2 à 3 binages sont nécessaires)</p>					
							<p>Récolte semi précoce (Mi-Avril) : Ail vert</p>		<p>Récolte semi tardive (Mi-Juin) : Ail sec</p>		
Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Le secteur agricole de la wilaya de M'Sila connaît une dynamique active par la prise en charge de plusieurs spéculations d'intérêt, entre autre, la culture d'ail. Dans ce contexte, nous avons pris pour objectif dans notre étude la caractérisation de la conduite de cette spéculation dans la région par un diagnostic agronomique pour identifier le système de culture appropriée à la région. Au terme de ce travail sur le rôle des agriculteurs itinérants dans le développement des cultures d'ail dans la région d'étude, diverses conclusions peuvent être tirées.

La culture d'ail est en progression dans la wilaya de M'Sila confirmant ses potentialités qui la rendent apte à la production de culture maraichère. Le savoir-faire transféré aux agriculteurs se traduit par l'évolution de la maîtrise de l'itinéraire technique par les agriculteurs. Cette étude nous a permis d'identifier les itinéraires techniques pratiqués par les agriculteurs de la région et de ressortir avec un schéma global résumant cette prise en charge.

Une étude morphologique et agronomique de la plante a été entreprise sur la variété *Joumana*. En effet, les différentes notations descriptives des caractères étudiés, telles que le diamètre du collet, la hauteur de bulbe, le diamètre de bulbe, le diamètre de caïeu, la hauteur de la plante, la longueur et la largeur de la grande feuille, ont montré une importante variabilité dans l'élaboration du rendement. L'importance de poids du caïeu, de poids du bulbe et même, le nombre de caïeux par bulbe influent directement sur le rendement.

L'itinéraire technique pratiqué par les producteurs d'ail dans la région d'étude et qui offre un rendement meilleurs sont enregistré chez l'agriculteur 02 avec 279.3 q/ha. Ce rendement est en fonction du poids du bulbe qui a été de 57 g et du nombre de caïeux par bulbe qui a été de 14.53.

Cet agriculteur pratique un itinéraire technique qui repose sur un labour profond de 30 cm, des apports d'engrais d'origine animal, préparation des planches de culture (*feddana*) de la taille de (2 X 5)m, l'égoûssage manuel juste avant la plantation, le choix des meilleurs caïeux plantés, le respect de dose de semis, dose et fréquence d'irrigation et de fertilisation, l'apport des engrais foliaires surtout les engrais azotés, l'entretien de la culture (binage, sarclage et désherbage), les traitements contre les maladies surtout la rouille et la pourriture de bulbes, et les ravageurs surtout la mouche d'oignon, le stade de récolte commence dès que le tiers des feuilles sont fanées, et le bon séchage et conditionnement.

Et pour minimiser les contraintes et encourager le développement de la filière d'ail, il est proposé de :

- Le traçage d'un programme spécial par le ministère de l'agriculture pour augmenter les surfaces réservées à la culture de l'ail, et répondre à la demande des citoyens sans recourir à l'importation
- L'accompagnement de l'état avec le secteur, pour développer le stockage, l'irrigation et l'approvisionnement en semences d'ail.
- Prise en charge par le ministère par le biais de l'Office National Interprofessionnel des Légumes et Viandes (ONILEV) et des opérateurs privés, le stockage des quantités produites d'ail qui est arrivé en pleine maturité dans des chambres froides, pour diminuer la chute des prix sur les marchés de gros.
- La stabilité du prix grâce aux efforts consentis par les professionnels de la filière.
- La régulation par le système de régulation des produits de large consommation (SYRPALAC) et le développement de la production agricole.

- L'enregistrement d'un projet d'usine de transformation de la production d'ail
- Le traçage d'un programme annuel pour l'exportation, dans le cadre de l'organisation de la filière et la régulation de la production agricole, en raison du manque de ce produit dans le marché mondial.

La culture d'ail est devenue une habitude culturelle chez les agriculteurs de la région de M'sila, elle doit bénéficier d'un programme agricole spécifique à court et à long terme qui s'engage dans les perspectives suivantes :

- localement, Le géotype *Joumana*, apprécié par les agriculteurs, doit bénéficier d'un programme de sélection qui lui permettra d'être conservé et commercialisée à plus grande échelle. En outre, il est également noté qu'il est primordial de connaître l'organisation de l'ail de notre pays afin de pouvoir classer les variétés et de récupérer les géotypes qui se distinguent par un rendement élevé, et une résistante aux maladies tout en étant adaptés aux conditions pédoclimatique de régions semi-arides.
- La valorisation les variétés locales d'ail, des grands efforts doivent être faits dans la sélection et l'hybridation pour avoir des cultivars plus productifs. La conservation *ex situ* dans des banques de gènes des géotypes d'ail est essentielle pour une exploitation durable de cette diversité.
- La labellisation des géotypes cultivés légalement sera importante, surtout les géotypes propres à la région de Ouled Derradj qui est connue par le nombre élevé des agriculteurs d'ail et la longue durée de cette culture.

Références bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- *Æ* -

1. **Agriculture biologique (2004)**. L'ail sec de Midi-Pyrénées. Brochure de la chambre d'agriculture de la Haute-Garonne, service horticulture-maraichage. Le Trait d'Union Paysan - Impression : Les Parchemins du Midi. 04P.
2. **Allali R. et Belalia I. (2019)**. Technologie de fabrication du fromage artisanale avec 3 arômes : persil, ail, huile d'olive. Mémoire de Master. Université de Mostaganem. 36P.
3. **Allen J. (2009)**. La culture de l'ail - Fiche technique [Internet]. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales - Ontario. Disponible sur : <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/09-012w.htm#5>
4. **Amagase H., Petesch B.L., Matsuura H., Kasuga S., Itakura Y. (2001)**. In take of garlic and its bioactive components. Journal of Nutrition. 131, 955s-962s.

- *Æ* -

5. **Baba Aissa F. (2011)**. Encyclopédie des plantes utiles plantes médicinales, plantes aromatiques, plantes alimentaires : Flore méditerranéenne (Maghreb, Europe méridionale) Substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident. Edition El Maarifa. Alger- Algérie. 471P.
6. **Babaji B.A. (1996)**. Effects of plant spacing and nitrogen fertilization on growth and yield of garlic. M.Sc. thesis submitted to post graduate school, A.B.U, Zaria. pp 44-48.
7. **Bacar E. et Meskine H. (2014)**. Contribution à l'étude de l'activité antibactérienne de l'ail (*Allium sativum*). Thèse de master. Université de Guelma. 78P.
8. **Bachmann J. (2001)**. Cultiver l'ail biologique [Internet]. Disponible sur : http://www.organiccentre.ca/Docs/ATTRA/garlic_production_f.pdf
9. **Bachmann J. (2008)**. Garlic Organic Production, National Center for Appropriate Technology, une publication d'ATTRA, États-Unis. [En ligne] www.attra.ncat.org
10. **Baker RS, Wilcox GE (1961)**. Effect of foliage damage and stand reduction on onion yield. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 78:400.
11. **Brewster JL, Mondal MF, Morris GEL (1986)**. Bulb development in onion (*Allium cepa*) IV. Influence on yield of radiation interception its efficiency of conversion, the duration of growth and dry matter partitioning. Ann. Bot. (London) 58:221.
12. **Berkane O. et Toumi M. (2017)**. Effet de l'extrait d'ail (*Allium sativum* L.) sur la croissance des bactéries lactiques (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*). Thèse de Master. Université de Mostaganem. 61P.
13. **Block E, Ahmed S, Jain MK, Crecely RW, Apitz-Castro R and Cruz MR. (1984)**. (E, Z) Ajoene : A potent anti thrombotic agent from garlic. Journal of the American Chemical Society. 106, pp.8295-8296.

14. **Blumenthal M., GOLDBERG A. et BRINKMANN J. (Ed). (2000).** Expanded Commission E Monographs, American Botanical Council, publié en collaboration avec Integrative Medicine Communications, États-Unis.
15. **Botineau M. (2010).** Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Paris : Éd. Tec & Doc, 1335P.
16. **Botta-Diener Marianne (2004).** Le sud et ses senteurs envoûtantes (TABULA N°3 2004). Société Suisse de nutrition (SNN). pp18-19. (www.Seg_SSn ch/fr.Html).
17. **Boukabou M. et Khirouni DJ. (2019).** Etude de l'effet d'addition de l'ail au fromage frais sur sa qualité physico-chimique et microbiologique. Thèse de Master. Université de Guelma. 28P.
18. **Boukeria S. (2017).** Etudes de l'effet de la variabilité génétique de l'espèce *Allium cepa* L. et *Allium sativum* L. sur la production et l'accumulation des huiles essentielles et sur leurs effets antibactériens. Thèse de doctorat. Université de Guelma. 185P.
19. **Bruneton J. (2009).** Pharmacognosie, Phytochimie, plantes médicinales. Tec et Doc. Lavoisier 4ème édition, Paris.
20. **Burba J.L. (1995).** Panorama mundial y nacional de variedades de ajo : posibilidades de adaptacion. IV corsotaller sobre produccion, comercializacion y industrial izacion del ajo. Estacion exp. agropecuaria La Consulta Mendoza - Argentine. 27 pp.
21. **Burdock G.A., Fenaroli S. (1995).** Handbook of flavor Ingredients, Volume I, 3e Edition. CRC Press Boca Raton London New York Washington, D.C.

- ٢ -

22. **Cance MC. et Widdowson (1992).** The composition of food. Conception aprifel avec collaboration scientifique de Mf. Six dietecienne.
23. **Chadha Ayed, Najla Mezghani, Awatef Rhimi et Bouthaina AL Mohandes Dridi (2019).** Morphological evaluation of Tunisian garlic (*Allium sativum* L.) landraces for growth and yield traits. Université de Birjand-Tunisie. Journal of horticulture and postharvest research 2019, Vol. 2(1), pp.43-52. Homepage: <http://www.jhpr.birjand.ac.ir>
24. **Chadha Ayed, Najla Mezghani, Awatef Rhimi et Bouthaina AL Mohandes Dridi (2019).** Morphological evaluation of Tunisian garlic (*Allium sativum* L.) landraces for growth and yield traits. High Agronomic Institute, 4042 Chatt-Mariem, IRESA-University of Sousse, Tunisia. Journal of horticulture and postharvest research 2019, Vol. 2(1), pp.43-52. <http://www.jhpr.birjand.ac.ir>
25. **CHAMBRE D'AGRICULTURE OCCITANIE.** Non daté. Agriculture et territoires. Brochure disponible sur : <http://www.occitanie.chambre-agriculture.fr/agroenvironnement/ecophyto/bulletin-de-sante-duvegetal/bsv-midi-pyrenees/>
26. **Chaux CL. et Foury CL. (1994).** Production légumière - tome1 Généralités (série Agriculture d'aujourd'hui) Edition Tec et Doc Lavoisier Paris, Londres, New York. pp.405-537.

27. **Chung L.Y. (2006).** The antioxidant properties of garlic compounds : allylcysteine, alliin, allicin, and allyldisulfide. *Journal of Medicinal Food*, 9 (2): pp.205-213.
28. **Clébert JP. (1987).** Le livre de l'ail. Avignon : Editions A. Barthélemy ; 155P. (Collection « Du goût & de l'usage »).
29. **Colin L. (2016).** L'ail et son intérêt en phytothérapie. Th. doctorat en pharmacie. Université de LORRANE- France. 129P.
30. **Commission du codex alimentaire. Programme conjoint FAO/OMS sur les normes alimentaires (2019).** Comité du codex sur les fruits et légumes frais. Vingt et unième session. Avant- projet de norme pour les aulx. Préparé par le Groupe de travail électronique présidé par le Mexique. 08P.

- *Đ* -

31. **Daif N. (1993).** L'ail, *Allium sativum* L. (Liliacées) : de la tradition à ses perspectives en thérapeutique moderne Th. : Pharm. : Nancy 1 ; 12,104 P.
32. **Damrau F. et Ferguson EA. (1949).** The Modus Operandi of Carminatives : The Therapeutic Value of Garlic in Functional Gastro intestinal Disorders. *The American Journal of Gastro enterology*, 16(5). Pp.411-419.
33. **Derabla CH. Et Zamouch A. (2016).** Etude de l'activité antibactérienne des extraits alcooliques d'ail (*Allium sativum*) et de cannelle (*Cinnamomum zeylanicum*). The. De Master. Université de Guelma. 58P.
34. **Desfemmes, (2013).** C. Ail d'ornement [Internet]. gerbeaud.com. [cité 30 oct 2015]. Disponible sur : <http://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/ail-ornement,1154.html>
35. **Dethier B., (2010).** Contribution à l'étude de la synthèse de l'*alliine* de l'ail. Mémoire de master : bioingénieur en chimie. Liège : université de liège, 238P.
36. **Dufour A. (2003).** Aliments santé, guide pratique, Leduc Editions.
37. **Dukan P. (1998).** Dictionnaire de diététique et de nutrition, Tec&Doc.
38. **Dupont F. et Guignard J-L. (2012).** Botanique : les familles de plantes. 15ème éd. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson ; 300P.
39. **Duvernay M. et Perrichon A. (1978).** Fleurs, fruits et légumes. Le livre de poche. Edition Pierre faucheu-Dedalus Paris. 605P.

- *£* -

40. **Eagling D., et Sterling S. (2000).** A Cholesterol-Lowering Extract From Garlic, Rural Industries Research & Development Corporation, Australian Government, Australia, 35 p. disponible sur : <https://rirdc.infoservices.com.au/items/00-063>
41. **Elnima EI. Ahmed SA, Mekkawi AG and Mossa JS. (1983).** The antimicrobial activity of Garlic and onion extracts. *Pharmazie*, 38 (11). pp.747-748.
42. **Engeland R.L. (1991).** Growing great garlic. 213 pp. illustr. + suppl. 1995, 33P. Filaree Farm productions R.2. Box 162. Okanogan WA 98840 U.S.A.

43. **Espagnacq. L. (1988)**. La nutrition de l'ail. Contribution à l'étude de la physiologie de l'ail», thèse de doctorat INPT, pp. 48-76.
44. **Etoh T., (1988)**. Comparision of the peroxydases enzymes between fertile and sterile clones of Garlic. Proc. 4th Eucarpia Allium symp. 6-9 Dec. 88, Wellesbourne - Warwick U.K. pp.115-119.
45. **Etoh T., Noma Y., Nishitarumitsu Y., Wakamoto T., (1988)**. Seed productivity and germinability of various garlic clones collected in Soviet central Asia. Mem. Fac. Agr. Kagoshima Univ. 24-29-39.
46. **Etoh T, Simon PW. (2002)**. Diversity, fertility and seed production of garlic. In : Rabinowitch HD (ed) Allium cropscience : recentadvances. CABI Pub, Wallingford, pp 101–117.

- F -

47. **Fahimeh Fakhar, Abbas Biabani, Mahi Zarei, Ali Nakhzari Moghadam (2019)**. Effects of cultivar and planting spacing on yield and yield components of garlic (*Allium sativum* L.) Department of Crop Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad-e-Kavous University, Iran. 108P. Italian Journal of Agronomy 2019 ; 14:1303
48. **FAOSTAT. (2016)**. Base de données statistiques agricoles FAO, http://faostat3.fao.org/browse/rankings/countries_by_commodity/F,
49. **Ferenc Bagi, Vera Stojšin, Dragana Budakov, Salma Moh A. El Swaeh et Jelica Gvozdanović-Varga (2012)**. Effect of onion yellow dwarf virus (OYDV) on yield components of fall garlic (*Allium sativum* L.) in Serbia. African Journal of Agricultural Research Vol. 7(15), pp. 2386-2390. <http://www.academicjournals.org/AJAR>.
50. **Figliuolo G., Candido V., Logoza G., Miccolis V., Spagnolettizeli P.L. (2001)**. Geneticevaluation of cultivated garlie germplasm (*Allium staivum* L. and *A. amploprasum* L.) Euphytica 121, pp.235-334.
51. **Filière des plantes médicinales, biologie du Québec (2009)**. Guide de production sous régie biologique. L'ail, *Allium sativum*29P. Disponible sur : <http://www.agrireseau.qc.ca/agriculturebiologique/documents/guide-ail.pdf> » (Consulté le 03.03.2020).
52. **Fritsch R.M. et Friesen N. (2002)**. Evolution, domestication and taxonomy. In : Rabinowitch H.D. & Currah L., eds. Allium crop science : recent advances. Wallingford, UK ; New York, USA : CABI Publishing, pp.5-30.

- G -

53. **Gaurav Singh, Ram C.N., Angad Singh, Shiv Prakash Shrivastav, Narendra Pratap Singh et Devraj Singh (2017)**. Character association and path coefficient analysis of yield and its contributing traits in garlic (*Allium sativum* L.). University of Agriculture and Technology, Narendra Nagar (Kumarganj), Faizabad, U.P, India. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 2017; 6(6): pp.1801-1805. www.phytojournal.com
54. **Gaurav Singh, Ram C. N., Angad Singh, Shiv Prakash Shrivastav, Praveen Kumar Maurya, Prateek Kumar et Sriom (2018)**. Genetic

Variability, Heritability and Genetic Advance for Yield and its Contributing Traits in Garlic (*Allium sativum* L.). University of Agriculture and Technology, Narendra Nagar (Kumarganj), Faizabad -224-229 (U.P.), India. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences ISSN: 2319-7706 Volume 7 Number 02 (2018).

<http://www.ijcmas.com>

55. **Gibault T. (2005)**. Quoi de neuf ? l'ail. Equation Nutrition 49. Aprifel – agence pour la recherche et l'information en fruits et légumes frais.
56. **Gorinstein S., Leontowicz H., Leontowicz M., Drzewiecki J., Najman K., Katrich E., Barasch D., Yamamoto K. and Trakhtenberg S. (2006)**. Raw and boiled garlic enhances plasma antioxidant activity and improves plasma lipid metabolism in cholesterol-fed rats. Life Sciences 78: pp.655-663.
57. **Grun-Thomas (1998)**. Stéphanie Etude de trois plantes médicinales et condimentaires : l'ail, le safran, le romarin Th. : Pharm. : Nancy 1 : 63, 137 P.

- ~~f~~

58. **Haiping Wang, Yahong Wu, Xiuhui Liu, ZhenZhen Du, Yang Qiu, Jiangping Song, Xiaohui Zhang et Xixiang Li (2019)**. Resistance and clonal selection among *Allium sativum* L. germplasm resources to *Delia antiqua* M. and its correlation with allicin content. Department of Genetic Resources, Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, China. Pest Manag Sci 2019 ; 75. Pp.2830–2839. (wileyonlinelibrary.com/journal/ps)

- ~~l~~

59. **J. De La Cruz Medina et H.S. García (2007)**. Garlic. Post harvest Operations. Danilo Mejía, PhD - Agricultural and Food Engineering Technologies Service (AGST). 44P.
60. **Job Teixeira de Oliveira, Rubens Alves de Oliveira, Fernando Francisco da Cunha, Isabela da Silva Ribeiro, and Lucas Allan Almeida Oliveira, Paulo Eduardo Teodoro (2020)**. Contribution of Morphological Variables in Garlic Bulb Yield. Federal University of Vic xosa, Vic xosa, Brazil. HORTSCIENCE 55(6). pp.896–897. (<https://doi.org/10.21273/HORTSCI14996-20>)
61. **Jung S. (2005)**. Apport des drogues végétales dans la prévention des maladies cardiovasculaires liées à l'hypercholestérolémie. Th. doctorat en pharmacie. Nancy : Université Henri Poincaré_nancy1, 149P.

- ~~k~~

62. **Kamenetsky R. et Rabinowitch H.D. (2006)**. The Genus *Allium* : A Developmental and Horticultural Analysis. Horticultural Reviews 32:329-37.
63. **Koch H.P. et Lawson L.D. (1996)**. Garlic : the science and thérapeutique application of *Allium*.
64. **Krcmar M. (2008)**. L'ail : saveurs et vertus. Paris : Grancher ; 170P.

- *ℒ* -

65. **Lallemant J., Messian C.M., Briand F. and Etoh E. (1997).** Delimitation of varietal groups in garlic (*Allium sativum* L.) by morphological, physiological and biochemical characters. In :Burba J.L. and Galmarini C.R. (eds), Proceedings on First International Symposium on Edible Alliaceae. Acta Horticulturae 433, pp.123–129.
66. **Lambinon J. et Delvosalle L., Duvigneaud J. (2004).** Nouvelle flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des Régions voisines (Ptéridophytes et Spermatophytes). 5 éd. Meise, Editions du Patrimoine du Jardin botanique national de Belgique.
67. **Larousse. (2001).** Encyclopédie des plantes médicinales : identification, préparation et soins. 2ème Edition, Edition Larousse. Paris.
68. **Leclerc H. (1976).** Précis de phytothérapie : essai de thérapeutique par les plantes françaises Paris : Masson, 363 P.
69. **Le Petit Mas (2009).** Guide et culture de l'ail, Québec. [En ligne]
<http://lepetitmas.ca>
70. **Leung A.Y. (1980).** Encyclopedia of common natural ingredients used in food drugs and cosmetics, Wiley-Interscience Pub., NY.
71. **Liu X.C., Lu X.N., Liu Q.Z., Liu Z.L. (2014).** Evaluation of insecticidal activity of the essential oil of *Allium chinense* G. Don and its major constituents against *Liposcelis bostrychophila* Badonnel. Journal of Asia-Pacific Entomology 17(4). pp.853–856.

- *ℳ* -

72. **Maass H. et Klaas M., (1995).** Intraspecific differentiation in Garlic (*Allium sativum* L.) by isozyme and RAPD markers. Theor.appl. Genetics, 91, pp.89-97.
73. **Marie-Pascale Beaudoin (2016).** Tout savoir sur l'ail ! Et le projet de semence d'ail SLSJ. Journée horticole 9 mars 2016. Edit. Ensemble on fait avancer le Québec.
74. **Mark Hickey (2012).** State of New South Wales through Department of Trade and Investment, Regional Infrastructure and Services.
75. **Maurice S. (2015).** Cultivez votre ail [Internet]. Ail Québec - Association des producteurs. Disponible sur : <http://ail.quebec/decouvrez-ail-du-quebec/cultiver-votreail/>
76. **Meddine CH. et Yessaad H. (2017).** Essai variétal de trois variétés d'ail *Allium sativum* (rouge d'Espagne, rouge d'Iran et une variété chinoise) conduit en intensif (goutte à goutte et fertilisation). Thèse de master. Université de Mostaganem. 55P.
77. **Meredith T. (2008).** The complete book of garlic. London : Timber Press.
78. **Messiaen C.M., (1993).** Variétés d'ail et modes de culture. Ln : «Les allium alimentaires reproduits par voie végétative », Éditions INRA, 165-192.
79. **Messiaen C.M., Cohat J., Leroux J.P., Pichon M., Beyries A, (1993).** Les *Allium* alimentaires reproduits par voie végétative. INRA Editions. 230 P.
80. **Messiaen C.M., Lallemant, J. Briand, F. (1994).** Varietal groups in garlic cultivars. Acta Horticulturae (358) .pp.157-159.

81. **Messiaen C.M., (1996).** La variabilité chez l'ail. INRA. Sauve qui peut N° 9. pp. 7-10. [Internet]. Disponible sur : http://www7.inra.fr/lecourrier/wp-content/uploads/2013/04/Sauve-qui-peutn%C2%B09_ail.pdf Messiaen et Rouamba, 2004
82. **Messiaen CM. et Rouamba A. (2004).** *Allium sativum* L. In : Grubben, G.J.H. & Denton, O.A. (Editeurs). Plant Resources of Tropical Africa (PROTA 2) : Vegetables/Légumes. [CD-Rom]. PROTA, Wageningen, Pays Bas, pp.56-61.
83. **Miko S., Ahmad M.K. Rufa'I, I. Dadari, S.A. et Falaki A.M. (1995).** Simple correlation and path- Coefficient analysis between bulb yield and other components in garlic, 7th Annual conference of Botanical Society of Nigeria, NAERLS, Ahmadu Bello University Zaria, Nigeria. pp.18-21.
84. **Minker C. (2012).** Ail et autres alliées : un concentré de bienfaits pour votre santé, votre beauté et votre jardin. Eyrolles. Paris : Eyrolles ; 157P.
85. **Mokrani A. (2009).** Etude comparative du pouvoir antioxydant de quelques alliées. Mémoire de Master. Université de Bejaia. 88P.
86. **Mouzaoui M. et Tamindjoute S. (2012).** Caractérisation et identification de quelques plantes médicinales utilisées en médecine traditionnelle pour traiter certaines pathologies liées au stress oxydatif. The. DES Biochimie. Université de Bejaia. 63P.
87. **Muhammad Jawaad Atif, Bakht Amin, Muhammad Imran Ghani, Sikandar Hayat, Muhammad Ali, Yumeng Zhang et Zhihui Cheng (2019).** Influence of Different Photoperiod and Temperature Regimes on Growth and Bulb Quality of Garlic (*Allium sativum* L.) Cultivars. University, Yangling 712100, China. Article Agronomy 2019, 9, 879 ; doi: 10.3390/agronomy9120879. www.mdpi.com/journal/agronomy
- ✎ -
88. **Najja H., Zouari, Sami., Arnault, Ingrid., Auger, Jacques., Ammar, Emna., Neffati, Mohamed (2010).** Différences et similitudes des métabolites secondaires chez deux espèces du genre *Allium*, *Allium roseum* L. et *Allium ampeloprasum* L., 158 (1), pp.111-123.
- ○ -
89. **O'Gara E A. Hill DJ. Maslin DJ. (2000).** Activities of garlic oil, garlic powder, and their diallyl Constituents against *Helicobacter pylori*, Appl Environ Microbiol 66.5 :2269-2273 .
90. **Omafra. (2002).** Fiche technique : La culture de l'ail. [En ligne] <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/97-008.htm>
91. **Oregon State University (2004).** Garlic, Commercial Vegetable Production Guide. [En ligne] <http://hort-devel-nwrec.hort.oregonstate.edu/garlic.html>

- P -

92. **Passeport Santé (2009)**. L'ail, section «Approches complémentaires». http://www.passeportsante.net/fr/Solutions/PlantesSupplements/Fiche.aspx?doc=ail_ps
93. **Pavel I. et Yutsis MD. (1993)**. Ail. (www.norja.net/sante/htm/I.html).
94. **Pichon M. (1993)**. Évolution de la matière sèche et dynamique de l'azote chez l'ail de printemps. PHM Revue Horticole, 339, pp.29-32.
95. **Pooja Chotaliya et G.U. Kulkarni (2017)**. Character Association and Path Analysis for Quantitative Traits in Garlic (*Allium sativum* L.). Department of Genetics and Plant Breeding, J.A.U., Junagadh, Gujarat, India. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences ISSN: 2319-7706 Volume 6 Number 8 (2017), pp.175-184 Journal homepage: <http://www.ijcmas.com>

- R -

96. **Rakesh Sharma V., Komolafe Omotayo, Sunil Malik, Mukesh Kumar et Anil Sirohi (2016)**. Character association and path analysis in Garlic (*Allium sativum*). S. V. P. University of Agriculture and Technology, Meerut - 250 110, U. P., India. 11(3), pp.2041-2047, 2016. www.thebioscan.com
97. **Ranjitha M.C., Vaddoria Dr. M. A. et Raval Lata J. (2018)**. Correlation and path coefficient studies in garlic (*Allium sativum* L.). Agricultural University, Junagadh, India. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 2018 ; 7(5), pp.1583-1585.
98. **Regourd F. (2008)**. Densification des cultures d'ail : comment la mettre en place ? In : « Synthèse essais ail et échalote ». GIE L'ail drômois, pp. 2-4.
99. **Ricroch A., Rouamba A. & Sarr A. (1996)**. Valorisation de la production de l'oignon en Afrique de l'Ouest par la gestion dynamique de ses ressources génétiques. Acta bot. Gallica 143 (2/3), pp.101-106.
100. **Ross ZM., O'Gara EA., Hill DJ., Sleightholme HV. et Maslin DJ. (2001)**. Antimicrobial Properties of garlic oil against Human enteric bacteria: Evaluation of methodologies and comparisons with garlic oil sulfides and garlic powder. Applied and Environmental Microbiology, 67, pp.475-480.

- S -

101. **Santosh Choudhary, Choudhary B.R. et Kumhar S.R. (2017)**. Genetic variability in the garlic (*Allium sativum*) genotypes for growth, yield and yield attributing traits. College of Agriculture, Mandor, Jodhpur (Rajasthan) – 342304. Annals of Plant and Soil Research 19(1), pp.115 – 120.
102. **Saskatchewan Agriculture and Food (2004)**. Garlic in Saskatchewan, Canada. Disponible sur : <http://www.agriculture.gov.sk.ca/Default.aspx?DN=b506e973-62c3-40cc-9c8b-5fda6188e3b2> Satiadev, 1998
103. **Satiadev Seetohul (1998)**. L'ail condiment et médicament. PROSI Magazine – N° 351.

104. **Schauenberg P. et Paris F. (1977).** Guide des plantes médicinales. Analyse, description et utilisation de 400 plantes. Edition Delachaux et Niestlé. 396P.
105. **Schou C. (2000).** Garlic: A Taste for Health [Internet]. Disponible sur : <http://opensiuc.lib.siu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1488&context=eb1>
106. **Senninger F. (2009).** L'ail et ses bienfaits. Saint-Julien-en-Genevois ; Genève-Bernex : Editions Jouvence ; 94p.
107. **Si Bennasseur A. (2005).** Référentiel pour la Conduite Technique de l'ail (*Allium sativum*). Disponible sur : <https://www.researchgate.net/publication/281376719>
108. **Singh R. K., Dubey B. K., Bhonde S. R. et Gupta R. P. (2011).** Correlation and path coefficient studies in garlic (*Allium sativum* L.). National Horticultural Research and Development Foundation. Maharashtra, India. Journal of Spices and Aromatic Crops Vol. 20 (2), pp.81–85.

- *ℑ* -

109. **Tadesse A. (2015).** Growth end yield response of Garlic (*Allium sativum* L.) Varieties to nitrogen fertilizer rates at Gantaafeshum, northern Ethiopia. These de Master en horticulture. Université de HARAMAYA. Ethiopia. 63P.
110. **Tadila G. et Nigusie D. (2018).** Effect of manure and nitrogen rates on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.) at Haramaya, Eastern Ethiopia. Journal of Horticulture and Forestry. Vol. 10(9), pp. 135-142. (<http://www.academicjournals.org/JHF>)
111. **Tattelman E. (2005).** Health effects of garlic. Am Fam Physician, 72(1) :103-6.
112. **Takagi H. (1990).** Garlic *Allium sativum*. Ln : 'Onions and allied crops', volume 111 : Biochemistry, Food Science, and Minor Crop (Brewster J.L. et Rabinowitch H .D.).CRC Press, Inc. Pp. 109-146.
113. **Totić I. et Stevan Čanak (2014).** Production and economic specificities ingrowing of different garlic varieties. Original scientific paper. Economics of Agriculture, Serbia, pp.915-928.
114. **Trudeau C. (2006).** Nutrition, institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels. INAF. Université Laval.

- *ℒ* -

115. **Ulianych O., V. Yatsenko, I. Didenko, N. Vorobiova, O. Kuhnyuk, O. Lazariiev et S. Tretiakova (2019).** Agrobiological evaluation of *Allium ampeloprasum* L. variety samples in comparison with *Allium sativum* L. cultivars. Uman National University of Horticulture, Faculty of Horticulture, Ecology and Plants Protection Department of Vegetable Growing, Instytutska street, 1, UA20300 Uman, Ukraine. Agronomy Research 17(4), pp.1788–1799. <https://doi.org/10.15159/AR.19.192>

116. **UNH Cooperative Extension Specialist Becky Sideman (2011).** Growing garlic. Education Center and Info Line practical solutions to everyday questions. Université de Hampshire, Angleterre.

- *W* -

117. **Weber ND., Andersen DO., North JA., Murray BK., Lawson LD. and Hughes BG. (1992).** In vitro virucidal effects of *Allium sativum* (garlic) extract and compound. *Planta Medica*, 58, pp.417-423.

118. **Who (1999).** Monographs on selected medicinal plants. Vol. 1. Geneva : World Health Organization ; 289P.

119. **Wichtl M. et Anton R. (2003).** Plantes thérapeutiques. Edition Tec et Doc.

120. **Winkler G., Iberl B. and Knobloch K. (1992).** Reactivity of Allicin and its transformation products with sulfhydryl groups, disulfide groups and human blood. *Planta Medica*, 58P.

- *Y* -

121. **Yoshida H., Iwata N., Katsuzaki H., Naganawa R., Ishikawa K., Fukuda H., Fujino T. and Suzuki A. (1998).** Antimicrobial activity of a compound isolated from an oil-macerated garlic extract. *Biosci. Biotechnol. Biochem*, 62(5), pp.1014-1017.

122. **Yoshida H., Katsuzaki H., Ohta R., Ishikawa K., Fukuda H., Fujino T. and Suzuki A. (1999).** Antimicrobial activity of the thiosulfates isolated from oil-macerated garlic extract. *Biosci. Biotechnol. Biochem*, 63(3), pp. 591-594.

- *Z* -

123. **Zakari S.M., Haruna H. et Aliko A.A. (2017).** Correlation analysis of bulb yield with growth and yield components of garlic (*Allium sativum* L.). *Nigerian Journal of Basic and Applied Science* (June, 2017), 25(1), pp.58-62. <http://www.ajol.info/index.php/njbas/index>

Annexes

Annexe 01

Date de début et fin de récolte de l'ail vert et ail sec dans la région de Ouled Derradj (2015-2017)

commune	Ail en vert						Ail sec					
	2015-2016		2016-2017		2017-2018		2015-2016		2016-2017		2017-2018	
	début	fin	début	fin	début	fin	début	fin	début	fin	début	fin
Metarfa	/	/	/	/	10/04/2018	30/04/2018	/	/	/	/	20/05/2018	30/06/2018
O.Derradj	10/04/2016	30/04/2016	10/04/2017	30/04/2017	07/04/2018	30/04/2018	18/05/2016	30/06/2016	20/05/2017	30/06/2017	20/05/2018	30/06/2018
Souamaa	10/04/2016	30/04/2016	10/04/2017	30/04/2017	07/04/2018	30/04/2018	18/05/2016	30/06/2016	20/05/2017	30/06/2017	20/05/2018	30/06/2018
O.E.G	10/04/2016	30/04/2016	10/04/2017	30/04/2017	10/04/2018	30/04/2018	18/05/2016	30/06/2016	20/05/2017	30/06/2017	20/05/2018	30/06/2018
Maadid	/	/	/	/	/	/	18/05/2016	30/06/2016	/	/	/	/

Annexe 02

Liste des 10 agriculteurs de la région d'Ouled Derradj :

N°	Nom et prénom	Commune	Endroit	Superficie (ha)	Date de prélèvement d'échantillon
01	Khelifi El Houari	Souamaa	Lakhben	10	19/05/2020
02	Nedjaii Abdebaki	Souamaa	Lakhben	0.5	19/05/2020
03	Choudar Lembarek	Souamaa	Lekhben	5	19/05/2020
04	Chetta Ali	Souamaa	Lakhben	2	19/05/2020
05	Mguelati Bachir	Souamaa	Laouassa	3	19/05/2020
06	Chendi Ismail	Souamaa	Laouassa	3.5	19/05/2020
07	Mahdi Saleh	Ouled Derradj	Braktya	0.5	14/04/2020
08	Guerra Mourad	Ouled Derradj	Ouled Dehim	0.5	06/05/2020
09	Tebbi Abdelkader	Ouled Derradj	Ouled Dehim	1	06/05/2020
10	Belguelil Cherif	Ouled Derradj	Ouled Ben Saoucha	5	14/04/2020

Annexe 02

Liste des agriculteurs enquêtant lors de l'enquête formelle avec questionnaire de la région d'Ouled Derradj :

Code	Nom et prénom	Commune	Location de l'agriculteur	Superficie (ha)
<i>Agr 01</i>	Khelifi El Houari	Souamaa	Lakhben	10
<i>Agr 02</i>	Nedjaii Abdebaki	Souamaa	Lakhben	0.5
<i>Agr 03</i>	Choudar Lembarek	Souamaa	Lekhben	5
<i>Agr 04</i>	Chetta Ali	Souamaa	Lakhben	2
<i>Agr 05</i>	Mguelati Bachir	Souamaa	Laouassa	3
<i>Agr 06</i>	Chendi Ismail	Souamaa	Laouassa	3.5
<i>Agr 07</i>	Mahdi Saleh	Ouled Derradj	Braktya	0.5
<i>Agr 08</i>	Guerra Mourad	Ouled Derradj	Ouled Dehim	0.5
<i>Agr 09</i>	Tebbi Abdelkader	Ouled Derradj	Ouled Dehim	1
<i>Agr 10</i>	Belguelil Cherif	Ouled Derradj	Ouled Ben Saoucha	5
<i>Agr 11</i>	Belguelil Redouane	Ouled Derradj	Ouled Ben saoucha	4
<i>Agr 12</i>	Mahdi Ali	Ouled Derradj	Braktya	0.5
<i>Agr 13</i>	Jaafar walid	M'tarfa	Zouaoula	50

Annexe 02

<i>Agr 14</i>	Belguelil Dilmi	Ouled Derradj	Ouled Ben Saoucha	5
<i>Agr 15</i>	Hamdi Lakhdar	M'tarfa	Routba	5
<i>Agr 16</i>	Belguelil Mahfoudh	Ouled derradj	Ouled Ben Saoucha	5
<i>Agr 17</i>	Mennae Khaled	M'tarfa	M'nanaa	10
<i>Agr 18</i>	Meterfi Saadi	M'tarfa	Louiza	4
<i>Agr 19</i>	Mahdi El Jammi	Ouled Derradj	Braktya	0.5
<i>Agr 20</i>	Boudilmi Thameur	M'tarfa	Louiza	10
<i>Agr 21</i>	Belguelil Nadhir	Ouled Derradj	Ouled Ben Saoucha	2
<i>Agr 22</i>	Boudilmi Mohammed	M'tarfa	louiza	10
<i>Agr 23</i>	Chetta Boubakeur	Souamaa	Lakhben	4
<i>Agr 24</i>	Chetta Toraii	Souamaa	Lakhben	3
<i>Agr 25</i>	Khelifi Saiid	Souamaa	Lakhben	4
<i>Agr 26</i>	Chetta Messaoud	Souamaa	Lakhben	4
<i>Agr 27</i>	Nejaili salah Eddine	Souamaa	Lakhben	1.5
<i>Agr 28</i>	Jejaii Errabie	Souamaa	Lakhben	1.5
<i>Agr 29</i>	Dahmane Walid	Souamaa	Laaouassa	0.5

Annexe 03

1- Tableaux de l'analyse de la variance (ANOVA) de la longueur de la grande feuille (cm)

	SS	DF	MS	F	PROB	Sdt (ecartype)	C.V. (%)
VAR.TOTAL	5679,513	29	195,845				
VAR.FACTOR 1	5051,22	9	561,247	16,426	0		
VAR.BLOCKS	13,25	2	6,625	0,194	0,82682		
RESIDUAL 1	615,044	18	34,169			5,845	9,81%

2- Tableaux de l'analyse de la variance (ANOVA) de la largeur de la grande feuille (cm)

	SS	DF	MS	F	PROB	Sdt (ecartype)	C.V%
VAR.TOTAL	8,828	29	0,304				
VAR.FACTOR 1	8,322	9	0,925	37,309	0		
VAR.BLOCKS	0,059	2	0,03	1,195	0,32631		
RESIDUAL 1	0,446	18	0,025			0,157	6,45%

3- Tableaux de l'analyse de la variance (ANOVA) du nombre de feuille par plant

	SS	DF	MS	F	PROB	Sdt (ecartype)	C.V%
VAR.TOTAL	41,872	29	1,444				
VAR.FACTOR 1	31,312	9	3,479	6,159	0,00058		
VAR.BLOCKS	0,392	2	0,196	0,347	0,71561		
RESIDUAL 1	10,168	18	0,565			0,752	10,80%

4- Tableaux de l'analyse de la variance (ANOVA) de la hauteur de la plante (cm)

	SS	DF	MS	F	PROB	Sdt (ecartype)	C.V%
VAR.TOTAL	11618,18	29	400,627				
VAR.FACTOR 1	8864,544	9	984,949	7,241	0,00022		
VAR.BLOCKS	305,272	2	152,636	1,122	0,34841		
RESIDUAL 1	2448,369	18	136,021			11,663	18,25%

Annexe 03

5- Tableaux de l'analyse de la variance (ANOVA) du diamètre du collet (cm)

	SS	DF	MS	F	PROB	Sdt (ecartype)	C.V%
VAR.TOTAL	0,634	29	0,022				
VAR.FACTOR 1	0,466	9	0,052	5,593	0,00102		
VAR.BLOCKS	0,002	2	0,001	0,11	0,89651		
RESIDUAL 1	0,167	18	0,009			0,096	16,91%

6- Tableaux de l'analyse de la variance (ANOVA) du calibre du bulbe (cm)

	SS	DF	MS	F	PROB	Sdt (ecartype)	C.V%
VAR.TOTAL	3,318	29	0,114				
VAR.FACTOR 1	1,904	9	0,212	5,231	0,00148		
VAR.BLOCKS	0,686	2	0,343	8,473	0,00263		
RESIDUAL 1	0,728	18	0,04			0,201	3,42%

7- Tableaux de l'analyse de la variance (ANOVA) de la hauteur de bulbe (cm)

	SS	DF	MS	F	PROB	Sdt (ecartype)	C.V%
VAR.TOTAL	2,853	29	0,098				
VAR.FACTOR 1	2,133	9	0,237	9,488	0,00004		
VAR.BLOCKS	0,27	2	0,135	5,406	0,01438		
RESIDUAL 1	0,45	18	0,025			0,158	4,54%

8- Tableaux de l'analyse de la variance (ANOVA) du calibre de caïeu (cm)

	SS	DF	MS	F	PROB	Sdt (ecartype)	C.V%
VAR.TOTAL	1,746	29	0,06				
VAR.FACTOR 1	1,229	9	0,137	6,17	0,00058		
VAR.BLOCKS	0,119	2	0,059	2,679	0,09437		
RESIDUAL 1	0,398	18	0,022			0,149	10,29%

Annexe 03

9- Tableaux de l'analyse de la variance (ANOVA) du poids de bulbe (g)

	SS	DF	MS	F	PROB	Sdt (ecartype)	C.V%
VAR.TOTAL	1633,835	29	56,339				
VAR.FACTOR 1	732,715	9	81,413	2,099	0,08623		
VAR.BLOCKS	202,851	2	101,425	2,615	0,09921		
RESIDUAL 1	698,269	18	38,793			6,228	12,45%

10- Tableaux de l'analyse de la variance (ANOVA) du poids de caïeu (g)

	SS	DF	MS	F	PROB	Sdt (ecartype)	C.V%
VAR.TOTAL	13,355	29	0,461				
VAR.FACTOR 1	6,795	9	0,755	2,435	0,05161		
VAR.BLOCKS	0,979	2	0,489	1,578	0,23272		
RESIDUAL 1	5,581	18	0,31			0,557	12,07%

11- Tableaux de l'analyse de la variance (ANOVA) du nombre de caïeu par bulbe

	SS	DF	MS	F	PROB	Sdt (ecartype)	C.V%
VAR.TOTAL	29,515	29	1,018				
VAR.FACTOR 1	13,861	9	1,54	1,812	0,13505		
VAR.BLOCKS	0,355	2	0,177	0,209	0,81532		
RESIDUAL 1	15,299	18	0,85			0,922	7,10%

12- Tableaux de l'analyse de la variance (ANOVA) du rendement

	SS	DF	MS	F	PROB	Sdt	C.V.
VAR.TOTAL	32874,82	29	1133,615				
VAR.FACTOR 1	13661,55	9	1517,95	2,046	0,09356		
VAR.BLOCKS	5859,715	2	2929,857	3,949	0,03719		
RESIDUAL 1	13353,56	18	741,864			27,237	11,05%

Annexe 04

Matrice de corrélation des paramètres mesurés :

	Longueur de grande feuille (cm)	Largeur de grande feuille (cm)	Nombre de feuilles par plant	Hauteur de la plante (cm)	Diamètre du bulbe (cm)	Hauteur du bulbe (cm)	Diamètre de caïeu (cm)	Poids du bulbe (g)	Poids du caïeu (g)	Nombre de caïeux par bulbe	Diamètre de collet (cm)	Rendement (q/ha)
Longueur de grande feuille (cm)	1	-0,62**	-0,56**	-0,16	-0,36	0,06	-0,52**	0,10	0,23	0,40*	-0,08	0,10
Largeur de grande feuille (cm)		1	0,60**	0,60**	0,35	-0,17	0,50	-0,12	-0,30	-0,31	-0,08	-0,10
Nombre de feuilles par plant			1	0,42*	0,32	-0,13	0,39	0,17	0,05	-0,31	0,30	0,17
Hauteur de la plante (cm)				1	0,15	0,04	0,02	-0,22	-0,32	-0,22	0,25	-0,17
Diamètre du bulbe (cm)					1	0,46**	0,51**	0,58**	0,39*	0,16	0,42*	0,65**
Hauteur du bulbe (cm)						1	0,26	0,21	0,04	0,15	0,39*	0,31
Diamètre de caïeu (cm)							1	0,18	0,09	-0,24	0,12	0,22
Poids du bulbe (g)								1	0,77**	0,35	0,51**	0,98***
Poids du caïeu (g)									1	0,42*	0,37*	0,78**
Nombre de caïeux par bulbe										1	0,07	0,37*
Diamètre de collet (cm)											1	0,55**
Rendement (q/ha)												1

* Signification à 5%

** Signification à 1%

Significatif

Hautement

significatif

Nombre de liberté ddl=30

La valeur à 5% = 0.34

La valeur à 1% = 0.44