

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn

Badis –Mostaganem

Faculté des Sciences de la

Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد ابن باديس

مستغانم

كلية علوم الطبيعة و الحياة

DÉPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

M^{elle}. MEDINE Chahrazed

M^{elle}. YESSAAD Hayat

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité : Amélioration des productions végétales

THEME

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)

Soutenu publiquement le 14 / 08 / 2017

Devant le jury :

President: Mr.M.B DEBBA M.A.A- U. MOSTAGANEM

Directeur de mémoire : Mr. ABDERREZAK.LARBI M.A.A- U. MOSTAGANEM

Examineur : Me. SAIAH FARIDA M.C.A- U. MOSTAGANEM

Thème réalisé à l'ITCMI de Bel Abbès

Année universitaire : 2016/2017



Remerciements

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 et plus particulièrement à :

Mr. ABDERREZAK. LARBI, enseignant chargé de cours à l'université de Mostaganem pour m'avoir consacré le temps

nécessaire à la réalisation de ce travail ainsi pour sa gentillesse, ses encouragements et ses précieux conseils.

Mr.M.B.DEBBA enseignant chargé de cours à l'université de Mostaganem qui a voulu m'accorder l'honneur de présider le jury de ce mémoire.

Me.SAIAH . FARIDA enseignant chargé de cours à l'université de Mostaganem qui a bien voulu m'accorder l'honneur d'examiner ce travail.

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

Merci à tous



Dédicace

Je dédie ce travail

*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*

*A mon frère Abd elnour qui je souhaite beaucoup de réussite dans leurs
études*

A mes très chères sœurs

A mes très chères tante houaria et fatima

A mon binome YESSAAD hayat

*A mes amis Nadjet, Hafssa, Biba, Noura, Hanene, Asma, Nesrin et
Wahiba*

A mes familles MEDINE et HAOUAR

A mes camarades de la promotion Master 2 APV,

*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.

MEDINE chahrazed



Dédicaces

Je dédie ce mémoire à :

Mes parents que j'aime tout au monde,

Mes grands-parents,

Mes frères et ma sœur,

Mon professeur de C E M, HAMDI CHRIF MOHAMED

Mes amis (es) et plus particulièrement :

SARAH, ZAKIA, CHAHRAZED, NAIMA, HAYAT ET MAISSA

En reconnaissance de leur aide, gentillesse et leur agréable compagnie.

YESSAAD HAYAT

Résumé

Dans notre travail, nous avons testé le comportement variétal des trois variétés d'ail (rouge d'Espagne, rouge d'Iran et une variété chinoise), nous avons évalué et comparé ces 3 variétés par une série de mesures d'ordre morphologique à travers la vigueur de croissance (dénombrement des feuilles, mesure de la longueur de tige) ; et d'autre part à travers le rendement (poids des bulbes, calibre et nombre des caïeux par bulbe).

Les résultatsobtenus montrent que le taux de levée global mesuré par variété est semblable dans les trois blocs. On distingue ainsi facilement que la variété rouge d'Espagne (99%) et rouge d'Iran (94%) possèdent une bonne capacité de germination avec un calibre homogène et 463,10 qx/ha pour la variété rouge d'Espagne, et 409,68 qx/ha pour la rouge d'Iran, quant au variété chinoise, elle possèdent une capacité moyenne (81%) de taux de levée et un rendement de 255,81 qx/ha, elle est caractérisé par des grand bulbes déformé .

Les analyses statistiques établies révèlent que la variété rouge d'Espagne et de meilleur rendement et qualité suivi de la variété rouge d'Iran et que la variété chinoise est de faible rendement avec une qualité inferieur.

Les mots clés : ail, variété, rendement, comparaison, caractères morphologiques.

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction

Première partie : synthèse bibliographique

Chapitre 01: importance économique

1. Importance économique	01
1.1 Dans le monde :	01
1.2 Les échanges mondiaux	03
1.3 En Algérie	04

Chapitre 02 : généralité sur la culture d'ail

1. Classification botanique	06
2. Description de la plante.....	06
3. Morphologie.....	07
3.1 Feuille.....	07
3.2 Fleurs.....	08
3.3 Bulbes	08
4. Structure	09
5. 5.Cycle de développement	10
5.1. la période de dormance.....	10
5.2. la croissance et la sénescence.....	10
5.3. la croissance des bulbes ou bulbaison.....	11
5.4. la montaison et la mise à fleur.....	11
6. Physiologie de la bulbaison et de la montaison	13
7. conditions de culture.....	13

8. Compositions d'ail	13
9. Propriétés Thérapeutiques et Indications de l'Ail.....	14

Chapitre 03 : itinéraire technique

1. Les principales variétés	15
2. Mise en place de la culture.....	17
2.1 Époque de plantation	17
2.2 Types de sol et choix de la parcelle	17
2.3 Préparation du sol.....	17
2.4 Préparation des caïeux pour la plantation	18
2.5 calibre des caïeux et densité de plantation.....	18
2.6 Plantation	18
2.7 Fertilisation	19
2.7.1 Rôle des éléments minéraux majeurs	19
2.7.2 Consommation en éléments minéraux	19
2.8 Irrigation	20
2.8.1 Besoins en eau de la culture	20
2.8.2 Modes d'apport.....	20
2.8.2.1 Aspersion.....	20
2.8.2.2 Irrigation par goutte-à-goutte.....	21
2.9 Désherbage.....	21
2.9.1 Désherbage chimique	21
2.9.2 Désherbage mécanique.....	22
2.9.2.1 La technique du faux-semis.....	22
2.9.2.2 Le binage et le sarclage	22
2.9.3 Les techniques agronomiques.....	22
2.9.3.1 La rotation des cultures	22
2.9.3.2 Le paillage du sol	22

2.9.3.3 La solarisation.....	23
2.10 Suppression de la hampe.....	23
3.Types de dégâts et causes possibles	23
4. Récolte	26
4.1 Traitement anti-germinatif.....	26
4.2 Le stade de récolte.....	26
5.Séchage.....	27
6.Conservation.....	28
6.1 La conservation de l'ail de consommation.....	28
6.1.1 Les températures de stockage.....	28
6.1.2L'ionisation.....	29
6.2La conservation de l'ail de semence.....	29
6.2.1Un traitement préalable: la thermothérapie.....	29
6.2.2Le stockage des semences.....	30
7. Les exigences réglementaires de commercialisation.....	30
8. Les critères de qualité.....	31
8.1 Qualité visuelle et fermeté.....	31
8.2 Calibres.....	33

Deuxième partie : étude expérimentale

Chapitre1 : Matériel et méthode

1.But d'étude	35
2. Présentation de la zone d'étude	35
2.1 Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles (ITCMI).....	35
2.2 Le climat de la région	36
3.Matériels utilisés	36
3.1 Matériel végétal	36

3.2 Dispositif expérimental.....	37
3.2.1 Choix du dispositif expérimental	37
3.2.2 Facteurs étudiés.....	37
3.2.3 La fiche technique du dispositif	38
3.2.4 Schéma descriptif du dispositif expérimental	38
4. Méthodes	38
4.1 Mise en place et conduite de l'essai.....	38
4.1.1 La préparation des variétés utilisées	39
4.1.2 Travaux de préparation du sol	39
4.1.3 Installation du système d'irrigation	39
4.1.4 Le semis	40
4.1.5 La levée.....	41
4.1.6 Désherbage	41
4.1.7 Fertilisation	42
4.1.8 Traitements phytosanitaires effectués	43
4.1.9 La récolte	44
4.1.10 Conditionnement	45

Chapitre 02 : résultats et discussions

1. Résultats	46
1.1 Levée	46
1.2 Nombre des feuilles	47
1.3 Longueur de tige	48
1.4 Nombre des caïeux	49
1.5 Rendement	50

1.5.1 Quantité récolté en qx/ha pour chaque variété par bloc	50
1.6 Discussion.....	51

Conclusion

Références bibliographique

Liste des annexes

LISTE DES ABREVIATIONS

Ha : Hectare

T :Tonne

qx : Quintaux

°C :Degré Celsius

% : Pourcentage

V1 : Variété chinoise

V2 : Rouge d'Espagne

V3 : Rouge d'Iran

N : azote

P : phosphore

K : potasse

B1 : bloc 01

B2 : bloc 02

B3 : bloc 03

FAO : Food Alimentation Organisation

Ctifl : Centre techniqueinterprofessionnel des fruits et légumes

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

UE : Union Européenne

CEE ONU FFV – 18 : norme concernant la commercialisation et le contrôle de la qualité commerciale des aulx

ITCMI : Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles

Liste des figures

Figure 01: Production et échanges d'ail dans le monde.....	03
Figure 02 : Dessins d'une plante d'ail, d'un bulbe et d'un caïeu.....	07
Figure 03 : Les feuilles de la plante d'ail	08
Figure 04: Les fleurs de la plante d'ail.....	08
Figure 05: Les caïeux d'un bulbe d'ail.....	09
Figure 06: Tête d'ail en coupe longitudinale.....	09
Figure 07 : Schéma d'une coupe longitudinale de tête d'ail.....	09
Figure 08 : Tête d'ail coupée transversalement et coloriée	10
Figure 09 : Schéma d'une coupe transversale de tête d'ail.....	10
Figure 10 : Hampe florale	11
Figures 11: Stades phénologiques d'ail (variétés d'automne)	12
Figure 12 : Les différents variétés d'ail.....	16
Figure 13: La préparation des caïeux pour la plantation.....	18
Figure 14: La plantation des caïeux d'ail.....	19
Figure 15: Irrigation d'ail par aspersion.....	20
Figure 16: Irrigation d'ail par le goutte-à-goutte	21
Figure 17: Le paillage du sol pour la culture d'ail	23
Figure 18 : Les différentes maladies et ravageurs de l'ail.....	25
Figure 19 : Illustration du stade de récolte	27
Figure 20 : Séchage à la barre.....	28
Figure 21 : Séchage en palox.....	28
Figure 22 : Bulbe présente un dégât du au gel	33

Figure 23 : ITCMI de Sidi Bel Abbes	35
Figure 24 : Variété rouge d'Espagne.....	36
Figure 25 : Variété rouge d'Iran	36
Figure 26 : Variété d'ail chinoise	36
Figure 27 : Installation du système de goutte à goutte le	39
Figure 28 : Semis de l'ail.....	40
Figure 29 : Densités de la plantation.....	40
Figure 30 : Levée des semences plantées	41
Figure 31 : Désherbage manuel avec des binettes.....	42
Figure 32 : Engrais NPK.....	43
Figure 34 : Fertirrigation.....	43
Figure 35 : Fongicide (RIVANEBE)	43
Figure 36 : Une attaque des rouilles.....	43
Figure 37 : Une attaque d'une pourriture blanche.....	44
Figure 38 : Récolte.....	44
Figure 39 : Récolte d'ail en vert.....	45
Figure 40 : Conditionnement d'ail récolté.....	45
Figure 41 : Taux de levée de chaque variété.....	46
Figure 42 : Moyennes de nombre des feuilles.....	47
Figure 43 : Moyennes des 90 tiges pour chaque variété.....	48
Figure 44 : Moyennes de nombre des caïeux par bulbe pour chaque variété	49
Figure 45 : Poids moyen avec tige en qx/ha	50

Liste des tableaux

Tableau 01: la production mondial d'ail	02
Tableau 02 : Superficie et production (niveau national)	04
Tableau 03 : Superficie des hauts plateaux Est année 2015/2016... ..	05
Tableau 04 : Les variétés d'ail d'automne.....	15
Tableau 05 : Les variétés d'ail de printemps.....	15
Tableau 06: Les principales maladies.....	24
Tableau 07: Exigences minimales en matière de qualité et de maturité (Règ. [UE] n° 543/2011).....	31
Tableau 08: Caractéristiques qualitatives et tolérances par catégorie d'ail.....	32
Tableau 09: Calibrage et tolérances par catégorie d'ail.....	34
Tableau 10 : Types d'engrais utilisés.....	42
Tableau 11: Quantité récolté en kg par blocs pour chaque variété	45
Tableau 12 : Résultats des levées pour chaque variété.....	46
Tableau 13 : Nombre de feuille	47
Tableau 14 : Mesures de longueur des tiges	48
Tableau 15 : Nombre de caïeux par plants	49
Tableau 16: la quantité d'ail avec tige	50
Tableau 17 : Analyse des variances	51

Introduction

Introduction

L'ail, est un des condiments ou aromates qui participent au plaisir de la cuisine au même titre que l'oignon et l'échalote, La partie consommée est le bulbe constitué de caïeux. Le légume est nutritif et utilisé en médecine traditionnelle contre la diarrhée, les maux digestifs, l'hypertension artérielle et contre un certain nombre de toxines et venins dont le venin des scorpions et de certaines espèces de serpents. Il est riche en vitamines et en sels minéraux.

La production mondiale d'ail à destination du frais et de la transformation s'élève à un peu plus de 24 millions de tonnes. 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. La France est le 4^e producteur d'ail en Europe et a recours aux importations, principalement d'Argentine et d'Espagne.

L'Algérie occupe une place assez faible dans le monde avec une superficie de 8 000 à 12 000 et une production de 80 000 à 92 000 T/ an pour les dernières années. Ceci apparaît comme très faible comparativement à la culture de pomme de terre (125 000 ha) selon Mr Boudermine, cette diminution de production est imputable à plusieurs facteurs dont les principaux sont l'absence 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 végétaux (gamme variétale très réduite) de ce fait l'objet de notre travail qui consiste en une comparative et comportemental pour mieux cibler et développer la semence de base devant servir à la mise en place des champs d'ail.

Ce teste servira également à une meilleure mise en évidence des techniques culturales non maîtrisées (goutte à goutte, paillage, fertirrigation raisonnée) conditionnée nécessaire pour améliorer les rendements.

Première partie

Synthèse bibliographique

Chapitre 01

Importance économique

1. Importance économique :

1.1 Dans le monde :

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), la production mondiale d'ail à destination du frais et à la transformation s'élève à un peu plus de 24 millions de tonnes. 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'observation par continent, d'après la FAO, des capacités de production apporte des informations complémentaires. L'Asie, avec 21,5 millions de tonnes, poursuit son développement, tirée par les productions chinoise mais aussi et en moindre proportion, indienne. L'augmentation très forte du potentiel chinois proviendrait d'une hausse des surfaces cultivées (multipliées par 1,4) et surtout des rendements (24t/ha vs 14 t/ha début 2000).

La production européenne atteint globalement près de 790 000 tonnes d'ail. Cette production stagne en raison d'évolutions contraires selon les pays : certains à la baisse comme en France, Roumanie, Italie et Espagne alors que les deux leaders (Fédération de Russie et Ukraine) voient leur potentiel augmenter. Pour les gagnants, ce sont les rendements qui progressent tandis que les perdants subissent une réduction des surfaces cultivées.

Le continent américain, avec un potentiel de 670 000 tonnes, accuse une réduction de son potentiel. Une diminution qui s'explique en grande partie par une baisse des surfaces cultivées aux Etats Unis d'Amérique. L'Argentine voit ses volumes diminuer mais du fait d'une baisse des rendements. Les relatives bonnes performances des autres pays du continent ne parviennent pas à compenser la baisse du leader américain.

Pour un potentiel de 620 000 tonnes, la progression du continent africain dépend essentiellement des pays outsiders et en particulier de l'Ethiopie et de l'Algérie. La progression du leader africain qu'est l'Egypte demeure moins dynamique et surtout plus contrastée sur la période, même si celle-ci se révèle positive. Les surfaces progressent en Ethiopie tandis que les rendements sont à la hausse en Algérie et plus légèrement en Egypte.

(FAO-Ctifl, 2016)

Tableau 01 : la production mondiale d'ail (FAO-Ctifl 2016)

	Moy2000-2002	Moy2011-2013	
Monde	11716116	23584296	100%
Asie	9854518	21500956	91%
Chine continentale	8060000	18675933	79%
Inde	507 133	1 181 600	5%
République de Corée	423 985	348 788	1,5%
Bangladesh	40 000	222 254	0,9%
Myanmar	82 025	212 534	0,9%
Europe	789 503	787 421	3,3%
Fédération de Russie	217 897	235 368	1,0%
Ukraine	128 600	176 300	0,7%
Espagne	180 342	156 254	0,7%
Roumanie	74 541	62 709	0,3%
Italie	31 403	28 698	0,1%
Bélarus	0	24 957	0,1%
France	30 870	18 793	0,1%
Amérique	701 394	671 224	2,8%
Etats unis	258 667	187 348	0,8%
Argentine	136 077	128 425	0,5%
Brésil	100 189	117 511	0,5%
Pérou	59 112	84 013	0,4%
Mexique	50 833	57 032	0,2%
Afrique	369 243	623 202	2,6%
Egypte	223 992	279 721	1,2%
Ethiopie	58 490	172 170	0,7%
Algérie	35 032	74 897	0,3%

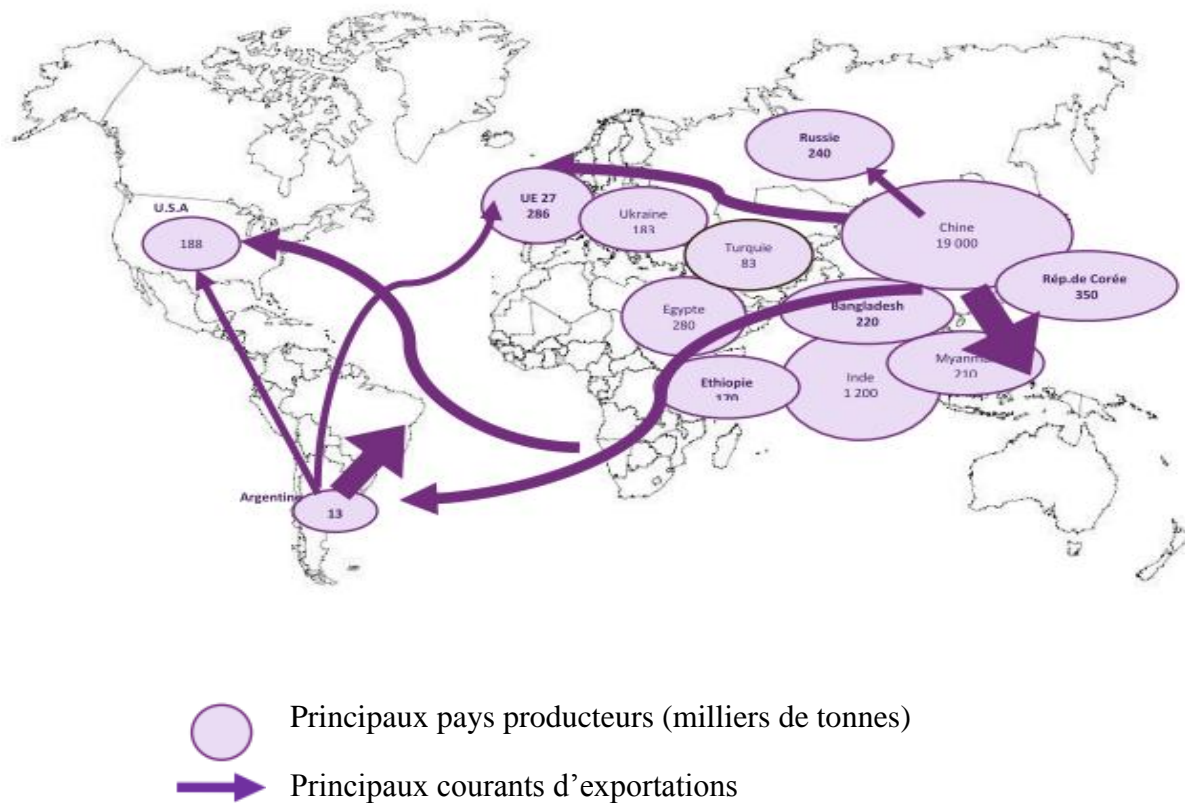


Figure 01: Production et échanges d'ail dans le monde. (FAOSTAT, moyennes 2011-2013)

1.2 Les échanges mondiaux :

Il s'échange environ 1,8 millions de tonnes d'ail par an dans le monde.

Comme pour la production, on peut distinguer trois grandes zones d'échanges d'inégale importance. Le continent asiatique - dont la Chine - concentre entre 60 et 80 % des échanges internationaux, suivi des Amériques et de l'Europe qui se partagent dans des proportions plus ou moins proches le restant.

Ce commerce a quasiment doublé depuis le début des années 2000. Le dynamisme des échanges internationaux est largement porté par l'essor de l'ail chinois. Sur le marché asiatique, les volumes et les prix progressent tandis que la croissance des marchés américain ou européen découle principalement d'une hausse des prix plus que des volumes échangés.

(Ctifl, 2016)

1.3 En Algérie :

- **Niveau national :**

* superficie : 8000 à 12000 ha

* production : 80 000 à 92 000 T/an

- Rendement (fane + bulbes) = **500 à 700 qx/ha**

- Rendement bulbes avant séchage (à la récolte) = **200 à 300 qx/ha**

- Rendement bulbes après séchage = **120 à 180 qx/ha**, après séchage complet et stockage \approx à **100 à 160 qx**

- **Projection 2019 :**

* Superficie = 14000 ha

* Production = 98000 ha

* Consommation = 2,25 kg/an

Tableau 02 : Superficie et production (niveau national) Mr. BOUDERMINE (ITCMI)

Année	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
2006	11433	535132	46,8
2007	11976	545628	45,6
2008	11456	559251	48,8
2009	11193	599323	53,5
2010	10574	644938	61
2014	9197	92 000	100,3

Nous notons d'après ce tableau que si les superficies ont stagné ou diminué, la production et les rendements ont augmenté. Ceci est dû en grand partie à l'évolution du niveau de technicité et des opérations culturales.

- **Wilaya potentielles de superficie (≥ 350 ha) :**

* Mila- Batna- Biskra- Skikda- El oued- Souk Hras- Tiziouzou- Boumerdès- M'sila- Médéa

Tableau 03 : Superficie des hauts plateaux Est pour l'année 2015/2016

Mr. BOUDERMINE

Wilaya	Superficie (ha)
Batna	810
Mila	768
Biskra	805
El oued	500
M'sila	370
Oum el Bouaghi	149
Constantine	250
Sétif	169
Tébessa	120

- **Problématique :**

- Absence de semences certifiées
- Absence de mécanisation
- Problèmes de main d'œuvre
- Récolte avant maturité (non conservable)
- Filière non organisée
- Gamme variétale très réduite.

Chapitre 02

Généralité sur l'ail

1. Description botanique :

Tout comme l'oignon ou le poireau, l'ail fait partie du genre *Allium*, l'un des plus vastes ensembles qui comprend entre 600 à 750 espèces. Tandis que l'origine des différentes espèces d'*Allium* demeure incertaine, des faits attestent que l'ail et l'oignon auraient d'abord été domestiqués dans les régions montagneuses de l'Asie Centrale, le nord de l'Iran, l'Afghanistan et le Pakistan et auraient été probablement introduits au Moyen -Orient par Marco Polo et autres voyageurs via les routes de la soie et des épices. Toutefois, l'ail est aussi signalé en Égypte où il était cultivé à l'époque des pharaons (Messiaen, 1996).

Classification botanique

Règne	Plantae
Sous- règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Sous classe	Liliidae
Super – ordre	Liliiflorae
Ordre	Asparagales
Famille	Alliacées
Tribu	Alliae
Genre	<i>Allium</i>
Non binominal	<i>Allium sativum</i> L., 1753

2. Description de la plante:

L'ail ou *Allium sativum* est une espèce de plante potagère vivace monocotylédone dont les bulbes, à l'odeur et au goût fort, sont souvent employés comme condiment en cuisine. Une tête d'ail se compose de plusieurs caïeux ou gousses d'ail. Son nom vient du celtique all (qui veut dire brûlant) et les Grecs l'appelaient la Rose puante. Cette plante est très rependue en région méditerranéenne, elle est herbacée, bulbeuse et vivace, assez grande, à nombreuses feuilles engainant le bas de la tige et mesure 5 à 12 cm de hauteur.

La partie utilisée en phytothérapie est le bulbe cru ou cuit mais aussi en sirop, en décoction et en solution alcoolique (Dr. Alice GergesGeagea, 2015).

3. Morphologie :

L'ail est une plante bulbeuse, annuelle qui se reproduit uniquement par voie végétative, à partir de bourgeons latéraux communément appelés caïeux. A l'état végétatif, l'ail comme tous les *Allium*, présente une tige réduite à un « plateau » conique qui produit à sa base des racines et à sa partie apicale une succession de feuilles linéaires et alternes dont les gaines cylindriques s'emboîtent les unes dans les autres, formant ainsi une pseudo-tige ou « fût ». La partie libre du limbe est rubanée, pliée en gouttière, d'un vert glauque ou gris. Les feuilles deviennent scariées à leur base lors de la tubérisation des bourgeons et constituent les tuniques du bulbe.

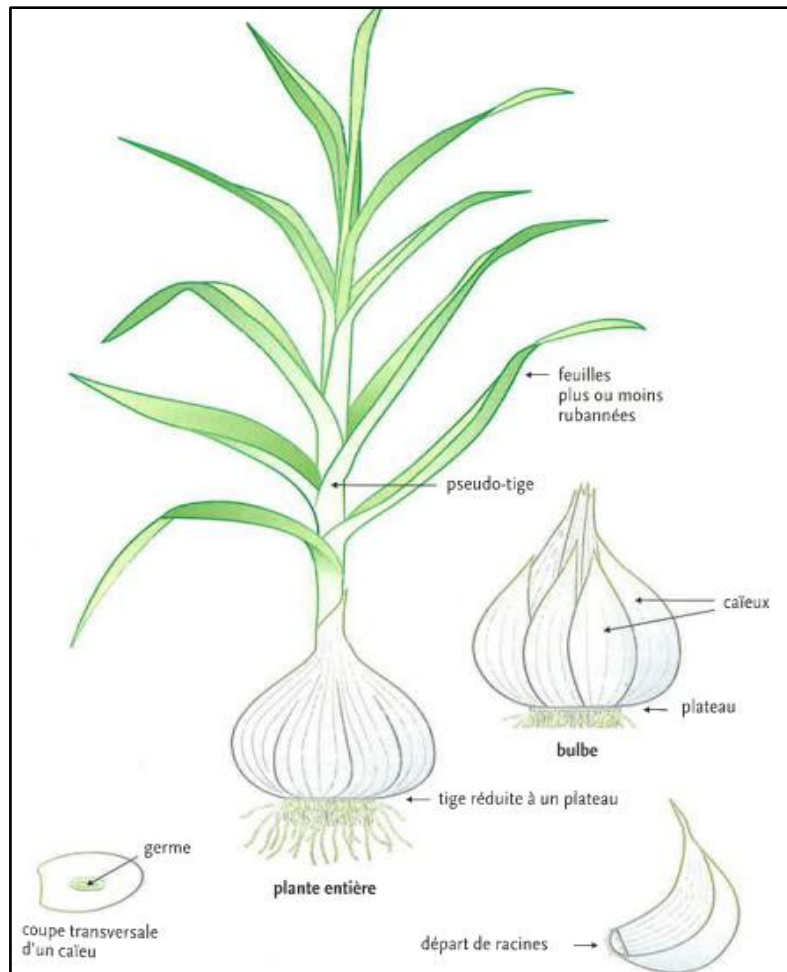


Figure 02 : Dessins d'une plante d'ail, d'un bulbe et d'un caïeu

3.1 Feuilles: Les feuilles, érigées à étalées, parfois cylindriques, linéaires à rubanées, basales ou engainant les tiges, dégagent une odeur forte quand on les froisse. Elles se flétrissent souvent lors de la floraison.



Figure 03 : feuilles de la plante d'ail (photo originale, 2017)

3.2 Fleurs: Les fleurs, à base tubulaire, forment des clochettes, des étoiles ou des coupes, en ombelles généralement sphériques, parfois hémisphériques, ovoïdes, ou pendantes. Elles mesurent de 1 à 3cm de diamètre.



Figure 04: fleurs de la plante d'ail

3.3 Bulbes :

Le bulbe est formé de 5 à 20 caïeux qui proviennent de l'épaississement (tubérisation) des bourgeons axillaires. Ils sont constitués d'une seule gaine charnue, sans limbe, coiffant entièrement le bourgeon central ou germe, entourée d'une ou deux tuniques minces qui deviennent sèches et papyracées et qui servent de protection lors de la conservation et de la germination. La section des caïeux centraux est polygonale car entourés d'autres caïeux, les caïeux externes sont en forme de tranche de mandarine.



Figure 05: les caïeux d'un bulbe d'ail

4. Structure :

La tête d'ail ou bulbe d'ail est construit sur le même modèle qu'un bulbe d'oignon avec deux différences qui en font sa particularité :

-les écailles provenant de la base des feuilles ne sont pas charnues mais sèches alors que les bourgeons sont développés et charnus.

-les bourgeons formés à l'aisselle des écailles sont nombreux et forment autant de bulbilles (caïeux ou gousses d'ail).



Figure 06: Tête d'ail en coupe longitudinale.

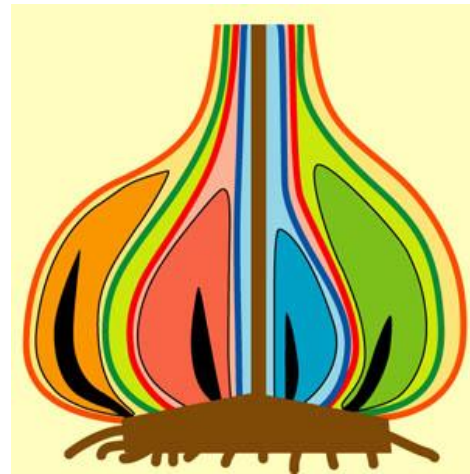


Figure 07 : Schéma d'une coupe longitudinale de tête d'ail



Figure 08 : Tête d'ail coupée transversalement et coloriée

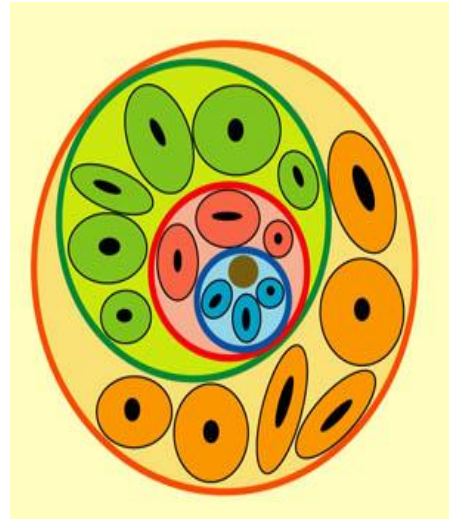


Figure 09 : Schéma d'une coupe transversale de tête d'ail

5. Cycle de développement :

Le cycle de l'ail se déroule sur quatre phases:

5.1 .La période de dormance :

Durant laquelle le bulbe récolté à maturité (c'est-à-dire lorsque les feuilles sont partiellement sèches) est à l'état dormant. Il est incapable de germer durant une période dont la durée dépend des températures de conservation et de la variété. Seule une exposition à des températures fraîches permet de lever cette dormance. La température la plus efficace se situe aux alentours de 7,5 °C pour les types Blanc de la Drôme, mais cette valeur peut ne pas représenter l'optimum pour tous les groupes (Messiaen, 1993).

5.2. La croissance et la sénescence des parties aériennes:

Celles-ci ont été étudiées par L. Espagnacq en 1988 sur quatre variétés françaises, une variété dite alternative: « Rose de Lautrec » et trois variétés d'automne: « Messidrôme », « Blanc de Lomagne » et « Germidour ». Les conclusions sont les suivantes: Le « zéro de végétation », température la plus basse au-dessus de laquelle la croissance est positive, se situe, pour les variétés étudiées, à 0°C. La somme des températures, calculée à partir du seuil 0 °C, nécessaire à l'émission d'une nouvelle feuille, va de 97 degrés -jour pour les variétés d'automne à 100 degrés-jour pour l'ail Rose de Lautrec et ce, quelle que soit l'année. " Le nombre final de feuilles des variétés d'automne est donc logiquement supérieur à celui de la variété alternative: 13 à 14 feuilles pour les variétés d'automne et 10 à 12 pour Rose de Lautrec. En fin de cette phase végétative, l'extrémité des feuilles jaunit puis se dessèche (L. Espagnacq, 1988).

5.3. La croissance des bulbes ou bulbaison :

Les bourgeons axillaires, situés à l'aisselle des feuilles rubanées, se différencient et se renflent en caïeux, dont l'ensemble constitue le bulbe. Le poids du bulbe augmente dès que la croissance des parties aériennes s'arrête. Le suivi du rapport du diamètre du bulbe sur le diamètre du caïeu initialement planté (indice de bulbaison) permet de mettre en évidence trois phases de croissance du bulbe: « une première phase au cours de laquelle, le diamètre du bulbe correspond à celui du caïeu. Les premières feuilles se développent à partir des réserves de ce caïeu. Une deuxième phase durant laquelle l'indice de bulbaison reste stable. La jeune plante a épuisé les réserves du caïeu. La croissance des parties aériennes et souterraines est équivalente. La troisième phase durant laquelle l'indice de bulbaison augmente avec le poids sec du bulbe. Les parties aériennes ont fini de croître à ce moment. Puis le bulbe grossit régulièrement jusqu'à la récolte» (L. Espagnacq, 1988).

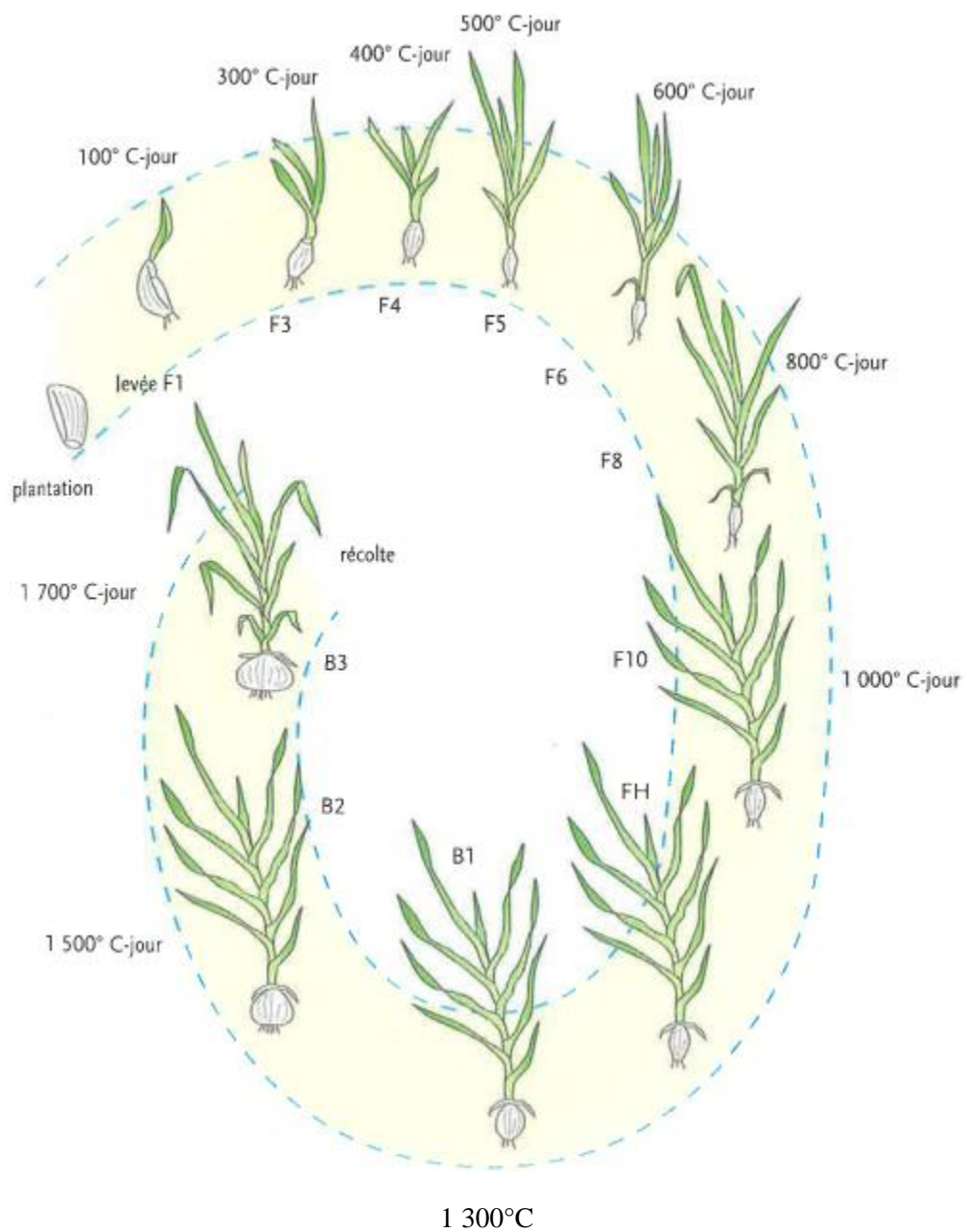
5.4. La montaison et la mise à fleur:

Dans les conditions normales de culture, le bourgeon central du bulbe-mère avorte, il évolue en hampe florale qui, d'abord droite, passe par un stade «crosse», puis fait une boucle sur elle-même et se redresse par la suite. Cette hampe florale forme à l'intérieur d'une spathe, une inflorescence de type ombelle composée à la fois de boutons floraux et de bulbilles.



Figure 10 : hampe florale (photo originale , 2017)

Il existe un antagonisme entre bulbaison et floraison, la hampe florale est supprimée pour éviter toute concurrence avec les caïeux; la partie basale demeure cependant au centre du bulbe en se desséchant, d'où le nom « ail à bâton». Si les fleurs ne sont pas soumises à la concurrence des bulbilles, ce qui est possible en faisant l'ablation des bulbilles avant l'éclatement de la spathe, elles s'épanouissent et peuvent produire des graines. La figure 11 décrit les stades phénologiques au cours du cycle de développement de l'ail pour la variété Messidrôme (variété d'automne) (L. Espagnacq, 1988).



F1 à F10: phases de croissance végétative

FH : production d'une hampe florale

B1 à B3 : grossissement du bulbe

Figures 11: Les stades phénologiques d'ail (variétés d'automne) (L.Espagnacq, 1988)

6. Physiologie de la bulbaison et de la montaison :

Sur le plan physiologique, la bulbaison se fait en deux phases :

- La première est la phase de différenciation des bourgeons axillaires qui deviendront les caïeux, pour laquelle des températures froides, voisines de 7 °C sont requises.

-La deuxième phase est le renflement des caïeux qui demande une période de jours croissants, accompagnée de températures élevées de l'ordre de 20 °C-25 °C. Si les températures basses surviennent trop tôt et sur une longue période avant que s'installent les conditions thermo-photopériodiques favorables au grossissement du bulbe, les bourgeons émettent des feuilles axillaires avant leur transformation en caïeux et les bulbes en résultant sont difformes. Des plantations trop tardives, avec des expositions insuffisantes aux basses températures, induisent la production de bulbes à caïeu rond unique.(Pichon, 1993)

Quand les températures sont inférieures à 17 °C, le grossissement des caïeux se fait plus lentement. À partir de 28 °C, il est inhibé. Les hampes florales demandent, elles aussi, un besoin en froid pour leur émission, l'optimum se situant aux alentours de 2 °C-3 °C, puis un besoin en jours longs pour leur élongation.(Takagi, 1990).

7. Conditions de culture :

La culture de l'ail se fait dans une large gamme de sols, mais préférablement des sols légers, bien drainés, riches en matière organique et qui possèdent une bonne capacité à retenir les éléments nutritifs ainsi que l'humidité.

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 trop légers exigent une régie de culture plus rigoureuse afin d'assurer le maintien de la fertilité des sols et l'humidité nécessaire. La grosseur des bulbes est directement liée à la croissance végétative de la plante : plus la tige sera grande et développée avant l'initiation du développement du bulbe et des gousses, plus les rendements seront élevés (Oregon State University, 2004). Le pH idéal se situe entre 6,5 et 7,0 et le chaulage doit être ajusté avant la plantation. Les caïeux peuvent tolérer des gels allant 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).

8. Compositions d'ail :

Si en comparaison des autres fruits et légumes frais, l'ail est relativement pauvre en eau, environ 60 % contre 85 à 90 % en général, au niveau énergétique, il apporte près de 100 kcal/100 g, ce qui est relativement élevé. Toutefois, compte tenu des portions habituellement consommées, cela reste relativement modeste voire négligeable, moins de 4 cal pour une gousse (3 g). De même, si l'ail est une source de nutriments intéressants pour la santé humaine tels que la vitamine C, le manganèse, le fer, le cuivre, la vitamine B6, le phosphore, le potassium et le sélénium, ses niveaux de consommation font que son apport en ses composés reste au final relativement limité.

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. Il renferme également des antioxydants tels que des flavonoïdes (composés polyphénoliques) des tocophérols (vitamine E) susceptibles de jouer un rôle au niveau de la prévention des maladies cardiovasculaires et cancers.

Comme indiqué ci-dessus, l'ail contient des composés soufrés en quantités importantes qui sont à la fois responsables de son odeur, de sa saveur caractéristiques et également d'effets observés sur la santé. La forte odeur si caractéristique de l'ail est due à la présence de l'alliine, constituant majoritaire du bulbe (-1 %), qui est à la base dépourvu d'odeur. Quand on broie, on coupe ou on écrase une gousse d'ail, cela provoque la libération d'une enzyme, l'alliinase, qui transforme alors immédiatement l'alliine en allicine, qui est la substance odorante caractéristique de l'ail frais.

9. Propriétés Thérapeutiques et Indications de l'Ail:

Une alimentation riche en ail diminue l'agrégation plaquettaire et augmente légèrement l'activité fibrinolytique. Ces deux actions combinées confèrent à l'ail des vertus antithrombotiques. En améliorant ainsi la circulation sanguine, l'ail possède une action bénéfique sur l'hypertension artérielle.

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) considère comme « cliniquement établi » l'usage de l'ail comme un « traitement adjuvant » aux mesures alimentaires destinées à diminuer les taux de lipides dans le sang et admet que l'ail « peut être utile lors d'hypertension artérielle modérée ».

Des travaux modernes ont révélés également un effet bactériostatique et antifongique de l'ail et l'OMS considère comme « traditionnel » l'usage de l'ail dans « le traitement des infections respiratoires, des vers intestinaux, des troubles digestifs et de l'arthrose ».

Les propriétés de l'ail sont dues à la présence de substances de nature soufrée, l'alliine et l'ajoène dont il est important de prévenir la dégradation par les sucs digestifs. C'est pourquoi l'emploi de comprimés à enrobage entérosoluble ou gastrorésistant favorise la formation d'allicine dans les intestins plutôt que dans l'estomac où elle risque d'être détruite par les sucs gastriques, ce qui lui permet d'exercer une activité systémique. Ce type de comprimé permet également de réduire la mauvaise haleine causée par la consommation de l'ail (Dr. Alice GergesGeagea 2015).

Chapitre 03

Itinéraire technique

1. Les principales variétés :

Il existe un très grand nombre de variétés différentes d'ail selon leur taille, leur couleur et leur saveur. On distingue principalement deux sous-espèces d'ail, en fonction de la saison où les plants sont mis en terre, l'une en automne, l'autre au printemps. On parlera fréquemment d'ail blanc pour celui cultivé en automne et de rose pour celui du printemps. Cependant, ce raccourci n'est pas totalement juste. Ces deux sous-espèces comprennent plusieurs variétés horticoles, qui peuvent être labélisées selon leurs régions de production et leurs caractéristiques. Par exemple, l'Ail rose de Lautrec, l'Ail blanc de Lomagne ou encore l'Ail violet de Cardour, sont tous originaires de Midi-Pyrénées. Il existe également l'Ail fumé d'Arleux, de la région du Nord-Pas-de-Calais.

Tableau 04 :Les variétés d'ail d'automne (DAVID., 1991).

	Couleur des bulbes	Dormance	Précocité à la récolte	Conservation	Observation
Thermidrome	Blanc	Moyenne	20 juin	Moyenne	Tendance à « violacer »
Messidrome	Blanc	Moyenne	20 juin	Moyenne	
Corail	Blanc	Moyenne	Tardif (25/26)	Moyenne	Rustique
Jolimant	Blanc	Moyenne	20 juin	Moyenne	
Germidor	Violet	Moyenne	Précoce (début 06)	Moyenne	Tendance à la verse

Tableau 05 :Les variétés d'ail de printemps(DAVID., 1991).

	Couleur des bulbes	Dormance	Précocité à la récolte	Conservation	Observation
Goulurose	Rose	Elevée	Tardive	Bonne	Hampe florale
Ibérose	Rose	Elevée	Tardive	Bonne	Hampe florale
Edenrose	Rose	Elevée	Tardive	Bonne	Hampe florale
Jardirose	Rose	Elevée	Tardive	Bonne	Hampe florale
Arno	Blanc	Elevée	Tardive	Bonne	Pas de hampe florale

Autres variétés : Clédor – Cristo – Printanor...

- Variétés les plus cultivées en Algérie :

Rouge local, Rouge de Béchar, Rose de Kabylie, Violet de Kadours (Mr, BOUDERMINE)



Messidrome



thermidrome



Jolimant



jardirose



Printanor



germidour



Corail



ibérose

Figure 12 : les différents variétés d'ail

2. Mise en place de la culture**2.1 Époque de plantation :**

Il n'existe pas chez l'ail des types variétaux « automne » et « printemps » marqués, comme chez le blé par exemple: toutes les variétés peuvent être plantées aussi bien en novembre qu'en mars. Cependant, il est inutile de planter à l'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: les bulbes seront surgoussés (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 rond. Il y a donc, pour chaque variété, une date optimale de plantation sous un climat donné. Les plantations précoces effectuées en novembre, sont sujettes au surgoussage (Messiaen C.M., 1996).

2.2 Types de sol et choix de la parcelle :

L'ail peut être cultivé sur une large gamme de sols. Les sols argilo-calcaires peu caillouteux et se ressuyant bien ou les sols limono-argileux non battants conviennent tout à fait. Les sols trop légers sableux sont à éviter, sauf s'ils ont la possibilité d'être irrigués et les sols acides décalcifiés sont peu favorables. Comme pour la plupart des cultures, les sols avec un fort taux de matière organique sont idéaux en raison de leur forte capacité de rétention en eau et de leur richesse en éléments nutritifs. Le précédent cultural est primordial dans le choix de la parcelle, de même que la rotation avec une culture du genre *Allium* (ail, oignon, échalote, poireau, ciboules...) pour laquelle 5 ans minimum sont à respecter en raison des risques sanitaires (champignons du sol et nématodes principalement). Revanche, les légumineuses (féverole, vesce...), pourvoyeurs d'azote, le colza et le blé sont considérés comme de bons précédents (Ctifl, 2012)

2.3 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. 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. 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.

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).

2.4 Préparation des caïeux pour la plantation :

Les caïeux sont détachés des bulbes (« égoûssage ») 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'égoûsser 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 adaptation des densités de plantation en fonction du calibre planté est toutefois nécessaire. Les caïeux ainsi défaits devront être mis en terre le plus rapidement possible.(Ctifl, 2012)



Figure 13: la préparation des caïeux pour la plantation

2.5 Calibre des caïeux et densité de plantation

Rappelons que le rendement en bulbes est lié au nombre de caïeux plantés. Les densités de plantation pratiquées jusqu'au début des années 2000 étaient de l'ordre de 160 000 caïeux/ha pour l'ail d'automne et de 190 000 caïeux/ ha pour l'ail de printemps (F. Regourd, 2008)

2.6 Plantation :

Dans la plupart des exploitations, la plantation est réalisée de façon mécanique ou pneumatique. Les planteuses mécaniques sont à rangs simples (nombre de rangs allant de 3 à 15) ou à rangs doubles (nombre de rang de 3 à 10). Les planteuses pneumatiques sont à rangs simples ou doubles avec un nombre de rangs allant de 3 à 6.

La mise en terre des caïeux est moins régulière qu'à la main, mais elle est plus rapide, moins pénible et d'un moindre coût. Avec la plantation pneumatique, le taux de levée, le rendement et la qualité sont supérieurs à la plantation mécanique. Toutefois, l'orientation du caïeu dans la terre est moins bien contrôlée avec répercussion sur la rapidité de levée: dans l'ordre, caïeux plantés droit germe vers le haut - caïeux plantés germe couché - caïeux plantés germe vers le bas. Le taux d'émergence et la taille des bulbes sont inférieurs pour les caïeux plantés germe en bas mais, au final, la différence de qualité des bulbes est faible (Messiaen, 1993).



Figure 14: la plantation des caïeux d'ail

2.7 Fertilisation :

2.7.1 Rôle des éléments minéraux majeurs :

- **L'azote** : 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 la baisse du taux de matière sèche des bulbes.

- **Le phosphore** : à des effets proches de ceux décrits pour l'azote hormis pour la production des caïeux par bulbe, moins liée au niveau de fertilisation phosphatée qu'à celui de l'azote. De même, le phosphore intervient peu sur le taux de sucres et la densité spécifique des bulbes.

- **Le potassium** : agit positivement sur le poids des bulbes, le rendement. Antagoniste du calcium, il peut participer à une déficience en calcium des tissus en formation.

- **Le calcium** : est un constituant des parois cellulaires et agit sur leur perméabilité. Il est impliqué dans la manifestation du Waxy breakdown en interaction avec de nombreux facteurs (climatiques, agronomiques, nutritionnels...).

- **le soufre** : entre dans la composition des composés aromatiques des bulbes et, à ce titre, joue un rôle important au niveau de l'ail.

2.7.2 Consommation en éléments minéraux :

La consommation en éléments minéraux est liée au développement de la culture. Dans des conditions pédoclimatiques et agronomiques favorables permettant à la plante d'exprimer au mieux son potentiel de production.

La redistribution des éléments au profit du bulbe, organe de réserve, est liée au développement de celui-ci. Ainsi, jusqu'au stade bulbaison, la nutrition azotée du bulbe résulte d'une mobilisation des réserves accumulées dans les feuilles. Par la suite, outre le transfert partir des feuilles, qui jaunissent et dessèchent, l'azote est aussi fourni par les racines. Avec la bulbaison qui marque la fin de l'initiation des feuilles et le point de départ du grossissement du bulbe, les quantités en éléments minéraux augmentent dans cet organe parallèlement à sa production de biomasse. L'évolution du ratio de répartition des éléments entre les différentes parties de la plante (L. Espagnacq, 1988).

2.8 Irrigation

2.8.1 Besoins en eau de la culture

L'enracinement de l'ail, clairsemé et peu profond, se limite aux premiers 60 centimètre du sol. Les racines sont relativement grosses et les poils absorbants quasiment inexistants. En conséquence, le sol doit être maintenu à bonne humidité, surtout dans l'horizon supérieur 0-30 cm. Toutefois, à la plantation, si le sol est sec, il est nécessaire d'irriguer pour permettre la croissance des racines et assurer une bonne levée et éviter ainsi les pourritures des caïeux (*Penicillium*) lors de la formation des caïeux et du grossissement des bulbes, période de besoins les plus importants. Toute déficience en eau durant cette période entraîne une perte de rendement. L'irrigation est ensuite particulièrement nécessaire en cas de déficit pluviométrique, lors de la formation des caïeux et du grossissement des bulbes, période de besoins les plus importants. Un sol sec et tassé durant cette période peut aussi entraîner des déformations de bulbes. Elle doit être maintenue jusqu'à maturité complète de l'ail.

2.8.2 Modes d'apport

2.8.2.1 Aspersion :

L'aspersion est la règle générale, soit avec enrouleur, soit par arroseurs. Le matériel d'irrigation étant destiné à plusieurs cultures (blé, tournesol, betterave, maïs...), c'est l'aspersion avec enrouleurs qui est la plus utilisée, bien que ce système présente des inconvénients importants (faible apports difficilement gérables, phénomène de battance, répartition inégale...).

Pour ces différentes raisons, le système d'irrigation en couverture intégrale (arroseurs sur perches et tubes polyéthylène ou aluminium) est mieux adapté à une culture telle que l'ail.

Le matériel occasionnant une répartition de l'eau trop fine, sensible au vent et entraînant une répartition de l'eau hétérogène, devra être évitée.



Figure 15: Irrigation d'ail par aspersion

2.8.2.2 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. 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 (fertirrigation), ce qui facilite et optimise la fertilisation, notamment sous filet insecte-proof. Elle peut aussi améliorer l'état sanitaire en limitant le lessivage des produits de protection des cultures et en ne mouillant pas le feuillage des plantes alors moins réceptif aux maladies fongiques. Cette technique est particulièrement intéressante dans les situations où la disponibilité en eau est faible. Les gains à attendre se situent au niveau du rendement et des économies d'intrants. Ils sont à apprécier, selon les situations, au regard du surcoût engendré (gainnes, pompes, filtration, main-d'œuvre, etc.).



Figure 16: Irrigation d'ail par le goutte-à-goutte (photo originale, 2017)

2.9 Désherbage :

L'ail se développe lentement et son cycle de culture est long: le désherbage s'impose surtout pour l'ail implanté à l'automne. Il se fait essentiellement par voie chimique, car cette pratique est relativement facile à mettre en œuvre et garantit une propreté convenable des parcelles. Cependant, d'autres techniques mécaniques ou agronomiques existent et, utilisées seules, combinées entre elles et/ou associées au désherbage chimique, elles peuvent aussi garantir un désherbage de qualité.

2.9.1 Désherbage chimique :

Actuellement, seulement 6 substances actives sont inscrites à l'annexe I de la directive 91/414/CE du 15 juillet 1991, utilisables sur ail, dont 4 pour lutter contre les adventices dicotylédones et 2 pour lutter contre les adventices graminées. Une substance active est en cours d'évaluation et pourrait être retirée. Bien que ces substances appartiennent à des familles différentes, donc ayant des spectres d'efficacité complémentaires, le désherbage chimique de l'ail devient de plus en plus difficile en raison de la raréfaction des démarches à l'homologation.

2.9.2 Désherbage mécanique:**2.9.2.1 La technique du faux-semis :**

Le faux-semis consiste à préparer un lit de semence plusieurs semaines avant la mise en place de la culture pour faire lever les adventices et les détruire aussitôt après. 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. En production d'ail, un ou plusieurs déchaumages superficiels suivis d'un roulage peuvent être effectués trois à quatre semaines avant la plantation. Lors de conditions d'humidité du sol favorables à la germination. La destruction du faux-semis doit se faire de préférence par des moyens mécaniques, tels la herse étrille qui ne travaille qu'en surface et ne remonte pas ainsi de nouvelles graines. Si cette technique a des avantages sur la lutte contre les adventices et également contre les ravageurs du sol (destruction des abris et des œufs), elle a aussi ses limites: la préparation du sol doit se faire longtemps avant l'implantation de la culture, elle nécessite des conditions climatiques favorables à la germination des adventices et elle ne s'applique qu'aux herbes annuelles car elle ne détruit pas les vivaces.

2.9.2.2 Le binage et le sarclage :

La technique qui consiste à couper ou à déraciner les jeunes adventices permet, par ailleurs, de détruire la croûte de battance, d'aérer, de réchauffer le sol et de favoriser la nitrification. Elle offre l'occasion de faire un apport d'engrais à l'aide de systèmes combinés (trémie à l'avant du tracteur et tubes de descente entre les rangs).

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.

2.9.3 Les techniques agronomiques

Certaines pratiques agronomiques peuvent compléter les techniques précédentes dont aucune utilisée seule n'est efficace à 100 %.

2.9.3.1 La rotation des cultures :

La rotation des cultures représente un intérêt pour l'ail. En effet, outre son aspect obligatoire pour limiter les problèmes parasitaires, elle permet, par la succession de différentes espèces cultivées, de limiter la multiplication et le développement des adventices et de gérer le stock semencier du sol. En effet l'alternance des molécules utilisées pour le désherbage réduit les risques de résistances et rend plus facile la gestion à long terme des adventices.

2.9.3.2 Le paillage du sol :

Peu utilisée en culture d'ail; il aurait pourtant son intérêt : paillé en film noir ou opaque thermique; les adventices se développent peu, sauf dans les inter-planches et les trous de plantation, zones où des arrachages/binages ou sarclages restent nécessaires. Dans quelques secteurs de production précoce, le paillage se fait avec du film transparent, mais ceci nécessite un désherbage chimique avant la plantation.

Un avantage supplémentaire du paillage est le maintien de l'humidité du sol, ce qui permet de limiter les irrigations.



Figure 17: paillage du sol pour la culture d'ail (photo originale)

2.9.3.3 La solarisation :

Est une désinfection polyvalente utilisant l'énergie solaire, obtenue avant la plantation en recouvrant le sol d'un film plastique transparent de 30 à 50 μm d'épaisseur, après un arrosage à la capacité au champ, pendant trois semaines entre la fin mai et le 15 juillet. Le film plastique assure la transmission du rayonnement solaire au sol et permet une augmentation de sa température au-delà de 40 °C. L'eau stockée permet de diffuser la chaleur en profondeur par conduction, stérilisant ainsi la plupart des semences d'adventices. Afin de garantir l'efficacité de ce traitement, les conditions d'ensoleillement doivent être optimales durant les trois premiers jours suivant la pose du film. Ce procédé de désherbage (et de désinfection), qui demande beaucoup de rigueur dans sa mise en œuvre, peut donner de bons résultats dans le sud-est et le sud-ouest de la France, ainsi qu'en Rhône-Alpes, mais reste aléatoire dans les autres régions.

2.10 Suppression de la hampe :

Les variétés à col épais produisent une hampe. 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 production de bulbilles plutôt que pour le développement du bulbe. Supprimer les hampes en tirant dessus, en les brisant ou en coupant la tige juste après son recourbement et avant son redressement.

3. Types de dégâts et causes possibles :

Les différents types de dégâts pouvant être observés sur l'ail ainsi que leurs causes possibles sont présentés dans le tableau 6, 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 bioagresseurs, 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.

Tableau 06: Les principales maladies

TYPE	SYMPTÔMES	EPOQUE	METHODE DE LUTTE
ROUILLE <i>Puccinia allii</i>	Pustules orangées qui provoquent un dessèchement de la plante en cas de fortes attaques.	Avril-mai. Lorsque les attaques sont précoces on peut voir apparaître les pustules dès le mois de mars	Pas de produit agréé par le cahier des charges de l'AB et homologué
POURRITURE BLANCHE <i>Sclerotinium Cepivorum</i>	Jaunissement unilatéral des limbes. Apparition d'un mycélium blanc et de sclérotés sur les bulbes. Le champignon se conserve dans le sol de nombreuses années.	Les premiers dégâts peuvent apparaître dès le stockage. C'est au printemps que la maladie est la plus spectaculaire.	Semences certifiées. Rotation d'au moins 5 ans.
POURRITURES DIVERSES <i>Botrytis sp., Penicillium sp., Fusariumoxysporum</i>	Mauvaises levées. Plantes qui jaunissent et restent chétives. Pourriture des caïeux	Peuvent se manifester sur des caïeux en attente de plantation sous forme de mycélium grisâtre bleu-vert ou de pourritures molles. A la levée des plantes. Pourriture rose	Ne pas provoquer de blessures lors de l'égoissage. Favoriser une levée rapide.
SUIE <i>Helminthosporium allii</i>	Noircissement des écailles externes de l'ail (feutrage gris-noir)	En cours de conservation	Sécher rapidement
MOUCHE DE L'OIGNON	Enroulement des feuilles. Galeries dans la fausse tige et début de pourriture	Rare en année moyenne. Risque si printemps chaud	Pièges
NEMATODES	Eclatement du plateau racinaire et déformation du feuillage. Présence de liège	Printemps	Utiliser des semences certifiées. Rotation des cultures
VIRUS OYDV, LYSV	Mosaïques plus ou moins prononcées sur les feuilles	Se manifeste à partir du mois de mars	Utilisation de semences certifiées. Les traitements insecticides sont inefficaces
BACTERIOSE Maladie café au lait	Pourriture au niveau de la tige. Tâches marron sur bulbes	Printemps quand les conditions sont humides	Aucune. Eviter les excès d'azote et l'irrigation tardive
ACARIENS	Lésion jaune cireuse sur les feuilles. Poudrage ocre sur caïeux en conservation.	En végétation et en conservation.	Eviter les chocs sur bulbes. Thermothérapie sur semences



Symptôme de nématode sur l'ail



Symptôme de dégâts liés à la mouche



Dégâts de *thrips tabaci* sur feuille



Dégât de *Dyspessa ullula*



Dégâts d'*Acariatulipae*



Dégât de *fusarium* sur bulbe



Symptôme foliaire de la rouille



Symptôme d'*Alternaria* sur feuille

Figure 18 : Les différentes maladies et ravageurs de l'ail

4. Récolte**4.1 Traitement anti-germinatif**

Pour la production d'ail de consommation destinée à une commercialisation tardive, la durée de conservation peut être prolongée par un traitement qui inhibe la germination des bulbes et, de fait, diminue les pertes de poids. Ce traitement anti-germinatif est utilisé dans les cas où l'absence d'équipement de stockage ne permet pas naturellement une conservation de longue durée.

Actuellement, cinq spécialités - à base d'une même substance active: l'hydrazide maléique - sont homologuées pour ce traitement

Le stade de la plante auquel ce traitement doit être fait et les conditions d'application sont déterminants pour son efficacité: le feuillage doit être encore vert et en bon état, pour une bonne assimilation du produit. Mais une application trop précoce entraîne une altération de la fermeté des bulbes et une perte de rendement. La date d'application optimale est donc 15 jours avant la date présumée de récolte, en tenant compte du délai d'emploi avant récolte de ces produits (DAR) qui est désormais de 14 jours.

Les recommandations d'emploi sont les suivantes:

- Ne pas traiter en plein soleil, la température doit être inférieure à 25 °C et le séchage doit se faire lentement: ces conditions sont réunies plutôt en fin de journée.
- Une irrigation 24 heures à 48 heures après le traitement réduit son efficacité: on évitera donc de traiter si une pluie est annoncée le lendemain ou le surlendemain.
- Ce traitement ne doit pas suivre l'application d'un produit de contact. Il est recommandé d'attendre au moins 5 jours ou une pluie avant de le pulvériser.

4.2 Le stade de récolte

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. Au fur et à mesure de l'avancée en saison, les vieilles feuilles disparaissent au détriment de la couverture des bulbes.

C'est le comptage du nombre de peaux turgescentes qui couvrent les caïeux qui donne une idée sur l'état d'avancement de la maturité de la culture. D'une manière générale, le stade de récolte ultime est atteint lorsque les bulbes ne sont plus couverts que par 3 peaux. 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. Cette observation se fait en arrachant quelques plantes mais avec l'expérience, le comptage des feuilles vertes présentes en dessous des feuilles axillaires permet de connaître le nombre de peaux couvrant les caïeux, sachant que: une feuille verte = une peau sur les caïeux.

Dans l'exemple ci-dessous (figure 19), les feuilles n° 1, 2 et 3 situées sous les feuilles axillaires sont encore vertes, tandis que la feuille n°4 est desséchée: arraché à ce stade, le bulbe sera couvert par 3 peaux. (Regourd, 2009)

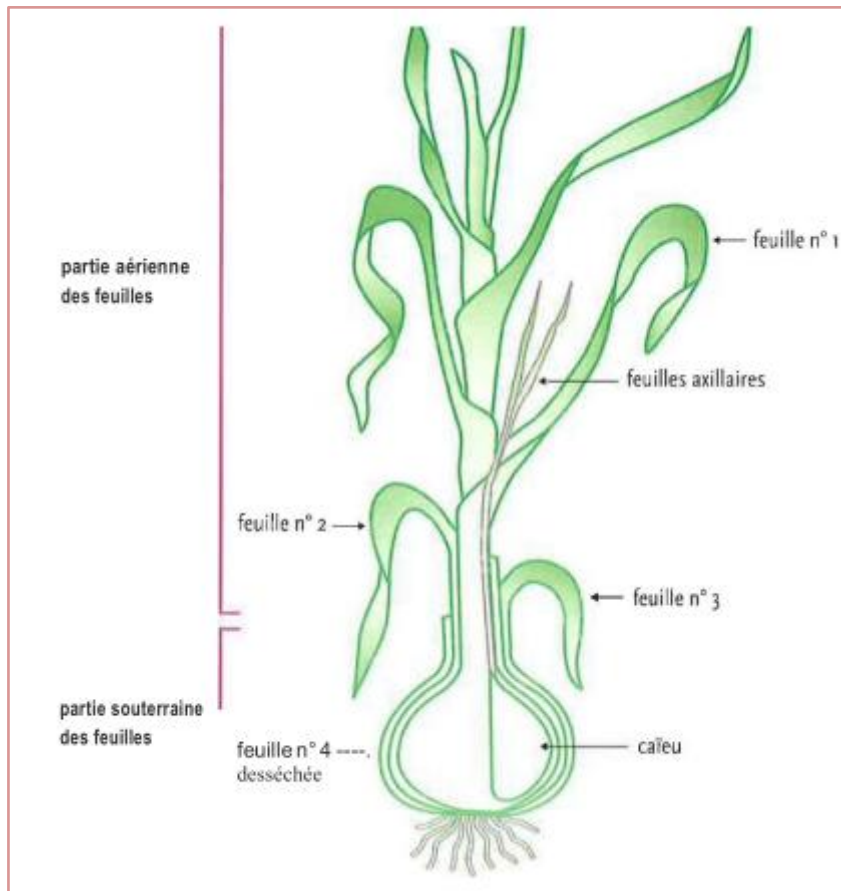


Figure 19 : Illustration du stade de récolte (F. Regourd)

5. Séchage

Le séchage est primordial pour obtenir un ail de qualité, sans « suies noires », provoquées par un champignon saprophyte *Embellisiaaallii* qui se développe quand l'humidité est élevée, ce qui est le cas de l'ail à la récolte et pendant le séchage. Du fait de la structure de l'ail, l'eau migre lentement des tuniques, des caïeux et des plateaux racinaires vers l'extérieur. Dans le cas de récolte effectuée en conditions difficiles, l'ail peut retenir dans ses racines une forte quantité de terre qu'il est souhaitable d'éliminer dans les premiers jours de séchage afin de ne pas freiner la circulation de l'air.

Différents systèmes de séchage sont alors possibles:

- traditionnel en fanes « à la barre » ou « à la pente »,
- en fanes en couloir ventilé,
- équeuté en palox,
- avec fanes en palox.

Les deux premiers types de séchage concernent les plantes qui ont subi un préséchage au champ, tandis que les deux derniers concernent plutôt les bulbes ou plantes récoltés mécaniquement, ainsi que les bulbes destinés à la semence.

Le séchage traditionnel de l'ail en paquet « à la pente » nécessite deux mois alors que le séchage dynamique de l'ail équeuté lors de la récolte, consistant à faire circuler un flux d'air à travers la masse d'ail pour favoriser l'évaporation de l'eau, permet d'obtenir un ail sec au bout de 4 semaines. La ventilation est réalisée jusqu'à ce que les bulbes aient perdu 35 à 40 % de leur poids initial, valeur à laquelle on considère que l'ail est sec.



Figure 20 : Séchage à la barre



Figure 21 : séchage en palox

6. Conservation

La réussite de la conservation est liée à l'état des bulbes à leur entrée : état sanitaire parfait, date d'arrachage optimale.

La conservation 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. De plus, la qualité sanitaire des bulbes revêt une importance encore plus importante que dans le cas des bulbes destinés à la consommation.

6.1 La conservation de l'ail de consommation

6.1.1 Les températures de stockage

Il existe deux possibilités différentes pour conserver l'ail avant la commercialisation. Soit jouer sur les températures de stockage (les raisons, qui sont d'ordre physiologique), soit utiliser l'ionisation.

-Pour une mise en marché à l'automne, la conservation à température ambiante est possible, à condition de maintenir une hygrométrie inférieure à 70 % et une température supérieure à 15 °C.

Dans ces conditions, il est difficile de conserver l'ail au-delà du mois de décembre.

-Pour une commercialisation en hiver et au printemps, le stockage peut se faire soit au froid, à des températures voisines de 0 °C ou légèrement inférieures mais qui ne doivent pas descendre en dessous de - 2 °C, soit au chaud, avec une température et une hygrométrie de l'air optimales respectivement de 25 °C et de 80-90 %.

La méthode de conservation par le froid nécessite une chambre froide capable de descendre très rapidement la température de la masse d'ail et de la maintenir entre 0 et - 2 °C. L'ail est rentré à 0,5 °C, bien avant la levée de dormance et juste après le séchage, puis la température est abaissée rapidement jusqu'à - 2,2 °C. Dans ces conditions, la perte en ail commercialisable est faible. Les lots ainsi conservés doivent être commercialisés dans les 20-30 jours après leur sortie de la chambre froide.

La méthode de conservation par le chaud se pratique pour des stockages de courte à moyenne durées, mais surtout pour les variétés à forte dormance, telles que le Rose de Lautrec qui peut se conserver d'une année sur l'autre.

La température optimale de conservation est de 15 °C sous une hygrométrie de 70-80 %. Les pertes de poids sont alors de 1,5 % par mois (CEFEL, 1985-1990). Cette méthode a l'avantage de demander peu d'investissements et convient dans toutes les exploitations. Il faut toutefois faire attention au développement d'acariens qui est d'autant plus favorisé que les températures sont élevées: des essais ont montré qu'une température de 14 °C permet de limiter les attaques alors qu'une température de 18 °C ne permet pas de les enrayer.

6.1.2 L'ionisation

L'ionisation est un traitement par exposition des bulbes à des rayons gamma qui s'effectue après séchage, soit environ 30 jours après la récolte. Cette technique est reconnue pour son action antigerminative et pour sa capacité de tuer certains micro-organismes; elle permet, en outre, de limiter les pertes de poids. Il n'est pas autorisé en agriculture biologique, ni dans les cahiers des charges de production de l'ail sous signe de qualité.

6.2 La conservation de l'ail de semence

La qualité sanitaire des bulbes d'ail pour semence doit être parfaite: ils doivent être indemnes de *Sclerotiumcepivorum* et de nématodes.

6.2.1 Un traitement préalable: la thermothérapie

Pour ce faire, le séchage et la conservation peuvent être précédés d'une thermothérapie. Un bain dans de l'eau chaude entre 48 °C et 50 °C pendant 1 heure permet d'éliminer les larves et les adultes d'acariens et de nématodes ainsi que les sclérotos de champignons. Au préalable, un trempage de 6 heures minimum dans de l'eau claire à température ambiante est nécessaire pour

« réveiller » les nématodes et les rendre ainsi sensibles à la chaleur. Les conditions de chaleur et d'humidité, générées par ce traitement, peuvent favoriser ensuite le développement de champignons tels que *Fusarium* ou *Penicillium*, il est donc nécessaire de le faire suivre immédiatement d'un séchage, si possible dynamique, durant 2 semaines.

Cette thérapie doit être obligatoirement faite avant la levée de dormance des bulbes, le plus rapidement possible après récolte.

Sa mise en œuvre, qui nécessite l'équipement en un générateur d'eau chaude, est relativement lourde en temps et ne peut se concevoir que pour des quantités importantes à traiter.

6.2.2 Le stockage des semences

La température de stockage est fonction du type d'ail et de la date de plantation.

- Pour l'ail d'automne, planté en octobre, les semences devront être conservées à 20 °C. Planté en novembre, la température devra être abaissée jusqu'à 15 °C. Pour une plantation plus tardive, la température sera amenée progressivement à 10 °C.

- Pour l'ail de printemps, la conservation doit se faire à 20 °C jusqu'à fin novembre, puis abaissée progressivement à 15 °C pour une plantation de fin décembre, puis à 10°C pour une plantation de fin janvier. Cette opération a pour but d'améliorer la vigueur de départ et la croissance de l'ail afin de permettre l'obtention de bulbes réguliers.

7. Les exigences réglementaires de commercialisation :

L'ail est soumis au niveau européen aux règles de commercialisations du Règlement d'Exécution (UE) n° 543/2011 du 7 juin 2011. Ce Règlement, d'application obligatoire, définit la notion de qualité saine, loyale, et marchande et précise les exigences minimales requises en matière de qualité et de maturité du produit (tableau 7).

Tableau 07: Exigences minimales en matière de qualité et de maturité (Règ. [UE] n° 543/2011)

Exigences minimales en matière de qualité	Exigences minimales en matière de maturité
<p>Dans la limite des tolérances admises, l'ail doit être :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Intact ▪ Sain (l'ail atteint de pourriture ou d'altération qui le rendrait impropre à la consommation est exclu) ▪ Propre, pratiquement exempt de corps étrangers visible ▪ Pratiquement exempt de parasites ▪ Pratiquement exempt d'altérations de la pulpe dues à des parasites ▪ Exempt de toute odeur et/ou saveur étrangères <p>L'ail doit être dans un état lui permettant :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ De supporter le transport et la manutention ▪ D'arriver dans un état satisfaisant au lieu de destination. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'ail doit être suffisamment développé et présenter une maturité suffisante, sans toutefois être trop mur.

8. Les critères de qualité

8.1 Qualité visuelle et fermeté :

Les critères de qualité retenus pour l'évaluation d'un lot d'ail sont essentiellement visuels et tactiles.

-Le bulbe doit posséder des caïeux ou gousses charnus, serrés et fermes au toucher. La pellicule ou tunique extérieure doit être entière et présenter un minimum de déchirures. Elle ne doit pas avoir un aspect ridé (ou le moins possible), ni un aspect terne - signes d'un séchage trop rapide.

-Les racines doivent être coupées au ras du plateau racinaire pour les aulx secs.

-Les gousses ne doivent pas présenter de germes visibles extérieurement. Il est possible, au cours du circuit de commercialisation, de procéder à la vérification de la longueur du germe à l'intérieur de plusieurs caïeux qui renseigne sur l'âge et la durée de vie potentielle d'un lot de bulbes.

-Pour les aulx frais, la tunique extérieure doit être de couleur homogène caractéristique du type variétal, sans tache ni déchirure. Les gousses doivent être bien charnues, fermes et

serrées et les tiges coupées doivent être turgescentes quelles que soient leurs longueurs (absence de « rides »).

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 8 (ce contrôle n'est rendu possible que si les opérateurs en amont de la filière ont appliqué cette norme).

Tableau 08: Caractéristiques qualitatives et tolérances par catégorie d'ail

(Source: Norme CEE-ONU FFV-18, édition 2010, diffusée le 3/02/2011)

Disposition	Catégorie extra	Catégorie 1	Catégorie 2
Valeur commerciale	Qualité supérieure	Bonne qualité	Qualité marchande
<i>Caractéristique 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>Tolérances de qualité (en nombre ou en poids)</i>			
Aspect	5% (avec 0,5% maxi conforme cat. 2)	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:

- 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 noirâtre sèche 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 *Embellisiaaalli*, 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.



Figure 22 : Bulbe présente un dégât du au gel

8.2 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 09).

Tableau 09: Calibrage et tolérances par catégorie d'ail

(Source: Norme CEE-ONU FFV-18, édition 20 10, diffusée le 3/02/2011)

Disposition	Catégorie extra	Catégorie 1	Catégorie 2
Valeur commerciale	Qualité supérieur	Bonne qualité	Qualité marchande
Calibrage			
Échelle de calibrage	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoire
Diamètre mini	45 mm	30 mm	30 mm
Tolérances de calibrage			
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		

Deuxième partie

Partie expérimentale

Chapitre 01

Matériels et méthodes

1. But d'étude :

- ✓ L'étude consiste, d'abord en une étude comparative et comportementale de différentes variétés d'ail, en vue de leur vulgarisation et d'envisager par la suite l'intensification de la production de l'ail de consommation et de semence afin de diminuer ainsi la pression qui existe sur l'importation de cette spéculacion dont le coût demeure assez élevé.
- ✓ Cette expérimentation nous permettra de mieux maîtriser certaines techniques culturales, à l'image du goutte à goutte, de la fertirrigation et enfin de paillage.
- ✓ Une ébauche sur la conservation de l'ail sous froid a été tentée sans beaucoup de réussite, par manque de moyen (frigos INPV non opérationnels).

2. Présentation de la structure d'étude :**2.1 Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles (ITCMI)**

- **Superficie** : 14.39 Ha
- **Zones d'impacts** : sidi bel Abbes- Tiaret- Saida- Tlemcen
- **Vocation** : production de matériel végétal de base, expérimentation des cultures maraichères de plein champ- culture condimentaires et plasticulture en zone intérieure.



Figure 23 : ITCMI de Sidi Bel Abbes (photo originale, 2017)

2.2 Le climat de la région :

Le climat de Sidi Bel Abbès est très chaud en été. En hiver, les températures au lever du jour peuvent être basses, atteignant facilement l'extrémum de -7 °C si le ciel hivernal est limpide. Au printemps, les gelées blanches sont à redouter.

3. Matériels utilisés :

3.1 Matériel végétal :

On a utilisé 3 variétés d'ail : rouge d'Espagne, rouge d'Iran, et une variété chinoise.



Figure 24 : Variété rouge d'Espagne



Figure 25 : Variété rouge d'Iran



Figure 26 : Variété d'ail chinoise

3.2 Dispositif expérimental**3.2.1 Choix du dispositif expérimental :**

Le dispositif retenu pour notre essai est celui des blocs randomisés, il a été choisi pour raison de commodité et de facilité de mise en place de l'essai, facilité d'interprétation statistiques des résultats et sa possibilité d'application à toutes sortes d'expérimentations, il est complètement aléatoire.

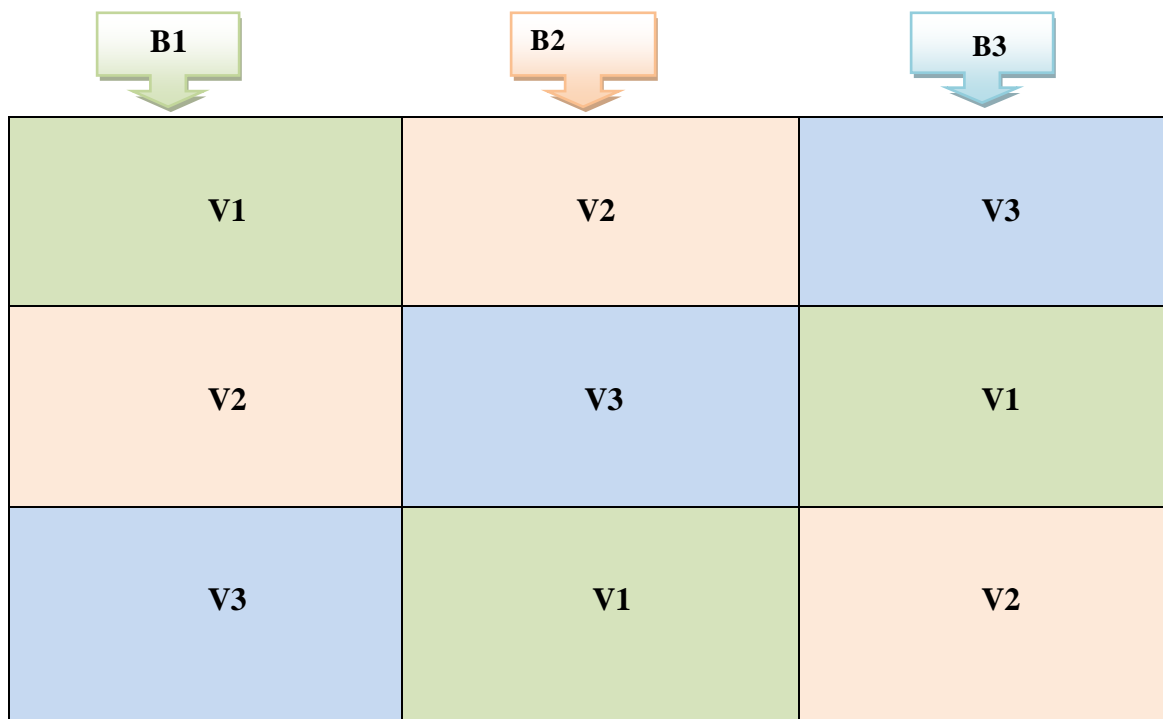
3.2.2 Facteurs étudiés :

La longueur des tiges, le nombre des feuilles et desgousses, le poids moyen des bulbes, et enfin le rendement (poids moyen avec tige et sans tige en qx/ha).

3.2.3 La fiche technique du dispositif :

Nombre de répétition	03
Nombre des blocs	03
Distance entre blocs	50cm
Nombre de lignes par blocs	06
Distance entre plants	10 cm
Distance entre les rangs	20 cm
Nombre des plants par bloc	240
Longueur de l'essai	16 m
Largeur de l'essai	3.5
Surface totale du terrain de l'essai	56 m²

3.2.4 Schéma descriptif du dispositif expérimental :



V1 : ail de chine V3 : rouge d'Espagne V2 : rouge d'Iran

4. Méthodes

4.1 Mise en place et conduite de l'essai

4.1.1 La préparation des variétés utilisées :

Les variétés destinées à l'expérimentation ont :

- V1 : Ail de chine,
- V2 : Rouge d'Espagne,
- V3 : Rouge d'Iran.

S'agissant des origines des variétés, pour le rouge d'Espagne et le rouge d'Iran, ils proviennent des réserves de la station ITCMI. Ce sont les produits de leur multiplication interne, et elles nous ont été cédées gracieusement par la station.

Pour l'ail de chine, il a été acheté par nos soins au marché de gros des fruits et légumes de Mostaganem (Souk El leil).

Le premier travail de préparation du semis a consisté en un meilleur nettoyage des bulbes et en un égoussage des caïeux des bulbes secs.

L'enrobage des caïeux dans la poudre de Manebe, fongicide de contact a été la dernière opération avant le semis effectué on date 12 décembre 2016.

4.1.2 Travaux de préparation du sol

Labour :

La culture de l'ail nécessite un labour léger qui consiste à faire retourner la terre et la morceler pour favoriser la pénétration des racines. Son objectif est d'améliorer la surface culturale.

Cette opération a été effectuée au mois de novembre afin d'ameublir le sol, et pour préparer un bon lit de semence.

4.1.3 Installation du système d'irrigation :

L'installation des gains de goutte à goutte avec une distance de 50 cm entre les gouteurs.



Figure 27 : Installation du système goutte à goutte le 17/12/2017 (photo originale. 2017)

4.1.4 Le semis

La plantation des caïeux (gousse) a une profondeur de 2 à 3 cm et a une distance de 10 cm entre les gousses en orientant la pointe vers le haut. La plantation est faite en deux lignes jumelées de part et d'autre de la ligne goutteur (Nombre de caïeux planté par variété est 240 caïeux).

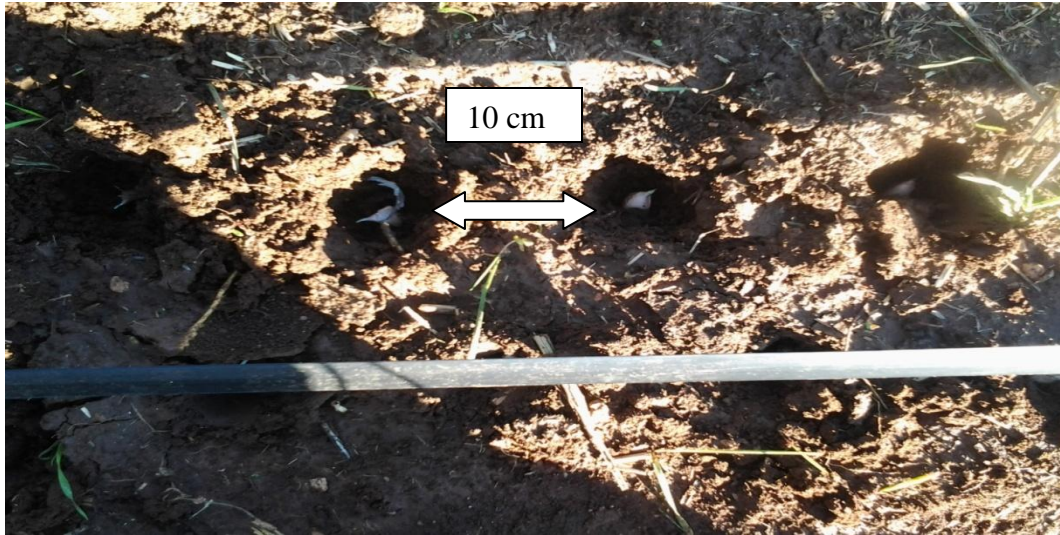


Figure28 : Semis de l'ail (photo originale, 2017)



Figure29 : Densités de la plantation (photos originales, 2017)

4.1.5 La levée :

Le début de levée ne se déroulé qu'après deux mois après la date de plantation .Cette dernière a semblé tardive, c'est à cause de l'effet de la geléequi a sévit durant tout le court de mois de janvier et février.



Figure30 : Levée des semences plantées (photo originale, 2017)

4.1.6 Désherbage :

Le désherbage a été effectué après les pluies car l'eau favorise le développement des mauvaises herbes et les adventices aux bordures.

Le désherbage est pratiqué manuellement et à l'aide de binettes. La majorité des mauvaises herbes a été concentré sur les allées et les bordures de la parcelle.



Figure31 :Désherbage manuel avec des binettes (photo originale, 2017)

4.1.7 Fertilisation :

L'ail a besoin d'azote, de potassium et de phosphore, donc on a fait un apport d'engrais NPK plusieurs fois pendant la croissance. Le programme de fertilisation a été présenté dans le tableau suivant :

Tableau10 : Types d'engrais utilisés

La date	N	P2O5	K2O	Soufre en poudre
25/12/2016	38	13	08	/
5/03/2016	13	40	13	12K/ha
15/05/2017	15	10	40	/
25/05/2017	15	10	40	/

Le premier apport d'engrais en date de 25/12/2016 est caractérisé par une forte teneur de d'azote (N- 38) cela se justifier par sa faible teneur en potasse car la bulbison n'a pas encore débuté . Les deux derniers apports caractérisée par une forte teneur de potasse (K2O-5) favoriseraient le grossissement du bulbe d'ail en fin de cycle.



Figure32 : Engrais NPK (photo originale, 2017) **Figure34** : Fertirrigation (photo originale, 2017)

4.1.8 Traitements phytosanitaires effectués :

Les feuilles sont piquetées de taches orangées. Un attaque des rouilles a été observé sur quelque plants, un traitement au Maneb ou Rivanebe 80% (fongicide sous forme d'une poudre) a été utilisé 2 à 2.5 kg/ha.



Figure35 : Fongicide (RIVANEBE)

Figure36 : Une attaque des rouilles

(Photo originale, 2017)

(Photo originale, 2017)

Pourriture blanche :

On remarque une attaque d'une pourriture blanche au niveau des quelques bulbes récoltés, c'est une maladie des Allium (ail et oignon en particulier, mais aussi poireau) très destructrice et celle qui provoque le plus de dégâts sur aulx.



Figure37 : Une attaque d'une pourriture blanche

4.1.9 La récolte :

La récolte des bulbes a été faite lorsque les feuilles inférieures commencent à faner et à pointer vers le bas et qu'il reste 3 à 4 feuilles vertes sur la tige, les bulbes doivent être complètement formés et les membranes doivent mouler le bulbe.

La date de récolte a été effectuée le 12 juin 2017.



Figure38 : Récolte d'ail

Tableau 11: Quantité récolté en kg par blocs pour chaque variété

Variété / bloc	B1	B2	B3	Total
V1	3.5	4	5	12,5
V2	7	12	8.5	27,5
V3	7	6.5	10	23,5



Figure 39: Récolte d'ail en vert (avec tige) (photo originale, 2017)

4.1.10 Conditionnement :

Après la récolte, un premier fanage a été effectué en laissant les plants sur le sol. Après la récolte, les racines des bulbes ont été coupées au-dessus du plateau racinaire et leurs tiges ont été coupées à 5 cm, avant d'être placées dans les clayettes.



Figure 40 : Conditionnement d'ail récolté (photo originale, 2017)

Chapitre 02

Résultats et discussions

1. Résultats :

Mesures et observations

Le suivi de l'essai est basé sur le choix d'un échantillon de 30 plants par répétition et par variété. Le nombre des plants concernés par les mesures et l'analyse sont de 90 plants choisis aléatoirement pour chaque bloc, ce qui donne un total de 270 plants suivis dans tout l'essai.

1.1 Levée

Tableau12 : Résultats des levées pour chaque variété

Blocs/variété	V1	V2	V3
Bloc 1	65	78	76
Bloc 2	62	80	74
Bloc 3	68	79	75
Moyenne	65	79	75
% de levée	81.25	98.75	93.75

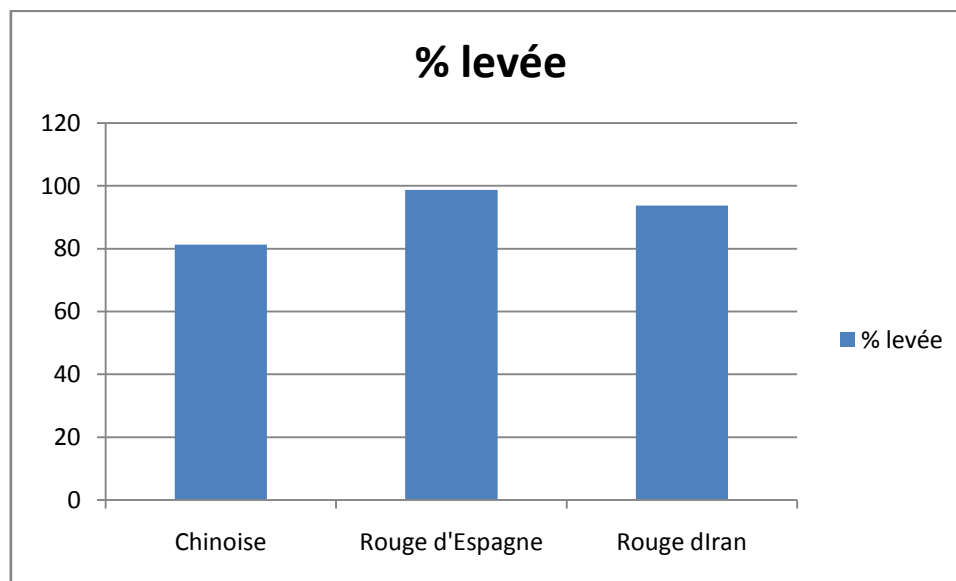


Figure 41:Taux de levée de chaque variété

D'après le tableau n°11 et la figure 41 des taux de levées pour chaque variété nous notons que le taux de levée de rouge d'Espagne est le plus élevé (98,75 %). La variété rouge d'Iran arrive en deuxième position avec un taux de levée 93,75 %.

Pour la troisième variété à savoir le rouge de Chine qui arrive en dernière position avec un taux de levée 81,25. Nous rappelons simplement que le Rouge de Chine est une semence non certifiée achetée au marché des fruits et des légumes au marché local de Mostaganem.

La faible levée n'est pas une surprise en soit quand on connaît les conditions d'acquisition de cette semence.

1.2 Nombre des feuilles

Tableau13 : Nombre de feuille

Date /variété	V1	V2	V3
19/03/2017	4,76	6,34	6,11
02/04/2017	5,98	6,57	6,71
30/04/2017	6,95	7,15	7,34
Moyenne	5,89	6,68	6,72

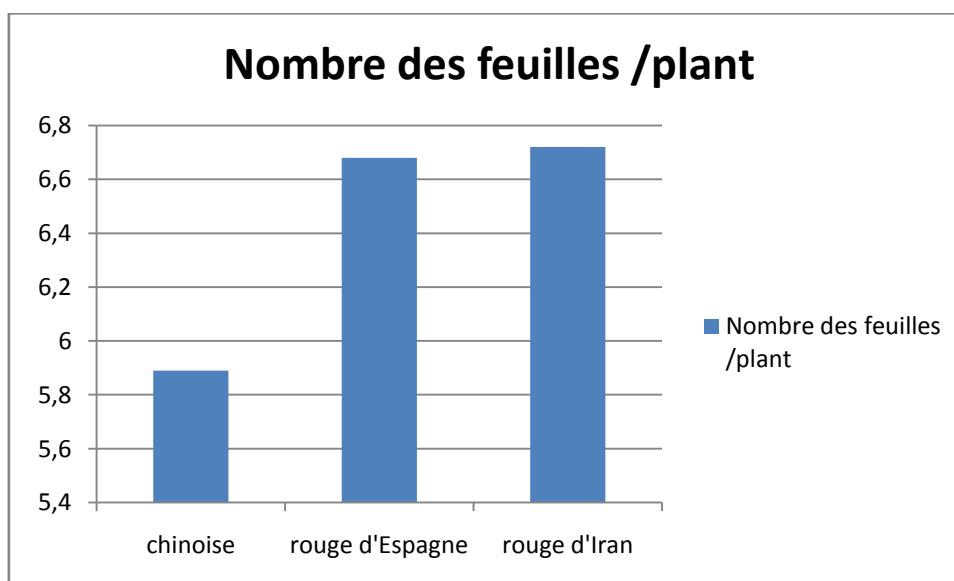


Figure 42 : Moyennes de nombre des feuilles pour 90 plants dans chaque variété

Selon le tableau n° 12 et la figure 42 nous notons que la moyenne des nombre des feuilles /plant de la variété chinoise est la plus basse estimé de 5,89.

Lorsqu'on observe que les variétés rouge d'Espagne et rouge d'Iran ont des moyenne de nombre des feuilles plus élevées sont respectivement(6,68 et 6,72 feuilles par plant), que la variété chinoise. Cela pourrait augurer un meilleur développement, une meilleure masse foliaire donc une meilleure photosynthèse donc de meilleurs rendements

1.3 Longueur de tige

Tableau 14 : Mesures de longueur des tiges

Date/ variété	V1	V2	V3
19/03/2017	41,49	43,04	43,53
02/04/2017	42,61	45,33	46,31
30/05/2017	45,97	49,38	50,76
Moyenne	43,35	45,91	46,86

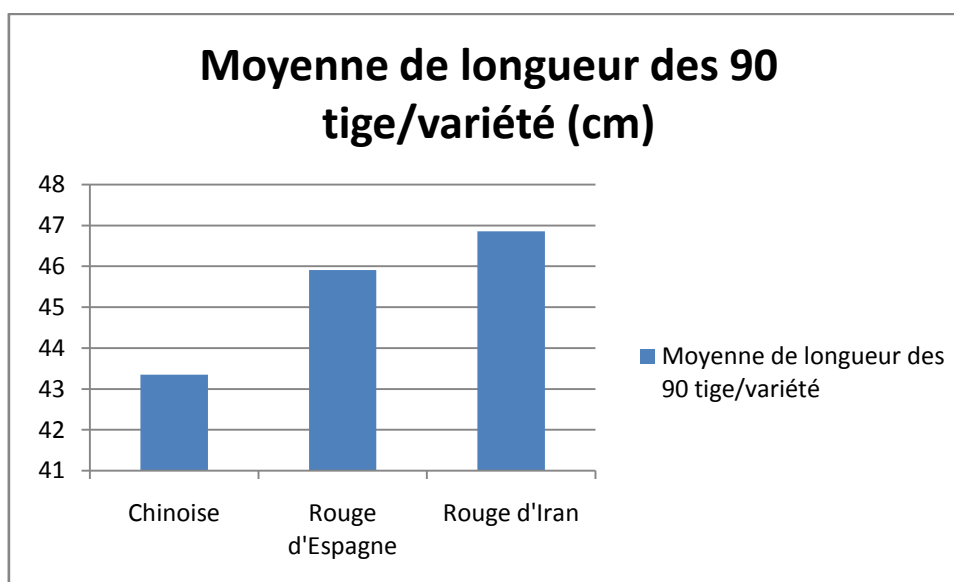


Figure 43 : Moyennes des 90 tiges pour chaque variété

D'après le tableau N° 14 et la figure 43 moyenne des 90 tiges pour chaque variété par blocs, Il ressort des résultats observés pour les variétés rouge d'Iran et du rouge d'Espagne arrivent respectivement en première et seconde position avec des moyennes respectives de longueur des tiges de 46,86 et 45,91 cm.

La variété chinoise arrive troisième position avec une longueur nettement inférieure aux de précédentes

La masse végétale caractérisée par le nombre et la longueur des feuilles plus importante pourrait augurer de meilleur rendement pour la variété rouge d'Espagne et rouge d'Iran contrairement à la variété chinoise.

1.4 Nombre des caïeux

Tableau15 : Nombre de caïeux par plants

Nombre de caïeux	V1	V2	V3
B1	7,2	10,57	9,4
B2	6,667	10,1	10,57
B3	8,267	10,47	10,77
Moyenne	7,37	10,38	10,24

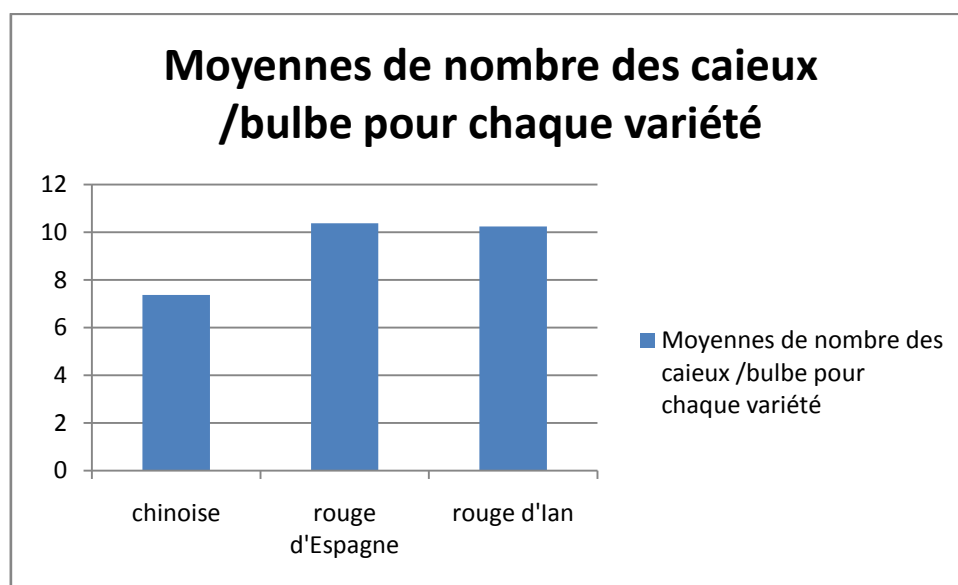


Figure 44 : Moyennes de nombre des caïeux par bulbe pour chaque variété

Le nombre moyen de caïeux par bulbe pour la variété chinoise est de 7,37, le moins important comparativement au rouge d'Espagne et du rouge d'Iran qui de 10,38 et de 10,24 caïeux par bulbe.

1.5 Rendement

1.5.1 Quantité récolté en qx/ha pour chaque variété par bloc

Tableau 16: la quantité d'ail avec tige

Variété / bloc	V1	V2	V3
B1	215,36	358,96	368,4
B2	258,04	600	327,32
B3	294,08	430,36	533,32
Total	767,48	1389,32	229,04
Moyenne	255,81	643,08	409,68

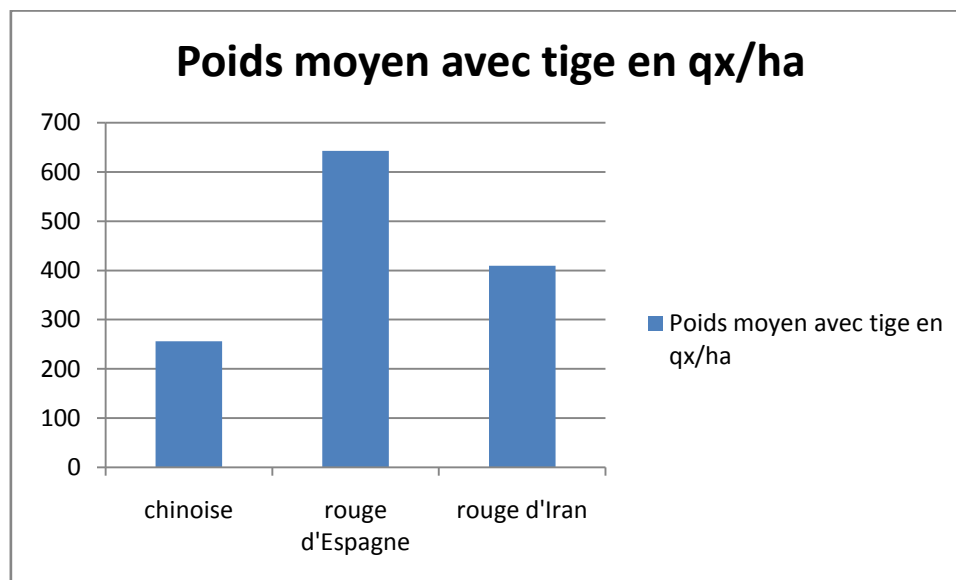


Figure 45 : Poids moyen avec tige en qx/ha

Enfin pour les rendements il apparait dans ce tableau que le meilleur rendement est produit par la variété rouge d'Espagne et ceci dans toutes les répétitions

La variété rouge d'Iran arrive en deuxième position avec un rendement moyen de 409,68qx/ha Comparativement aux rendements de la culture de l'ail les résultats de ces deux variétés peuvent être considérés comme bons.

Ceci est d'abord dû aux caractéristiques génétiques intrinsèques des variétés rouges d'Espagne et rouge d'Iran.

Pour la dernière variété à savoir la variété chinoise qui arrive en troisième position avec le plus mauvais rendement de 255,81 qx/ha. Cela s'expliquerait par le fait que la semence de cette variété produite en chine est vendue au marché des fruits et des légumes à des fins de consommation. La déformation des caïeux et des bulbes nous laisse présager que la semence a fait l'objet d'un traitement avec des inhibiteurs.

Tableau 17 : Analyse des variances

Origine de Variance	SC	ddl	Variance	FC	F théorique		CV
					F 5%	F1%	
Total	126258.99	8	//	//	//	//	47.34
Blocs	18.189	2	9.09	0.288	6.94	18	
Variétés	68.126.17	2	34.36	1.089	6.94	18	
Erreur	126.17	4	31.54	//	//	//	

1.6 Discussions

Si on regarde le tableau de l'analyse de la variance globale on constate que les différences observées entre blocs et entre variétés ne sont pas significatives puis que dans les deux cas les F calculés des blocs (0,288) et des variétés (1,089) sont plus petits que les F théorique F5% (6,94) et F1% (18). Cette non signification veut dire que nos blocs sont homogènes entre eux et que les résultats de nos variétés sont très proches.

En regardant la valeur du CV, on constate qu'elle est de 47,34 %. Ce qui est supérieur au seuil admis pour les cultures annuelles et qui est de 12%. Nous sommes en présence d'une mauvaise fiabilité des résultats.

Cette mauvaise fiabilité est peut être due à des facteurs non contrôlés (présence des gelé en hiver, les fortes pluies, les caractères génétiques des variétés) qui se sont introduits en cours d'expérimentation et ont perturbé nos résultats mathématiques.

Conclusion

Conclusion

L'ail occupe une place assez très importante dans le monde et en Algérie ou il occupe la sixième place après la pomme de terre, la tomate l'oignon et le poivron .c'est un légume prisé dans lacuisine. Il est utilisé dans la cuisine méditerranéenne la médecine traditionnelle et enfin dans l'industrie pharmaceutique.

C'est un condiment universel. Il est utilisé soit pour la consommation à l'état frais (récolte en vert), soit en poudre, soit stocké sous froid.

S'agissant de notre essai qui a pour principal objectif de comparer trois variétés d'ail, dont deux ont été mises à notre disposition par la station ITCMI et la troisième une variété chinoise, achetée au marché des fruits et légumes de Mostaganem. Ceci juste pour mettre en évidence le coté aléatoire et hasardeux des semences utilisées. On ne peut de se fait même pas parler de semence fermière ou paysanne.

S'agissant des résultats de notre essai, comme il a été explicité dans les résultats et discussions, la variété rouge d'Espagne arrive en première position avec 463.10qx/ha cette variété est une variété classique parmi les plus connus dans le bassin méditerranéen. Elle est caractérisée par sa rusticité. Ses caïeux uniforme et non déformé sont de couleur blanc rose.

Elle se démarque de la variété rouge d'Iran par un rendement substantiel et significatif de 53.42qx/ha.

En deuxième position arrive la variété rouge d'Iran avec 409.68 qx/ha. Ce rendement est assez substantiel. Ses caïeux roses et striés, sont réguliers et uniforme.

Arrive enfin la variété chinoise avec un rendement que nous considérons comme faible. Les bulbes très souvent éclatés, sont déformés ont des caïeux non régulier.

Ceci est d'abord dû aux caractéristiques génétiques intrinsèques de la variété rouge d'Espagne et rouge d'Iran.

Pour la dernière variété à savoir la variété chinoise, arrive en troisième position avec le plus mauvais rendement de 255,81 qx/ha. Cela s'expliquerait par le fait que la semence de cette variété produite en chine est vendue au marché des fruits et des légumes à des fins de consommation. La déformation des caïeux et des bulbes ainsi que la mauvaise levée nous amènent à supposer que cette variété a fait l'objet d'une mauvaise conservation durant le transport et d'un mauvais stockage.

Il serait illogique de pénaliser cette variété pour les mauvais résultats obtenu à cause de son mauvais stockage et de son mauvais conditionnement. Nos besoins en semences sont tels qu'on est

obligatoirement assujetti à la disponibilité de cette variété pour la semence, il est impératif de refaire l'essai avec un bon choix (tri) de la semence chinoise devant servir de matériel de base à la mise en place de l'essai et à la mise en place toutes les parcelles.

Référence bibliographique

- **ALICE G., 2015.** Les Bienfaits de l'Ail sur la Santé, Description de la plante. HUMAN & HEALTH | N°31
- **ALICE G ., 2015.** Les Bienfaits de l'Ail sur la Santé. HUMAN & HEALTH | N°31
- **BOUDERMINE M., 2016.** Superficie et production d'ail en Algérie Ed. ITCMI
- **ESPAGNACQ L., 1988.** La nutrition de l'ail. Contribution à l'étude de la physiologie de l'ail», thèse de doctorat INPT, 1988 : 48-76.
- **MESSIAEN C.M. et al. , 1993.** Les allium alimentaires. Éd. INRA: 21-44.
- **MESSIAEN C.M. et al., 1993.** Variétés d'ail et modes de culture. In: « Les allium alimentaires reproduits par voie végétative », Éditions IN RA: 165-192.
- **MESSIAEN C.M., 1996.** Les allium alimentaires, sous-genres, sections, espèces, variétés botaniques, cultivars. Document manuscrit non publié communiqué par Leroux J.P. en 2004: 60 p.
- **MESSIAEN C.M., 1996.** La variabilité chez l'ail. Sauve qui peut !, n° 9 : 7-1 O.
- **MOREAU M.A., Ron C., TALAN 01 ER M., 2000.** Ail, oignon, échalote, leur place dans la consommation. Ctifl, juillet 2000, 207 p.
- **OMAFRA., 2002.** Fiche technique : La culture de l'ail. [En ligne] <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/97-008.htm>
- **PICHON M., 1993.** Évolution de la matière sèche et dynamique de l'azote chez l'ail de printemps. PHM Revue Horticole, 339: 29-32
- **REGOURD F., 2008.** Densification des cultures d'ail: comment la mettre en place? In: « Synthèse essais ail et échalote ». GIE L'ail drômois: 2-4.
- **TAKAGI H., 1990.** Garlic *Allium sativum*. In: 'Onions and allied crops', volume 111: Biochemistry, Food Science, and Minor Crop (Brewster J.L. et Rabinowitch H .D.) .CRC Press, Inc.:109-146.

- **Site web :**

<http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/>

www.fao.org

www.fruit-et-legumes.net

<http://www.aile-caractere.fr/>

Liste des annexes

Annexe

Tableau 01: mesure de nombre de feuille et longueur(19/03/2017)

Plante	Nombre de feuilles/plant									Longueur destiges								
		B1			B2			B3			B1			B2			B3	
	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3
1	5	7	6	6	5	6	4	6	6	43	48	46	45	35	46	42	48	46
2	4	6	5	5	7	7	5	6	7	42	45	36	43	36	48	45	45	36
3	5	7	5	5	8	7	3	5	7	48	46	46	48	40	48	48	46	40
4	4	5	6	4	6	6	6	5	5	45	38	35	50	37	39	45	40	38
5	5	6	6	3	5	5	6	7	6	40	39	44	45	40	45	40	41	45
6	5	6	7	6	4	6	5	7	6	29	45	38	35	48	40	41	48	47
7	6	3	7	4	6	6	5	4	6	40	40	48	36	35	49	35	51	40
8	3	6	7	5	6	6	4	5	7	42	45	43	50	42	45	38	38	38
9	5	7	7	5	8	7	4	6	7	40	40	45	43	42	45	59	51	50
10	6	6	6	6	4	7	5	7	5	39	36	45	40	45	46	38	40	42
11	4	6	5	4	5	7	6	7	6	38	39	40	41	46	46	42	48	32
12	5	5	7	4	5	6	7	6	7	36	37	42	36	47	50	41	45	47
13	6	6	7	3	5	7	4	6	7	40	47	38	38	48	52	48	47	42
14	6	6	6	6	7	7	4	6	7	32	33	47	42	50	51	47	46	43
15	4	5	5	6	7	7	5	7	6	32	42	46	42	42	45	39	41	42
16	4	5	5	5	6	6	3	4	5	40	40	42	45	45	52	38	42	40
17	6	6	6	6	5	6	3	5	5	35	43	38	38	47	40	45	49	36
18	6	4	7	5	5	5	4	5	7	35	40	45	39	43	47	42	45	35
19	4	6	5	5	5	7	6	6	6	32	42	40	47	38	39	43	46	40
20	5	6	6	4	6	6	6	7	5	40	46	48	51	52	45	41	48	42
21	6	6	7	3	4	5	5	6	5	35	41	45	38	48	46	43	47	43
22	6	5	5	4	7	5	5	6	6	38	42	44	40	46	40	47	41	48
23	5	5	4	4	7	7	3	5	5	30	46	38	42	35	45	46	39	
24	3	3	7	3	7	6	4	5	7	40	45	36	45	47	56	45	35	46
25	6	4	7	5	5	6	6	7	8	41	42	43	38	42	52	41	43	42
26	5	6	6	6	5	5	5	7	6	45	36	38	43	40	45	40	45	40
27	5	6	5	6	6	5	5	5	6	43	35	40	45	42	58	38	46	49
28	4	5	6	4	7	7	4	5	5	46	40	41	48	41	49	39	48	41
29	5	5	6	4	7	6	6	7	7	42	38	45	50	40	47	40	52	38
30	4	6	6	3	6	5	6	4	7	38	44	42	52	43	43	35	52	42
Total	147	165	180	139	176	184	144	174	185	1166	1240	1264	1295	1282	1399	1271	1353	1257
Moyen	41.9	5.5	6	4.6	5.87	6.13	4.8	5.8	6.2	38.9	41.3	42.1	43.2	42.73	46.6	42.37	45.1	41,9

Tableau 02: mesure des nombres des feuilles et longueur de tige (02/04/2016)

Plantes	Nombre de feuille /plants									Logeur des tiges								
	B1			B2			B3			B1			B2			B3		
	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3
1	5	7	7	7	6	7	5	7	6	45	48	48	46	38	46	43	50	48
2	5	7	5	7	7	7	6	7	7	43	46	40	45	38	50	45	46	42
3	5	7	6	7	8	8	5	6	7	48	47	42	50	42	48	48	48	43
4	4	8	6	8	6	7	6	6	6	46	40	42	50	43	42	46	45	40
5	5	7	6	6	6	6	7	7	7	42	40	45	45	42	45	41	43	46
6	5	7	7	6	5	7	7	7	7	32	48	42	36	48	43	43	48	49
7	7	5	7	5	7	7	6	5	7	42	46	50	36	38	50	38	42	45
8	4	6	7	6	7	7	6	6	7	45	48	46	50	45	46	38	42	42
9	6	7	8	7	8	7	5	7	7	44	42	48	43	43	48	59	53	52
10	6	7	6	7	6	7	7	7	6	41	40	49	40	46	49	40	45	45
11	5	6	6	6	6	8	6	7	6	40	40	46	41	48	48	42	48	39
12	6	6	7	5	6	7	7	7	7	40	42	48	37	49	50	42	48	58
13	6	7	7	5	7	7	7	6	8	42	48	43	38	48	52	48	48	46
14	7	8	7	6	7	7	5	6	7	38	40	49	42	50	52	47	49	45
15	5	8	6	7	7	8	6	7	7	36	45	49	42	43	48	40	45	45
16	6	6	6	6	7	7	5	5	6	42	43	45	46	46	43	40	43	44
17	6	7	6	7	6	6	6	6	6	38	43	42	38	47	43	45	50	43
18	7	5	7	6	7	6	6	6	8	37	42	48	39	48	47	42	46	39
19	4	6	7	6	6	7	7	7	7	36	43	48	47	40	48	45	47	38
20	5	7	6	5	7	7	7	7	6	42	48	50	52	52	46	42	49	42
21	7	7	7	5	5	6	6	6	6	38	45	46	38	49	49	43	50	44
22	6	6	6	6	7	6	6	7	7	38	46	45	40	49	45	47	42	45
23	6	6	5	6	7	7	5	6	6	35	42	40	42	48	46	46	45	49
24	4	5	7	5	7	7	6	7	7	42	42	42	45	47	56	45	42	48
25	7	5	8	7	6	6	7	7	8	42	45	45	38	45	53	42	40	49
26	6	7	7	7	7	6	6	7	7	46	42	48	43	43	48	41	45	44
27	6	7	6	7	6	6	6	7	7	48	45	45	45	45	58	40	48	43
28	5	6	7	6	7	7	5	6	6	44	42	46	48	43	52	39	48	52
29	5	6	7	6	7	6	6	7	7	47	46	49	50	45	50	41	53	44
30	6	6	7	5	6	6	6	5	7	44	48	46	52	47	46	38	52	42
Total	167	195	197	185	197	203	181	194	203	1243	1322	1372	1304	1355	1447	1296	1400	1351
Moyen	5.57	6.5	6.57	6.17	6.57	6.8	6.03	6.47	6.77	41.43	44.1	45.7	43.5	45.2	48.23	43.2	46.7	45

Tableau 03: mesure des nombres des feuilles et longueur des tiges

Plants	Nombre des feuilles /plant									longueur des tiges / plant								
	B1			B2			B3			B1			B2			B3		
	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3
1	6	7	7	7	7	7	7	7	7	45	50	50	48	45	49	48	52	50
2	6	7	6	7	7	7	6	7	7	44	48	46	46	46	52	49	52	53
3	5	7	6	8	8	8	7	6	7	48	49	45	52	48	50	49	49	52
4	6	8	7	7	7	7	6	7	7	46	48	48	53	50	52	50	48	48
5	6	8	7	7	6	8	7	7	7	43	45	49	48	49	46	46	46	49
6	6	8	7	7	6	8	8	8	7	34	49	46	45	49	50	50	50	52
7	7	6	8	7	7	8	7	7	8	42	48	52	45	46	54	48	46	50
8	6	6	7	7	7	9	7	7	8	45	49	53	54	48	52	46	48	48
9	6	7	8	8	8	9	6	7	9	45	48	50	48	47	57	59	56	54
10	7	7	7	8	7	8	7	8	7	42	48	51	45	50	54	46	50	49
11	6	8	7	8	7	9	6	9	7	41	46	50	46	48	49	47	50	46
12	7	7	7	7	7	7	7	8	8	40	46	56	42	49	52	47	52	59
13	7	7	7	7	8	7	7	7	8	43	48	49	44	50	54	48	53	49
14	8	8	8	8	8	8	8	7	7	40	46	54	48	52	53	49	55	48
15	7	8	8	8	9	8	6	6	7	38	48	54	48	54	50	46	49	49
16	6	6	7	7	9	7	6	6	7	42	46	52	49	50	48	45	47	47
17	6	7	7	7	7	6	7	7	7	38	47	52	45	52	48	48	49	48
18	7	6	7	7	7	6	7	7	8	38	46	54	43	50	49	49	49	48
19	6	7	8	8	6	7	8	7	7	36	48	56	49	46	50	46	49	47
20	5	7	7	8	7	7	8	8	7	42	48	54	56	52	51	48	51	50
21	7	7	7	7	7	7	7	8	7	38	50	50	45	49	52	49	54	48
22	7	7	7	7	7	8	7	7	8	38	51	49	48	50	50	50	48	49
23	7	6	6	8	7	7	8	7	7	36	46	46	45	54	51	49	49	50
24	6	6	8	8	8	8	8	7	8	42	48	48	48	56	58	49	46	52
25	7	7	8	7	7	7	8	8	9	43	49	46	49	57	54	46	46	53
26	7	7	7	7	7	7	7	8	7	46	48	50	48	50	49	47	49	54
27	7	8	7	7	7	7	7	8	7	48	49	52	47	52	59	45	52	49
28	6	7	7	8	8	7	8	7	7	44	48	52	49	52	54	48	54	54
29	7	7	8	7	8	6	7	8	8	47	49	49	54	46	56	47	56	50
30	6	7	8	7	7	7	7	7	8	44	50	51	54	48	51	45	56	46
Total	193	211	216	221	218	222	212	218	223	1258	1439	1514	1441	1495	1554	1439	1511	1501
Moyen	6.43	7.03	7.2	7.37	7.27	7.4	7.07	7.27	7.43	41.93	47.97	50.47	48.03	49.8	51.8	47.97	50.37	50.03

Tableau 04: mesure de diamètre et nombre de caïeux par bulbe

plant	Diamètre (cm)									Nombre de caïeux par bulbe								
	B1			B2			B3			B1			B2			B3		
	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3
1	8	5.5	6	7	5	6	8.2	6	4.7	8	9	12	7	10	13	9	11	13
2	6	6	6.5	6.2	6	6	7	6	6	5	11	10	6	11	11	9	9	13
3	7	6	6	7	6.2	5	7	5	4.5	6	12	11	6	9	12	8	9	12
4	6.5	5.8	5.5	7	5.8	5.3	6.2	5	5.5	8	14	7	5	12	9	9	12	11
5	7	5.7	5	7	5.7	5	7	5.5	5	9	8	11	6	12	10	7	11	10
6	8	5.8	5	7.5	5	5	6	5	6	9	10	10	7	10	11	7	12	9
7	4.2	5	4.5	5	5	4	5.5	5	7	6	11	9	8	11	11	7	9	10
8	5.4	5.5	6.5	5	5.2	6	5.2	6.5	5	7	10	9	6	10	9	9	10	10
9	8	5.3	6	7	5.3	5	8	5.2	5.5	8	11	8	7	11	12	8	11	11
10	8	4.7	6	8	4.8	6.2	7	4.5	5.6	9	11	10	6	11	10	7	11	12
11	7	4.7	5	7	4.9	5	7	4	6	8	11	9	9	12	12	10	10	14
12	5.5	4.7	5.5	5.2	5	5.5	6	4	6.6	6	13	9	7	13	11	6	13	11
13	7.2	5.5	4.5	7	5.3	5	4.6	5	6.5	7	10	10	7	12	12	9	9	9
14	8	5	6.2	7.3	5.6	4	8	5	6	7	12	10	6	12	10	9	9	11
15	6	6	4.5	6	6	4.5	7	6	5	6	12	9	5	10	10	8	9	10
16	5	6	4.7	5	6	4.3	5	5.5	5	6	10	8	6	9	12	8	10	10
17	7	6	5.5	7	6	5.8	7	6	8	9	7	12	6	8	9	7	11	10
18	6.5	5	5	6.5	5	5	6.7	5	5.6	9	10	9	7	10	10	10	12	9
19	7.2	4.7	4.5	7.2	4.8	5	7.2	6	5.5	9	13	11	8	11	10	11	13	9
20	8	5.2	4.5	8	5	5	8	5.2	6	6	9	9	7	9	12	7	10	9
21	9	5	6	8	5	6	7.3	5	7	7	9	11	7	10	9	7	10	12
22	4	5	5.2	4.5	5.2	5.2	8.2	5	5.3	6	9	10	6	10	11	9	9	11
23	5.5	4.5	5	5.2	4.5	5	5.6	4	5.5	7	9	9	6	9	13	9	11	10
24	5	4.5	5.4	5	5	4.5	6	4.5	5	8	10	8	6	7	11	9	9	12
25	7	6	6	7	6	6	6	6	4.7	5	10	7	9	7	11	8	9	12
26	7.2	5.2	6.3	6.5	5.2	6.8	5.5	5	5	7	8	8	8	10	9	8	11	12
27	8	5	6	7.5	5	6	7	5	5	9	9	8	7	10	10	9	10	10
28	4	5.4	5.7	4.5	6	5.4	5	5.2	6	5	16	9	6	9	8	10	12	11
29	5.5	5	5.5	5.5	5	5.5	5	5.2	6	6	12	10	6	8	9	7	12	11
30	6.3	4.5	5	6.3	5	5	4	6	5.5	8	11	9	7	10	10	7	10	9
Total	197	158.2	163	193	159.5	158	193.2	156	170	216	317	282	200	303	317	248	314	323
Moyen	6.567	5.273	5.43	6.43	5.317	5.267	6.44	5.21	5.667	7.2	10.57	9.4	6.667	10.1	10.57	8.267	10.47	10.77

Tableau 05: analyse statistique

	V1	V2	V3	XB
1	215,36	358,96	368,4	942,72
2	258,04	600	327,32	1185,36
3	294,08	430,36	533,32	1257,76
XT	767,48	1389,32	1229,04	3385,84
\bar{X}_v	255,82	463,10	409,68	376,19