

UNIVERSITE KASDI MERBAH - OUARGLA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire
MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences agronomiques
Spécialité : Gestion des Agrosystèmes

Présenté par : **Melle** AMMARI Amina
-
Melle KHELIL Ikram
-

Thème

Essai sur la culture de laitue (*Lactuca sativa*) sous un système hydroponique dans la région de Ouragla

Soutenu publiquement
Le :

Mme HIDOUCI	Sabrina	M.C.B.	Présidente	UKM Ouargla
M. SAGGAÏ	Med. M.	M.A.A.	Examineur	UKM Ouargla
M. SEKOUR	Makhlouf.	Pr.	Encadreur	UKM Ouargla
M. CHAABENA	Ahmed.	M.A.A.	Co-Encadreur	UKM Ouargla

Année Universitaire : 2019 / 2020

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu (Allah) tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience de pouvoir accomplir le présent mémoire.

On tient à remercier tout particulièrement et vivement notre encadreur Monsieur SEKOUR Makhlouf, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour la grande patience, ses encouragements, ses orientations et ses conseils précieux.

*On adresse nos remerciements à :
Monsieur CHAABNA Ahmed, notre co-promoteur pour ces conseils, et l'aide qu'il nous a donné.*

On tient à remercier également Madame HIDOUCI Sabrina, (M.C.B) à l'université Kasdi Merbah d'Ouargla pour l'honneur qu'elle mon fait pour présider le jury de ce mémoire.

Nous remercions vont aussi à Monsieur SEGGAÏ Med Mounir, (M.C.B) à l'université Kasdi Merbah d'Ouargla' pour avoir accepté de juger le présent travail.

Tous nos remerciements et notre estime à Monsieur RAHMANI M. Ingénieur en protection des végétaux pour l'aide qu'il nous à apportée et les moyens qu'il nous a fournis

Tous nos remerciements et notre estime à tous les enseignants du Département des Sciences Agronomiques, notamment M. KORAICHI A., EDDOUD A., MOUSTFAOUI O.

*Enfin, à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail,
Grand Merci à tous.*

AMMARI & KHELIL

Dédicace

Je dédie ce travail à :

A ma très chère idéal mère SOUMIA. G source de tendresse, en témoignage de ma reconnaissance pour son amour, sa patience et sa compréhension.

A mon cher père SAID. A l'homme le plus parfait dans le monde, le secret de ma réussite et mon grand exemple qui à rêver toujours de me voir heureuse.

Que Dieu vous protège et vous réserve une longue vie pleine de bonheur et de santé.

Ma chère sœur : Wahiba,

Très chers frères : ZAKARIA, Dr. YAKOUBE, Dr. CHOUAIB, et mon jumeau YAHIA

Mes chères amies : KHOULOUD, DJAWAHER, ASSIA, MAROUA, HOUDA, IBTISSAM, FATIMA, MANEL et qui sont toujours à mon côté dans les bons moments.

Mon binôme : IKRAM

A toute la famille AMMARI et GOURARI

Dédicace

*Avec l'aide de Dieu tout puissant j'ai pu achever ce
Travail que je dédie :*

A mes très chers parents qui m'élèvent MOHAMMED et YASMINA

A mes chers parents qui m'ont engendré LAMNAOUER et Aïcha

*Pour tous leurs sacrifices, leur tendresse, leur soutien moral, leur
prière tout longue de mes études, Leur capacité et de leurs
encouragements de faite ce travail*

*A mes chers frères, FATAH, SAID, MOHAMMED, A,
ABDALSATARE*

*Ames très Petit chers sœurs, LOUDJAINE, YASMINA
MOUNIRA et toute la famille de KHELIL paternelle et maternelle*

A, mon fiancé Ismaïl et toute la famille de Hadjadj

A, mon binôme, AMINA

*A tous mes proches et mes amis : MAROUA, IBTISSAM, DJAWAHIR,
HOUDA, ASIA, SIHAME, KHOLOUDE, MANALE, RABIHA.*

A tout qui connaît de près ou de loin

Tableaux des Matières

Liste des abréviations.....	A
Liste des figures.....	B
Liste des tableaux.....	C
Introduction.....	2
Chapitre 1- Présentation de la culture hydroponique.....	
1.1. – Définition et objectifs de la culture hors sol.....	5
1.1.1. – Définition.....	5
1.1.2. – Objectifs	5
1.2. Avantages et inconvénients.....	5
1.3. – Importance de la culture hors sol	6
1.3.1. – Dans le monde	6
1.3.2. – En Algérie	6
1.4. – Composantes d’un système hydroponique	6
1.4.1. – Substrat	6
1.4.2. – Conteneurs	7
1.4.3. – Solution nutritive	7
1.5. – Différents systèmes hydroponiques	8
1.5.1. – Systèmes sans substrat	8
1.5.2. – Systèmes avec substrat.....	10
1.6. – Généralité sur la laitue.....	12
1.6.1. – Présentation de la plante.....	12
1.6.2. – Stades phénologiques de la plante.....	12
1.6.3. – Caractéristiques de la plante.....	13
1.6.4. – Exigences de la culture.....	14
1.6.5. – Importance économique et calorifique.....	15
Chapitre 2 – Matériel et Méthodes.....	
2.1. – Démarche expérimentale	17
2.2. – Présentation de la région d’Ouargla.....	18
2.2.1. – Caractéristique édaphique	18
2.2.2. – Caractéristiques climatiques	19
2.2.3. – Description de la station expérimentale.....	20
2.3. – Matériel utilisé	20

2.4. – Choix de la culture : la laitue.....	21
2.4.1. – Position systématique de la laitue.....	22
2.4.2. – Caractéristique de la semence.....	22
2.5. – Choix du système de la culture hors sol	23
2.5.1. – Dispositif Expérimentale.....	23
2.6. – Réalisation de l’essai	24
2.6.1. – Semis et pépinière	28
2.6.2. – Transplantation	29
2.6.3. – Suivi et conduite de la culture	30
2.6.3.1. – Entretien et soin essentiel	30
2.6.3.2. – Apports nutritifs	31
2.6.3.3. – Mesure et réajustement de pH	33
2.6.3.4. – Détermination et gestion des bio-agresseurs	34
2.6.3.5. – Mesures biométriques	35
2.7. – Récolte.....	35
2.8. – Exploitation des résultats par les indices statistiques.....	36
2.8.1. –Test de Kruskall- Wallis	36
Chapitre 3 : – Résultats de culture de la laitue en hydroponie et en sol.....	
3.1. – Analyse statistique quelques paramètres biométriques de la laitue.....	38
3.1.1. – Variation de nombres de feuilles de la laitue en hydroponie.....	38
3.1.2. – Variation de la longueur des feuilles de la laitue en hydroponie.....	39
3.1.3. – Variation de nombre des feuilles en fonction de temps.....	40
3.1.4. – Etude de la longueur des feuilles de la laitue en fonction de temps.....	41
3.1.5. – Etude de la hauteur de la laitue dans les deux milieux en fonction de temps.....	42
3.1.6. – Etude de poids de la laitue dans les deux milieux en fonction de temps.....	43
3.2. – Variation des facteurs abiotiques en fonction des différents types de milieux chez la laitue.....	44
3.2.1. – Comparaison de données abiotiques en fonction des différents types de milieux...	45
3.2.2. – Variation de la température dans les deux milieux en fonctions de temps.....	46
3.2.3. – Variation de l’humidité dans les deux milieux en fonctions de temps.....	47
3.2.4. – Mesure de pH et conductivité électrique.....	48
Chapitre 4: – Discussions des résultats de culture de la laitue en hydroponie et au sol..	
4.1. – Discussion de résultats des analyses statistiques paramètres biométriques de la laitue.	50

4.1.1. – Discussions sur la variation de nombres des feuilles dans l’hydroponie.....	50
4.1.2. – Discussions sur la variation de la longueur des feuilles.....	50
4.1.3. – Discussions sur la variation de nombre des feuilles en fonction des dates.....	50
4.1.4. – Discussions sur la longueur des feuilles en fonction de temps.....	51
4.1.5. – Discussions sur les hauteurs des plantes.....	51
4.1.6. – Discussion sur les poids des plantes.....	51
4.2. – Discussion de l’étude des facteurs abiotiques en fonction des différents types de milieux chez la laitue.....	51
4.2.1. – Discussions sur les données biométriques en fonction les différents milieux.....	52
4.2.2. – Discussions sur la variation des températures dans les deux milieux en fonctions De temps.....	52
4.2.3. – Discussions sur la variation de l’humidité dans les deux milieux en fonctions de temps.....	53
4.2.4. – Discussion sur le pH et CE.....	53
Conclusion.....	55
Références bibliographique.....	57
Annexe.....	59

Liste des abréviations

Abréviations	Significations
Fig.	Figure
Tab	Tableau
INRA	Institut National de la Recherche Agronomie d'Algérie
ITCMI	Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles
ENSA	Ecole Nationale Supérieur Agronomique d'Algérie
ITAS	Institut Technologique d'Agriculture Saharienne
CE	Conductivité électrique
pH	Potentiel hydrogène
cm	Centimètre
°C	Degré Celsius
%	Pourcent
SN	solution nutritive
T°	Température
H%	Humidité
mm	Mili-mètre
km/h	Kilomètre par heures
m	Mètre
dS/m	Des- siemens par centimètre
g	Gramme
N	Nitrate
P	Phosphate
K	Potassium

Liste des figures

N°	Titres	Pages
1	Schéma de système d'Aquiculture	8
2	Système de film nutritif	9
3	Schéma de système d'Aéroponie	9
4	Schéma de système d'Ultraponie	10
5	Schéma de système de flux et reflux	11
6	Schéma de système de goutte à goutte	11
7	Schéma des stades phénologiques de la laitue (<i>Lactuca sativa</i>)	13
8	Schéma exprime la démarche expérimentale	17
9	Forme globale de la laitue (<i>Lactuca sativa</i>)	22
10	La semence de la laitue (batavia blonde de Paris)	22
11	Dispositif expérimentale de la laitue hors sol	23
12	Dispositif expérimentale de la laitue au sol	24
13	Différentes étapes pour l'installation de système hors sol	25
14	Différentes étapes de la mise en culture en sol (sous serre)	28
15	Semis de la laitue dans des alvéoles en plastique	29
16	Transplantation des plantules	30
17	Déférents mesures par thermomètre et hygromètre	31
18	Préparation de solution nutritive (A-B)	32
19	Préparation de l'engrais	33
20	Mesure de Ph et CE	33
21	Différentes espèces d'insectes collectées dans la serre de laitue	34
22	La récolte de la laitue	36
23	Nombre de feuilles intactes et mortes chez la laitue en hydroponie	38
24	Box-plot de la longueur maximale (Long.Fe.Max) et minimale (Long.Fe.Min) des feuilles de la laitue en hydroponie	39
25	Nombre des feuilles intactes et mortes en fonction de temps dans le sol	40
26	Evolution de la longueur des feuilles en fonction de temps dans le sol	41
27	Hauteur des plants de la laitue cultivée en hydroponie en fonction de temps	42
28	Hauteur des plants de la laitue cultivée en au sol en fonction de temps	43
29	Variation de poids au stade récolte de la laitue cultivée dans le sol	44
30	Données abiotiques en fonction des différents types de milieux	45
31	Variation de la température dans les deux milieux en fonctions de temps	46
32	Variation de l'humidité dans les deux types de milieux en fonctions de temps	47
33	Variation de pH et CE en fonction de temps	48

Liste des photographies

N°	Titres	Pages
1	Photo satellitaire de la région d'Ouargla	18
2	Photo satellitaire de l'exploitation agricole ITAS	20

Introduction

Introduction

L'agriculture est une activité pratiquée par l'homme, depuis des milliers d'années, pour répondre à ses besoins alimentaires. Elle utilise le sol comme milieu ou substrat contenant les éléments nécessaires pour la croissance des plantes. Avec la maîtrise de cette activité grâce au progrès scientifiques et technologiques qu'a connu le secteur agricole, il est devenu possible de mener cette activité en utilisant d'autres substrats, voire même sans substrat. Ainsi est née la culture hors sol (**ESSADAOUI, 2013**).

Dans la production de cultures horticoles, la définition de la culture hors sol englobe tous les systèmes qui assurent la production végétale dans des conditions hors sol dans lesquelles l'approvisionnement d'eau et de minéraux est réalisé dans des solutions nutritives avec ou sans moyen (e.g. tourbe, perlite, pierre ponce, fibre de coco, ... etc.). Les systèmes de culture hors sol appelés systèmes hydroponiques, peuvent en outre être divisés en systèmes, où la solution nutritive excédentaire n'est pas recyclée, et les systèmes fermés, où l'excès de nutriments des racines est collecté et recyclé (**MAUCIERI, 2019**).

La culture hors sol représente actuellement une mutation technique importante sur les exploitations permettant de mieux s'adapter aux données économiques du marché en optimisant un maximum de facteurs. En Europe, elle occupe 800ha en France, plus de 3000ha aux Pays-Bas, 1000ha en Belgique et 30ha en Suisse. De même, elle a suscité l'intention des agriculteurs un peu partout dans le monde, aux USA, en Russie, au Japon, en Inde et dans certains pays du Moyen orient (**SEDKI et MIMOUNI, 1995**).

En Algérie l'intérêt de cette culture permet aux agriculteurs de s'installer dans les régions les plus défavorables, là où le sol fait défaut à condition que les substrats inertes soient disponibles. Ainsi, les premiers travaux en Algérie ont été réalisés lors de la mise au point des cultures hydroponiques au Sahara à Béni-Abbes (**CHOUARD, 1952**).

Parmi les principales raisons d'introduction de la culture hors sol en Algérie figurent l'élimination des problèmes liés aux sols tels que les carences, les ravageurs et les maladies (**SEDKI et MIMOUNI, 1995**).

Plusieurs espèces végétales s'adaptent parfaitement à la culture hydroponique, dont les cultures maraichères, notamment la laitue. C'est un légume très populaire qui est beaucoup

consommé et qui constitue une importance économique à travers le monde entier (**COELHO et al., 2005**). C'est une espèce originaire d'Égypte cultivée dès 4500 av JC dans la région méditerranéenne pour son huile extraite de ses graines oléagineuses et ses propriétés médicinales (**BLANCARD et al., 2003, JENNI, 2010**). L'une des espèces de laitue les plus communes est *Lactuca sativa* L (**WILLIAM, 2014**).

En Algérie, peu de travaux sont consacrés à l'hydroponie, où on cite ceux de **CHOUARD et RENAUD (1961)** à Beni-Abbes, **BENDIFF (2016)** à Mostaganem, **HABBAS (2018)** à Biskra, **BELBACHIR (2017)** à Tlemcen et **KASMI et TAYAR (2019)** à El Oued.

L'objectif de notre travail est l'essai de cultivé la laitue (*Lactuca sativa*) sous un système de film nutritif, avec une comparaison de rendement et de durée de cycle de vie entre la culture hors sol et au sol.

Cette étude renferme de trois chapitres :

- Le premier chapitre est une synthèse bibliographique présentant brièvement l'origine, les notions de base, les avantages et inconvénients de la culture hors sol, ainsi que les différentes composantes de système et les différents types de substrat de culture utilisés.
- Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de la région d'étude et à la démarche ainsi que l'ensemble des méthodes et matériel utilisés pour la réalisation de ce travail.
- Le troisième chapitre concerne les résultats accompagnés avec les interprétations et les discussions.
- A la fin, une conclusion générale vient clôturer ce présent travail après une brève présentation des limites et contraintes rencontrées, tout en proposant quelques perspectives.

Chapitre 1
Présentation de
la culture
Hydroponie

Chapitre 1- Présentation de la culture hydroponique

Ce chapitre détail spécialement des données sur la culture hydroponique, à savoir, définition, objectifs, importance dans le monde et en Algérie, les différents types de système hydroponiques et leurs composantes.

1.1. Définition et objectifs de la culture hors sol

1.1.1. Définition

La culture hydroponique est un terme qui signifie la culture hors-sol, ce qui veut dire littéralement « faire croître des plantes sans sol » (MAXWELL, 1986 ; EL HOUSSINE, 2006). C'est une technologie de production végétale caractérisée par une alimentation minérale des racines avec une solution nutritive. Cette technologie ne nécessite pas de support solide. Si, par contre, un support est utilisé, ce dernier est appelé « substrat » (YVES, 2008). Il existe des systèmes de culture hors-sol n'utilisant pas de substrat comme l'aéroponie, dans lequel des racines sont exposés dans un brouillard nutritif (URBAN, 2010).

1.1.2. Objectifs

La culture hydroponique est développée dans le but de (WILLIAM, 2014) :

- Eviter la fatigue rapide du sol à cause des attaques parasitaires comme le cas des nématodes et des champignons ;
- Offrir la possibilité d'implanter des serres à des endroits où l'énergie est meilleure marché ;
- Choix multiple de l'endroit d'installation des serres, notamment à proximité d'usines ou sur des sites géothermiques pour profiter des eaux chaudes et de l'énergie solaire ;
- Contrôle quotidien de l'environnement racinaire ce qui assure une précocité plus grande et une production en quantité et qualité meilleure.

1.2. Avantages et inconvénients

Pour les avantages, ce type de culture permet (MAUCIERI *et al.*, 2019) :

- Rendements souvent supérieur à celui d'une culture en terre ;
- Elimination des problèmes liés au sol ;
- Economie d'eau et d'engrais minéraux ;
- Produit de meilleure qualité.

Alors que les inconvénients sont les suivants (MAUCIERI *et al.*, 2019) :

- Coût d'installation et d'entretien élevé ;

- Contraintes liées à l'irrigation et à la fertilisation ;
- Renouvellement fréquent de la solution fertilisante ;
- Niveau élevé des compétences et connaissances requises.

1.3. Importance de la culture hors sol

Cette culture progresse rapidement ces dernières années. Dans ce qui suit l'importance de cette culture dans le monde et en Algérie.

1.3.1. Dans le monde

En Europe, quatre pays concentrent la quasi-totalité des cultures hors sol sous serres. Ce sont les Pays-Bas, qui en possèdent les grandes surfaces, suivis de la France, la Belgique et la Grande-Bretagne. Elle est notée également en Suisse et dans certains pays de l'Est. Dans les autres pays, les surfaces les plus importantes sont recensées au Japon et Afrique du sud (**THIAUL, 2004**)

1.3.2. En Algérie

En Algérie, la première expérience de culture hors sol est réalisée par **CHOUARD et RENAUD (1961)** à Beni-Abbes, dont le but est de mettre en évidence les substrats sableux locaux. Par la suite, d'autres études sont lancées à l'INRA (laitue en hydroponie 2017), l'ENSA et l'ITCMI à Mostaganem (**BENDIFF, 2016**). Mais elles ne sont pas exploitées sur le terrain. Malgré le grand potentiel que possède notre pays pour les cultures hydroponiques, ces dernières restent peu développées. On peut citer les travaux de **HABBAS (2018)** à Biskra, **BELBACHIR (2017)** à Tlemcen et **KASMI et TAYAR (2019)** à El Oued

1.4. Composantes d'un système hydroponique

Tout système de culture hors sol est caractérisé par trois composantes matérielles, à savoir le substrat, le conteneur et la solution nutritive (**BLANC, 1987**).

1.4.1. Substrat

En agriculture, il s'applique à tout matériau, naturel ou artificiel, pur ou en mélange. Il permet l'enracinement du système racinaire et joue le rôle de support pour la plante cultivée. Tout matériel solide peut être utilisé s'il permet un développement normal du système racinaire (**BLANC, 1987**). D'une manière globale, la nature et les propriétés physiques,

chimiques et biologiques, permettent le classement d'un substrat (VITRE, 2013 ; Tab. 1, Annexe I).

1.4.2. Conteneurs

C'est les récipients qui contiennent le substrat. Leur taille varie en fonction de l'espèce cultivées et de son système racinaire. En générale, ils sont en matière plastique, chimiquement inerte, étanches, pas chères, durables et dont la mise en place doit être facile, comme le cas des gobelets en plastique (HABBAS, 2018).

1.4.3. Solution nutritive

Elle doit être conforme aux besoins en eau et en éléments fertilisants de l'espèce cultivée, pendant la phase de développement considérée, avec la prise en charge de l'environnement climatique existant. Les éléments qui existent dans la solution sont :

- **Sels minéraux** comme : Azote, Phosphore, Potassium, Calcium, Sodium et Soufre.
- **Oligo-éléments** comme Fer, Cuivre, Brome, Cobalt, Zinc, Aluminium, Silicium, Manganèse, Molybdène et Sélénium.

Par ailleurs, trois paramètres caractérisent la solution nutritive et qui nécessitent un contrôle régulier :

- ❖ **pH** : il est optimal entre 5,8 et 6,5. Ça valeur détermine la disponibilité des nutriments pour la plante, ce qui nécessite un réglage quotidien pour une bonne absorption des nutriments (BELBACHIR, 2017). Lorsqu'il est alcalin, il est suggéré de rajouter de vinaigre blanc, alors que dans le cas contraire avec une solution trop acide il faut rajouter les bicarbonates de soude (WALLACH, 2008).
- ❖ **Conductivité électrique (CE)** : elle est optimale entre 1,5 à 2,5 dS/m. Elle indique la concentration totale de la solution nutritive (SONNEVELD et VOOGT, 2009). Lorsqu'elle est élevée, elle empêche l'absorption des nutriments en augmentant la pression osmotique, alors que si elle inférieure, elle peut gravement affecter la santé des plantes et le rendement (SAMARAKOON et al, 2006).
- ❖ **Température de la solution nutritive** : elle a une relation directe avec la quantité d'oxygène consommée par les plantes et une relation inverse de l'oxygène dissous en

elle. Elle peut affecter la solubilité des engrais et de la capacité de l'absorption racinaires (BELBACHIR, 2017).

1.5. Différents systèmes hydroponiques

Deux types de systèmes hydroponiques sont distingués.

1.5.1. Systèmes sans substrat

La plante est soutenue au-dessus des racines par un, carton, plastique, bois ou du fil de fer. Les racines sont en permanence ou par intermittence immergées dans une solution nutritive (VITRE, 2013). On distingue :

- a) **Aquiculture (culture en eau profonde) :** les racines sont plongées dans la solution nutritive (Fig. 1) qui se trouve dans un bac de culture opaque de taille variable (VANOS *et al.*, 2008).

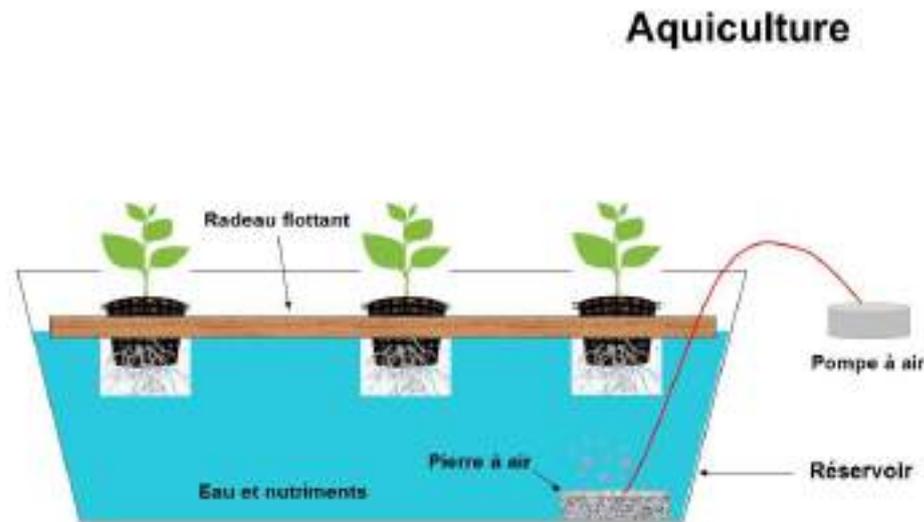


Fig. 1 – Schéma de système d'Aquiculture

- b) **Technique du film nutritif (N.F.T.) :** elle utilise une vaporisation (Fig. 2), ou un ruissellement constant d'eau pour fournir l'arrosage des nutriments nécessaires aux racines (BELBACHIR, 2017).

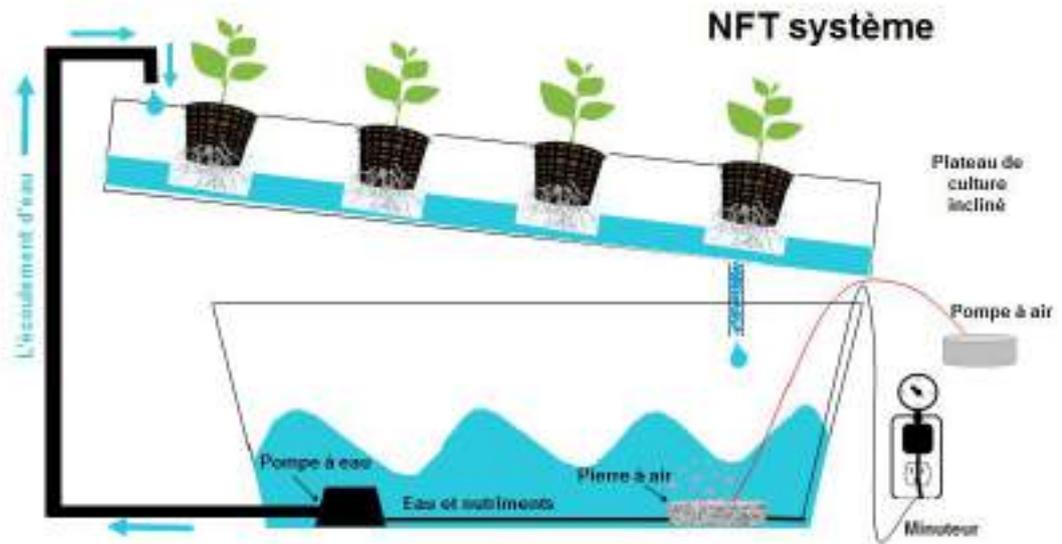


Fig. 2 – Système de film nutritif

- c) **Aéroponie** : les racines sont alimentées par un brouillard nutritif (Fig. 3) obtenu par nébulisation de la solution nutritive installée directement au fond de l'enceinte close. L'excès est récupéré puis recyclé en circuit fermé (BELBACHIR, 2017).

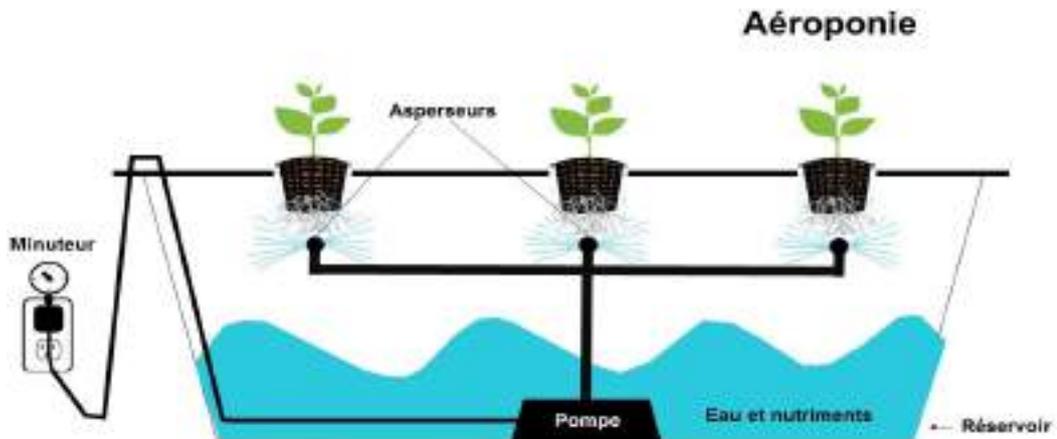


Fig. 3 – Schéma de système d'Aéroponie

- d) **Ultraponie** : c'est une amélioration de l'Aéroponie (Fig. 4). Les racines sont en contact d'un brouillard nutritif créé grâce à des brumisateurs à ultrasons. Il est fait de très fines gouttelettes formant un milieu composé d'eau et d'oxygène directement assimilable par les racines [Référence électronique 1].

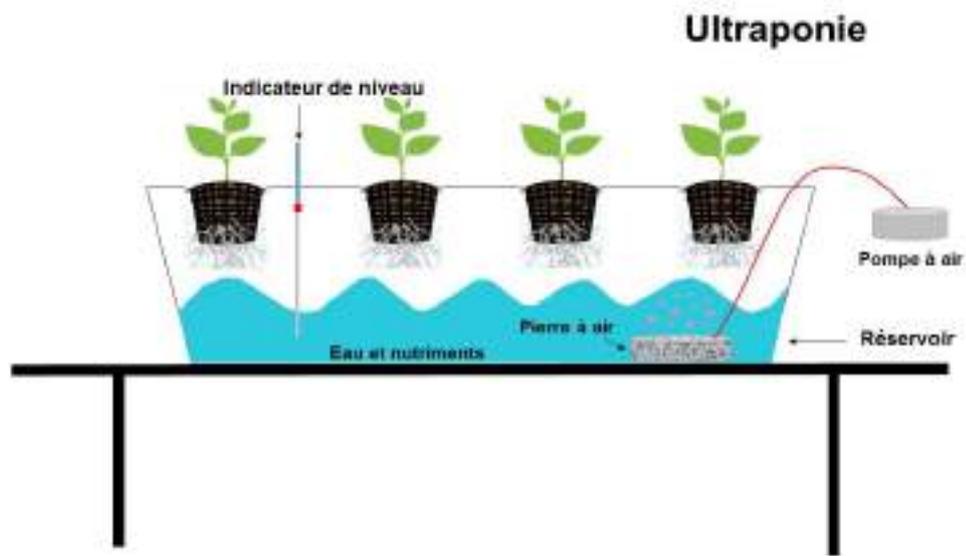


Fig. 4 – Schéma de système d'Ultra-ponie

1.5.2. Systèmes avec substrat

Très utilisée ces dernières années, elle fait appel à un support solide qui contribue à l'oxygénation du système racinaire, comme le cas des deux irrigations espacées dans le temps en sol pour une culture traditionnelle par l'alternance irrigation/drainage. En plus, la rétention de la solution nutritive par le substrat assure une réserve d'eau et éléments nutritifs, contrairement aux techniques sans substrat (BELBACHIR, 2017). On distingue :

- a) **Système de table à marées (Flux-reflux)** : consiste à faire pousser des végétaux sur du substrat (Fig. 5) placé dans des containers étanches, de matière plastique appelés tables à marée (ALAIN, 2003).

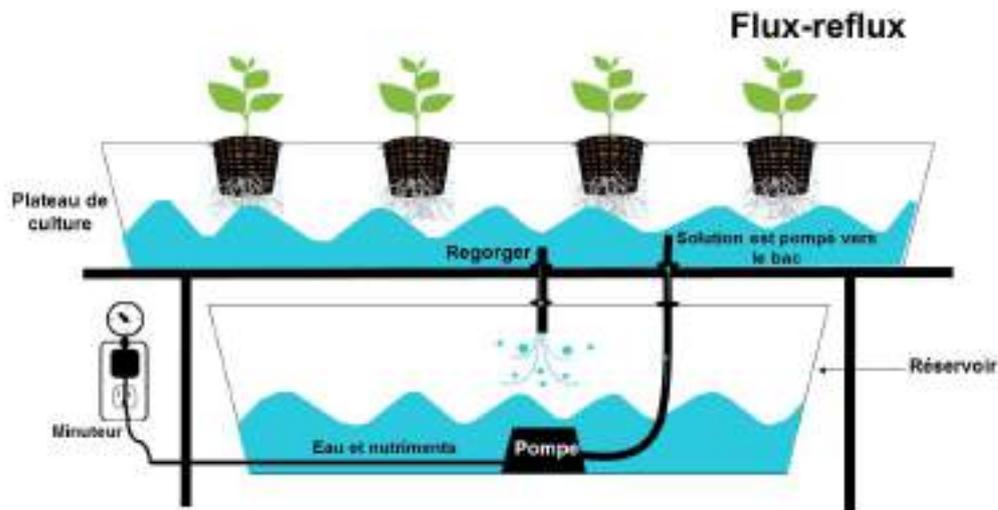


Fig. 5 - Schéma de système de flux et reflux

- **b) Système de goutte à goutte :** exige l'utilisation d'une pompe qui fait monter l'eau au-dessus du substrat via un goutte à goutte (Fig. 6). L'eau s'infiltré à travers le substrat, redescend dans le réservoir, pour être injectée une autre fois de plus. Quant aux plants, elles sont installées séparément dans des pots ou sur un plateau commun ((MORARD, 1995).

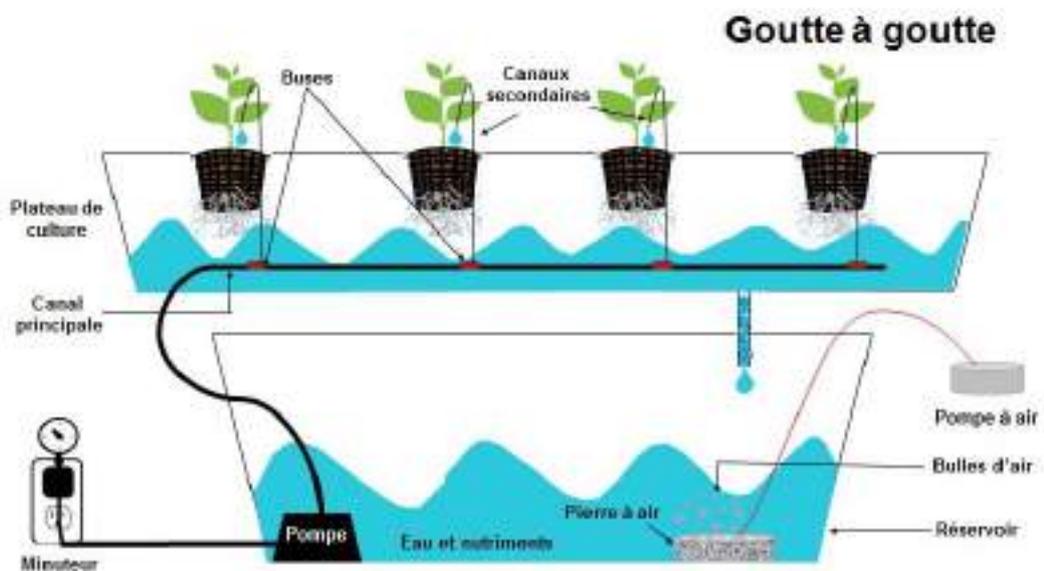


Fig. 6 – Schéma de système de goutte à goutte

- **c) Système à flux continu** : représenté par des bacs opaques remplis le plus souvent avec de billes d'argile, car ce substrat n'engendre pas de déchets, qui peuvent écraser le réservoir qui se trouve au-dessous (MORARD, 1995).

1.6. Généralité sur la laitue

Sous leurs diverses formes, les laitues sont les légumes salades les plus importants, disponibles toute l'année selon les variétés (RENAUD, 2009).

1.6.1. Présentation de la plante

La laitue cultivée (*Lactuca sativa* L.) est une plante herbacée, annuelle, de jours longs à cycle court. Elle développe une rosette de feuilles entières, capable ou non selon la variété ou le type, de former une pomme. Après la formation de cette dernière, la tige subit une élongation et l'apex évolue en hampe florale dont les feuilles sont larges, allongées, cloquées et imbriquées en plusieurs couches plus ou moins serrées. Les fleurs sont réunies en grappes de couleur jaune. Le système racinaire est pivotant (25 –30 cm) épais et chevelu. On a deux types de formes de la laitue [Référence électronique 2]. La laitue est une plante dont le cycle de croissance est court. Selon la période du semis elle prend de 80 jours au printemps à 53 jours en été pour atteindre la maturité. Pour la laitue plantée, on compte de 40 à 55 jours de croissance aux champs. (I.T.C.M.I., 2010).

➤ Laitue ne formant pas de pomme

La celtuce (laitue-asperge) : la plante forme une tige charnue. La laitue à couper développe une rosette très fournie, de feuilles libres.

➤ Laitue formant une pomme

- Laitue romaine ; donnant une pomme oblongue ;
- Laitue pommée frisée ou batavia : pomme à tendance aplatie et peut être volumineuse ;
- Laitue pommée lisse ou beurre : pomme globuleuse, feuilles plus ou moins molles ;
- Laitue grasse : feuilles épaisses formant une petite pomme, assez peu recouverte.

1.6.2. Stades phénologiques de la plante

La laitue (*Lactuca sativa*) cultivée est une plante à deux phases bien distinctes (Fig. 7) :

- La phase végétative : aboutissant à la formation d'une pomme plus ou moins fermée, constituant le stade de la commercialisation

- La phase reproductrice : au cours de laquelle la tige centrale s'allonge (montaison) s'achève par la floraison et la production de graines (MAISONNEUVE, 2013).



Fig. 7 - Schéma des stades phénologiques de la laitue (*Lactuca sativa*)

A : levée	B : cotylédons étalés
C : 3 feuilles étalées	D : début de formation de tête
E : la tête à atteint 50% de sa taille finale	F : début de la floraison
G : maturation des grains	

1.6.3. Caractéristiques de la plante

Les caractéristiques morphologiques, physiologiques et biologiques sont abordées dans ce qui suit.

- **Morphologiques**

Les semences sont des graines fines, allongées, pointues et aplaties, d'une couleur grise au centre et jaune aux pointes (LAKHDARI *et al.*, 2010). Selon G.A.B. et F.R.A.B (2009), les caractéristiques de la semence sont :

- Nombre de graines par gramme : 800 à 1000 graines ;
- Longévité moyenne de la graine : 4 à 6 ans ;
- Température de germination : 12°C - 15°C ;
- Plante des jours longs ;
- Germination s'effectue 7 à 10 jours selon la température du sol.

- **Physiologique**

La température influe sur le développement de la plante à travers la germination et la montaison (de 0 à 25 °C ; optimum : 18 – 22 °C). Ceci explique en partie la diminution du nombre de sous-espèces ou de variétés de laitues (*Lactuca sativa*) des régions boréales et tempérées aux régions semi-arides à tropicales. Dans le cadre de la conservation des semences et de leur préservation du vieillissement, à des fins scientifiques ou strictement potagères, il convient de stocker les semences à l'abri de la lumière, de la chaleur et de forte humidité (RENARD, 1986 ; HUANG et al., 2003).

- **Biologique**

Après la phase végétative, la tige s'allonge et la hampe florale ramifiée en corymbe se développe. Les plantes ont alors 1 à 1,5 m de haut et portent de nombreux capitules, appelés couramment fleurs, ayant 10 à 15 fleurons. Tous les fleurons sont ligulés et présentent un développement quasi synchrone. Les ligules sont jaunes avec, chez certaines variétés, la face externe anthocyane. La ligule correspond à 5 pétales soudés que l'on peut identifier en comptant ses dents.

1.6.4. Exigences de la culture

Dans cette partie sont développées les différentes exigences de la laitue.

- **Exigence climatique**

-Température : la laitue (*Lactuca sativa*) est une plante qui se développe dans des conditions de température variant entre 20 à 24°C le jour et 7°C la nuit (ELATTIR et SKIRDJ, 2006).

- Ensoleillement : les optimums en cours de culture dépendent du stade de développement, de l'intensité de l'éclairement et de la variété (ELMHIRST, 2006).

- Humidité : elle est étroitement surveillée et contrôlée dans la serre (ELMHIRST, 2006).

- **Exigence édaphique**

La laitue (*Lactuca sativa*) est sensible à l'asphyxie et s'adapte tout de même à une grande variété des sols (limon sableux à limon argileux). Par ailleurs, elle préfère les sols avec un taux élevé de matière organique. Le pH optimal est de 6,7 à 7,2. Un sol acide (pH<6) ou battant est très défavorables à la production de la laitue (COLLIN et LIZOT, 2003).

- **Exigence hydrique**

La laitue (*Lactuca sativa*) est moyennement sensible au stress hydrique, une ou deux irrigations de 25 à 30 mm pourront être mises en œuvre au début de la floraison et lors du stade remplissage des graines. Sous-abris, l'irrigation sera plus facile à gérer avec la technique goutte à goutte. (COLLIN et LIZOT, 2003).

- **Exigence en éléments fertilisants**

Selon NICOT (2010), la fertilisation peut agir à trois niveaux. Tout d'abord, les minéraux absorbés par les racines vont être utilisés directement dans les cellules des tissus végétaux. La fertilisation peut agir à un deuxième niveau qui est le système naturel de défense de la plante de certains composés toxiques pour les bio-agresseurs, ainsi que le renforcement des parois cellulaires. En fin, la fertilisation a un effet sur l'architecture de la plante. Une forte fertilisation entraîne une croissance végétative forte, ce qui engendre en parallèle un climat plus humide dans la serre qui influe sur le développement des maladies.

1.6.5. Importance économique et calorifique

La laitue est un légume très populaire, beaucoup consommé et qui constitue une importance économique à travers le monde entier (COELHO et al., 2005). La partie consommable de la laitue contient environ 95 % d'eau, mais aussi un peu de fibres alimentaires (1,5 %), de sucres (0,9 %), de minéraux, des vitamines A, B, C, E, et des minéraux comme le calcium et le fer (THICOIPE, 1997). Le contenu en calories, protéines, glucides, lipides et fibres (même en faibles quantités) sont des caractéristiques appréciées pour la santé (COELHO et al., 2005). La composition varie d'une variété à l'autre selon les conditions et le type de laitue. Pour 100 g de la laitue, la valeur nutritive maximale est de 36 kJ (8,6 kcal) et la valeur calorique totale est de 44 kJ (10 kcal) (THICOIPE, 1997).

Chapitre 2
matériel et
méthodes

Chapitre II – Matériel et méthodes

Dans ce chapitre sont développés, le choix de station et les procédés adoptés sur le terrain et au laboratoire ainsi que les techniques employées pour l’exploitation des résultats obtenus dans le cadre de cette étude.

2.1. Démarche expérimentale

Pour atteindre notre objectif nous avons adopté les démarches suivantes :

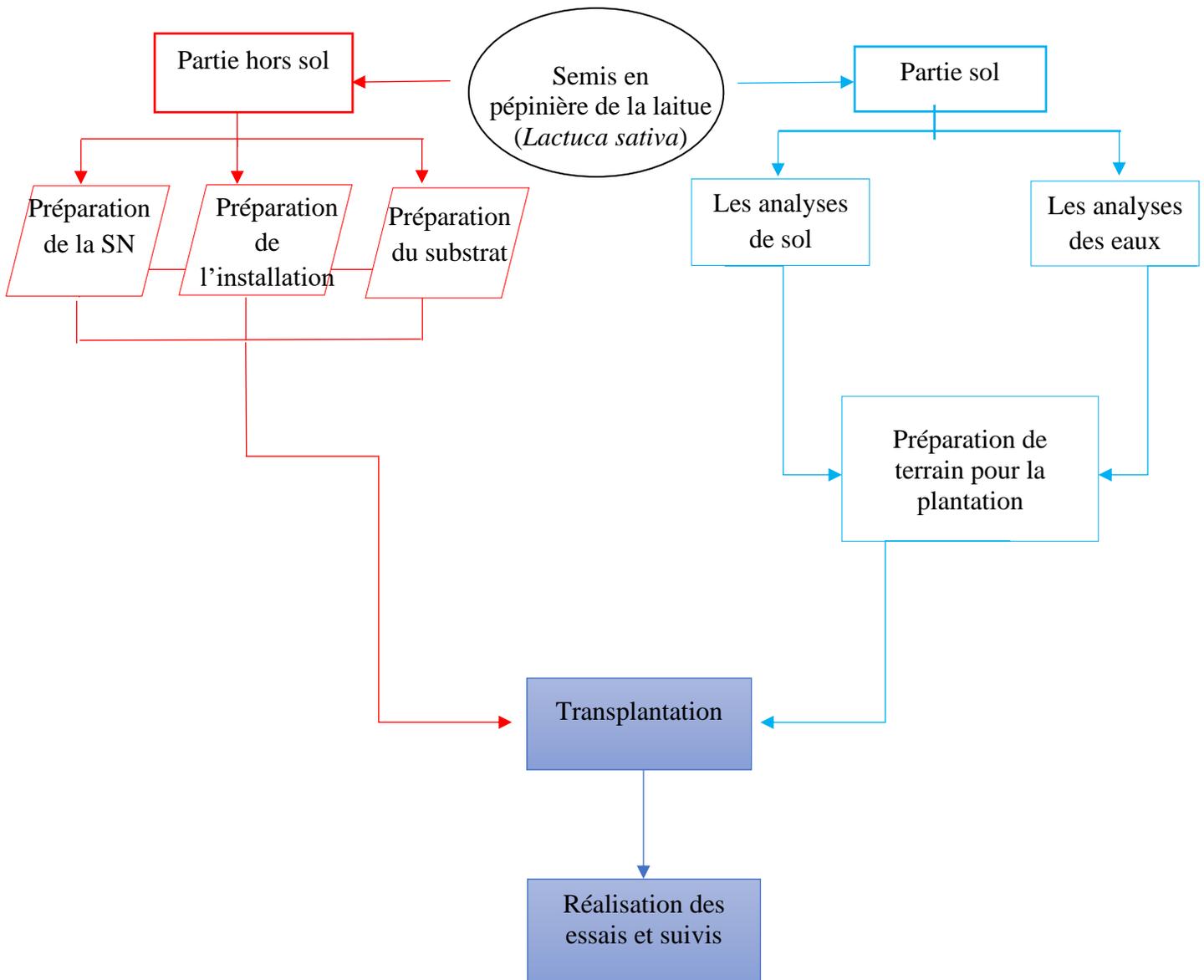


Fig.8 - Schéma exprime la démarche expérimentale

SN : solution nutritive

2.2. Présentation de la région d’Ouargla

La région d’Ouargla (29° 13’ à 33° 42’ N ; 3° 06’ à 5° 20’ E) est située au fond d’une cuvette gorgée d’un remplissage sédimentaire de la vallée d’Oued M’ya (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975). Son chef-lieu est positionné à 800km au Sud-Est de la capitale (Photo. 1). Elle couvre une superficie de 163.233km². Sur le plan géomorphologique, sa ville est limitée par, Sebket Safouine au Nord, à l’Est par les Ergs El Touil et Arifdji, au Sud par les ruines de Sedrata, et à l’Ouest par le plateau du M’Zab (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).

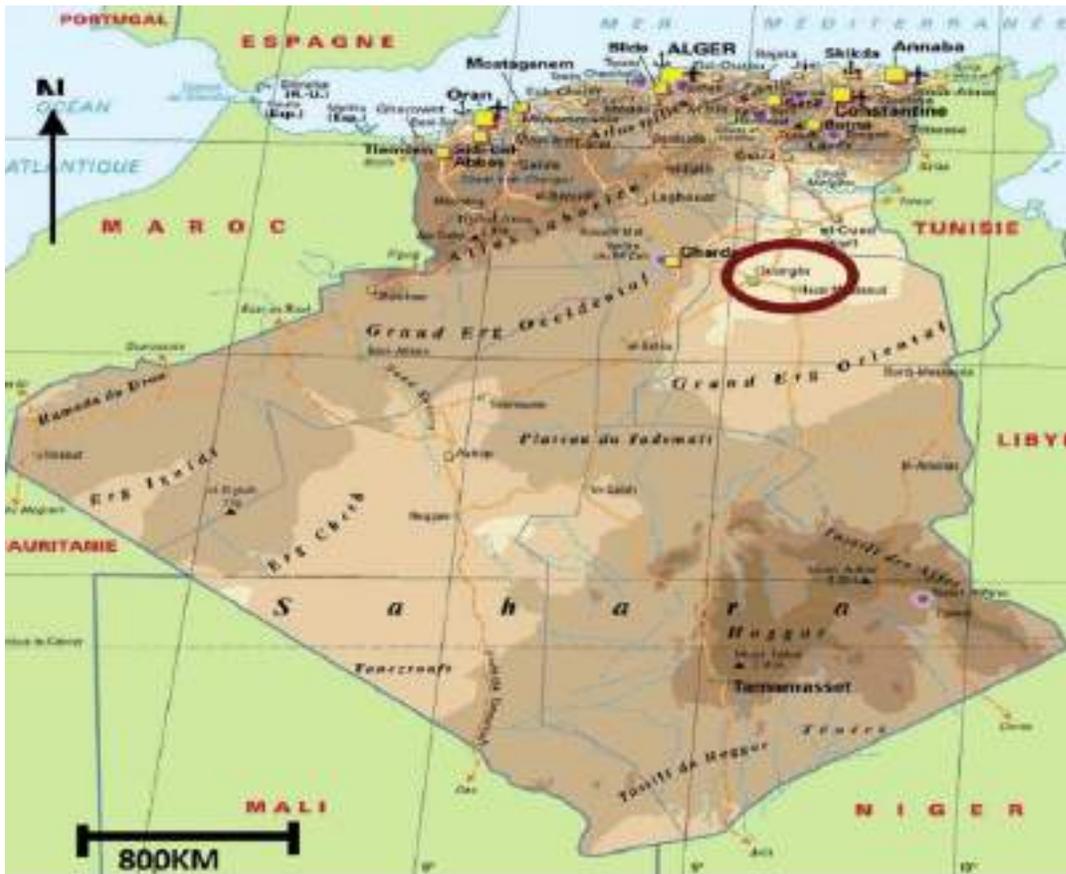


Photo. 1 - Photo satellitaire de la région d’Ouargla (Google, 2020)

2.2.1. Caractéristiques édaphiques

- Géologie

HAMDIAISSA (2001), montre que le relief d’Ouargla est constitué des roches sédimentaires, alluviaux et colluvions dérivées de différents types de roches.

- **Sol**

Selon **HAFSI, (2008)**, les sols à Ouargla sont squelettiques de texture sableuse et structure particulière, le pH est alcalin et le taux de salinité est très important à cause de la remontée des eaux de la nappe phréatique et des eaux d'irrigation chargées en sels.

- **Hydrologie**

Elles sont constituées de quatre nappes différentes, notamment la nappe phréatique, la nappe du mio-pliocène, la nappe du sénonien et la nappe albienne (**BEN BATOUCHE, 2007**).

2.2.2. Caractéristiques climatiques

➤ **Températures**

Les données climatiques de l'année 2019, montre que le mois le plus chaud est Juillet avec une T° moyenne qui avoisine les 40,7°C, par contre le mois le plus froid est Janvier avec une T° moyenne égale à 6,5°C. Au court de la dernière décennie, le mois le plus chaud est Juillet avec une température moyenne de 36,2°C et le mois le plus froid est Janvier avec une température moyenne de 12,4°C. Il faut noter que la région d'Ouargla est située dans l'étage bioclimatique saharien avec un hiver doux (**O.N.M Ouargla, 2020**).

➤ **Précipitations**

Elles sont faibles et irrégulières, comme dans la majeure partie des régions sahariennes (**O.N.M Ouargla, 2020**).

➤ **Humidité relative de l'air**

L'air est chaud et sec, où l'humidité relative moyenne annuelle (2009-2019) est égale à 42%. Elle varie en fonction des saisons et des années (**O.N.M Ouargla, 2020**).

➤ **Vent**

Les vents soufflent du nord-est et du sud. La vitesse moyenne annuelle du vent est de 32,0 km/h (**O.N.M Ouargla, 2020**).

Insolation

La durée de l'insolation annuelle qui caractérise la région d'Ouargla est élevée de l'ordre 272,4 heures (O.N.M Ouargla 2020).

➤ Evaporation

Elle est élevée durant le mois de juillet avec 447,2mm et elle très faible en décembre avec une valeur de l'ordre de 86,2mm (O.N.M Ouargla, 2020).

2.2.3. Description de la station expérimentale

L'expérimentation est réalisée sous serre au niveau de l'exploitation (31°40'03'' N. ; 5°29'15'' E.) d'université de Kasdi Merbah Ouargla, elle est située à 5km du côté sud-ouest de ville d'Ouargla (Photo. 2), sur 135m d'altitude. Elle s'étend sur une superficie de 16ha, divisée en 2 secteurs (A et C). Chaque secteur est subdivisé à son tour en 2 sous-secteurs (1 et 2).



Photo. 2 - Photo satellitaire de l'exploitation agricole ITAS (Google Earth, 2020)

2.3. Matériel utilisé

Notre expérimentation est assurée par un système de culture qui est constitué par un réservoir de la solution nutritive, des tuyaux et d'une pompe émergée ;

- ❖ Pompe eau : pour la circulation d'eau 40L/min ;
- ❖ Conteneurs : ce sont des tuyaux en plastique de 80 mm (pvc) de diamètre assurant le placement des plantules ;
- ❖ Tuyaux de 20 mm utilisés comme supports ;
- ❖ Coudes ;
- ❖ Réservoir d'eau : c'est une citerne en plastique opaque d'une capacité de 60 litres ;
- ❖ Tuyaux d'irrigation : les tuyaux utilisés sont flexibles qui assurent l'alimentation et la distribution de la solution nutritive ;
- ❖ Gobelets en plastique : pour la transplantation des plantules ;
- ❖ Gravier : comme un substrat ;
- ❖ Les appareils de mesures : pH mètre, conductimètre (CE), thermomètre, hygromètre;
- ❖ Solution nutritive ;
- ❖ Lampe LED ;
- ❖ Plaques alvéoles ;
- ❖ Terreau ;
- ❖ Tarière ;
- ❖ Râteau ;
- ❖ Houe ;
- ❖ Faucille ;
- ❖ Balance ;
- ❖ Cordeau pour aligner le trou dans les planches.

2.4. Choix de la culture : la laitue

Le matériel végétal utilisé dans notre expérimentation étant la laitue (*Lactuca sativa*), est une plante herbacée, annuelle possédant des feuilles entières en rosette et qui fait partie de la grande famille des Astéracées. Nous avons choisi cette espèce parce qu'elle a un cycle de vie court et accessible (disponible sur le marché), ce qui permet de faire une étude approfondie. Par ailleurs, il est à mentionner également que les Algériens consomment beaucoup la laitue pour les nombreux avantages précédemment cités.

2.4.1. Position systématique de la laitue

Selon la classification d'APG (2009)

Règne : Plantae

Class : Angiosperme

Ordre : Asterales

Famille : Asteraceae

Genre : *Lactuca*

Espèce : *Lactuca sativa* L.



Fig. 9 - Forme globale de la laitue (*Lactuca sativa*)

2.4.2. Caractéristique de la semence

La variété utilisée dans le cadre de cette étude est la laitue batavia Blonde de Paris, qui est une variété rustique (qui résiste très bien aux basses températures) mais également extrêmement résistante à la chaleur. Il s'agit donc d'une variété de printemps et d'été formant de grosses pommes volumineuse et très ferme d'une couleur vert clair. Son feuillage est cloqué et ses feuilles sont ondulées et très croquantes.



Fig. 10 - Semence de la laitue (batavia blonde de Paris)

2.5 Choix du système de la culture hors sol

Le système hydroponique construit dans cette étude est celui de « technique de film nutritif ». Ce type est choisi car il a une haute efficacité dans la distribution des nutriments et de l'oxygène pour que les plantes poussent de façon plus optimale. La Nutriments Film Technique, ou NFT, est une sorte de système hydroponique où le flux de solutions nutritives s'écoule constamment à travers les racines des plantes.

2.5.1. Dispositif Expérimentale

L'expérience suit un dispositif en randomisation totale a différents facteurs étudiés (facteur de croissance, T° et H% et ...ect). La plantation a été effectuée hors sol (Fig.11) et au sol (Fig. 12).

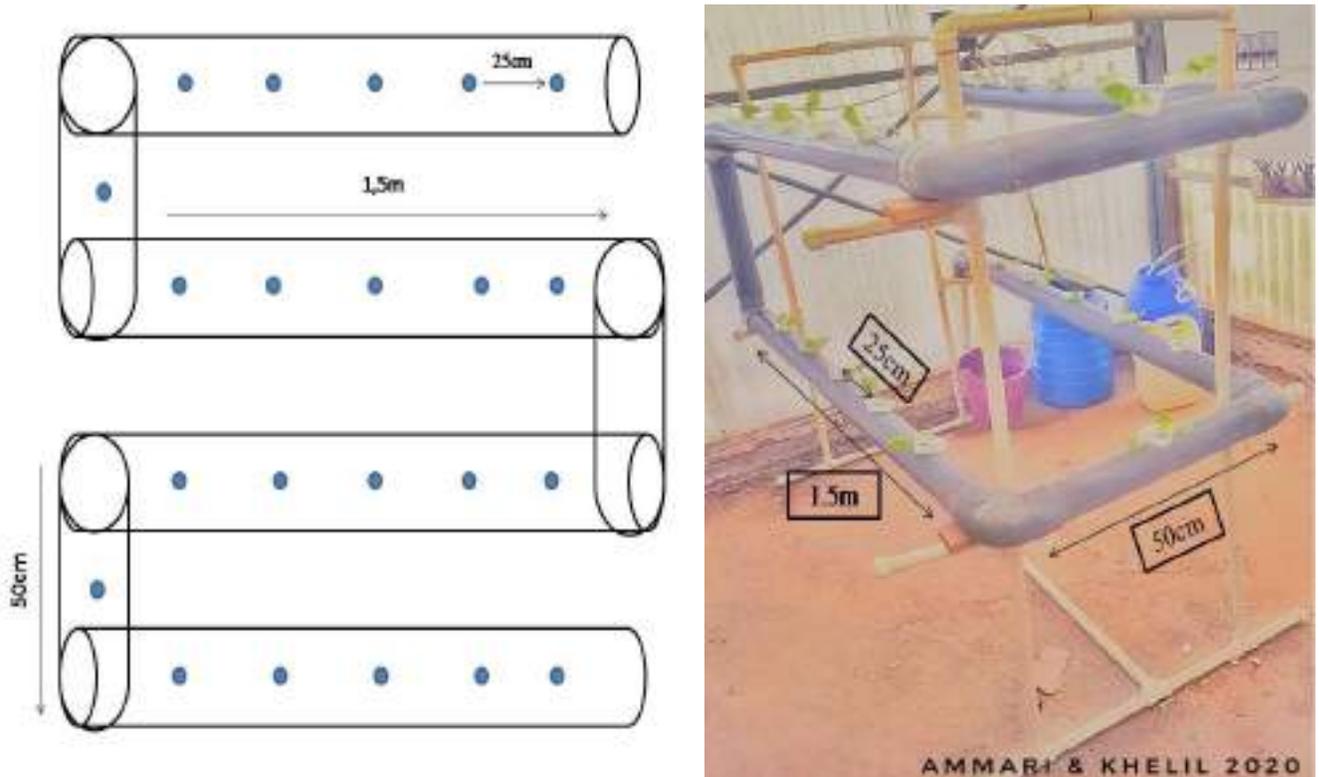


Fig. 11 - Dispositif expérimentale de la laitue hors sol

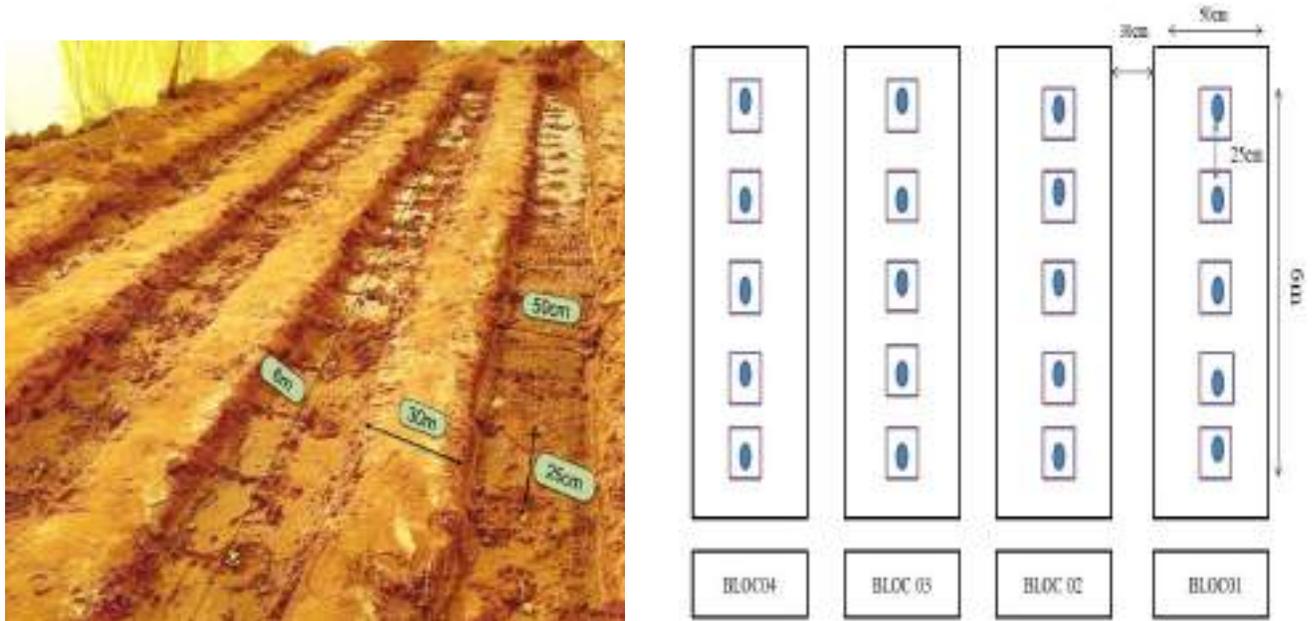


Fig. 12 - Dispositif expérimentale de la laitue au sol

2.6. Réalisation de l'essai

- **Hors sol**

Nous avons fait différents travaux pour réaliser le système hydroponique. Il s'agit de :

- Perforation des gobelets plastiques sous forme de lignes (quatre cotés) ;
- Creuser les tuyaux (7m / Ø80mm) avec une chignole pour mettre les gobelets dans les trous ;
- Installation de support pour y mettre les tuyaux ;
- Mise en place de réservoir et la pompe ;
- Montage des tuyaux perforés avec une pente (circulation d'eau+solution nutritive) en les fixant sur le support de chaque côté, distant de 50cm entre chaque tube ;
- mise en marche pour essai et vérification des fuites ;
- Désinfection de l'installation et de réservoir avec de l'eau de Javel ;
- Désinfection de substrat (gravier) à la chaleur et avec de l'eau de Javel.

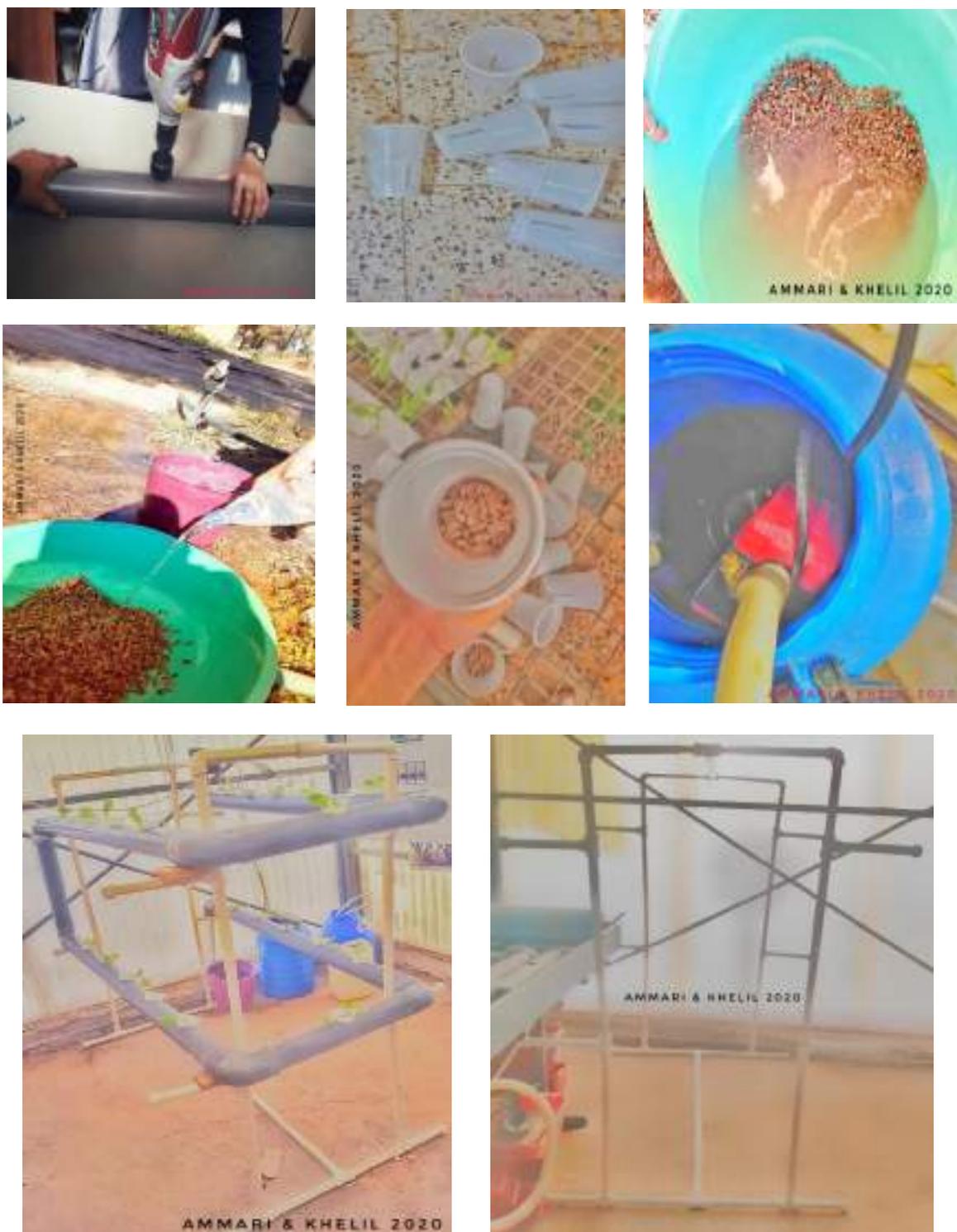


Fig. 13 – Différentes étapes pour l’installation de système hors sol

- **Sol**

Nous avons fait différents travaux pour réaliser l'essai au sol. Il s'agit de :

a- Analyses de sol

- Prélèvement et préparation des échantillons pour l'obtention d'un extrait dilué 1/5 (terre-eau) à partir des échantillons ;
- Granulométrie : les analyses montrent que la fraction sableuse domine ;
- Conductivité électrique de sol : elle est comprise entre 3,5 dS/m et 4,9 dS/m, selon la (Tab. 1, Annexe II), traduisant ainsi un sol très salé ;
- pH de sol : il est alcalin selon le (Tab. 2, Annexe II), compris entre 7,39 et 7,51 ;
- Dosage du calcaire : le taux de calcaire varie de 0,6 % à 2,9 %, Selon **BAIZE, (1988)**, ces sols sont classés comme des sols peu calcaires (Tab. 3, Annexe II) ;
- Matière organique : le taux de matière organique est variable en surface et en profondeur du sol. Respectivement, il est de l'ordre de 2,0 % et 0,27%. Ce taux de matière organique est faible à très faible, selon (**MOROND, 2001**).

b- Analyses de l'eau

- Conductivité électrique de l'eau : elle est de 3,00 dS/cm. D'après DURAND, l'eau est caractérisée par une salinité faible ;
- pH de l'eau : il est égal à 7,3 ce qui signifie que l'eau est alcaline.

c- Différents pratiques avant la transplantation

✓ **Préparation de sol**

- Le milieu de transplantation est une serre non cultivée précédemment, avec une dimension de 5m de largeur et de 10m de longueur avec une profondeur de 20-30cm, sachant qu'à la surface il y a des tâches blanches de sel, donc le sol est salé ;
- La désinfection du sol : en été, le sol est couvert avec un film plastique après l'avoir arrosé et fermé la serre pendant 45 jours afin de pouvoir désinfecter la couche superficielle du sol (solarisation) ;
- Après un nettoyage complet de la serre, on a fait un passage de râteau (1 à 2 fois) pour casser la croûte de surface. Puis un dernier passage a permis d'égaliser le terrain ;

- Labour superficiel de sol ;
 - Les planches doivent être nivelées et d'une taille permettant un accès facile à toutes les plantules qui y sont déposées. La largeur des planches ne dépassera pas 1m.
 - Le nivelage du sol selon une pente de 0,2 à 0,5% ;
- ✓ **Préparation de la serre**
- Le nettoyage de la serre entière avec une solution d'eau javellisée ;
 - Eliminer les mauvaises herbes qui existes (Désherbage) ;
- ✓ **Irrigation**
- Préparation des conduites d'irrigation ;
 - La source de l'eau de l'irrigation a été le forage de l'exploitation de l'université : (Miopliocène ; situé au nord-est du secteur A1, réalisé en 1986, il a une profondeur de 68 m, un débit de 18 l/s et une température de 18 °C) (UKMO, 2013).
 - Irriguer plusieurs fois pour remplir la réserve utile de sol ;
 - Besoin en eau après transplantation : 50 litres d'eau par planche de 3m² chaque 2jours pendant 1 semaine ;
 - Avant le stade pommaison : 75 litres d'eau par planche de 3m² chaque 2jours durant 2 semaine ;
 - Après le stade pommaison, 100 litres d'eau par planche de 3m² chaque trois jours une semaine ;
 - Le pompage d'eau et l'irrigation représentent 36% du total des charges.

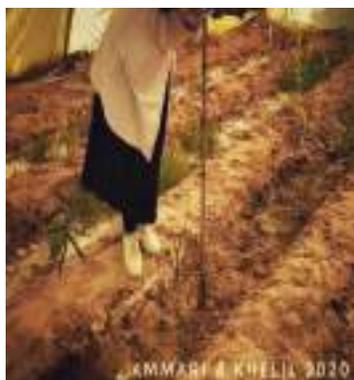




Fig. 14 - Différentes étapes de la mise en culture en sol (sous serre)

2.6.1. Semis et pépinière

On fait le semis en pépinière pour :

- Produire des plants indemnes de maladies et de ravageurs ;
- Produire des plants vigoureux qui seront plus résistants lors du repiquage.
- Le semis est effectué sous serre dans des plaques alvéolées de 3-4 cm de côté contenant de la tourbe stérilisée ;
- Le premier semis est réalisé le 5 Décembre 2019 ;
- Les graines sont enterrées d'une manière homogène à une profondeur de 0,5 cm à raison d'une 4 graines par alvéole ;
- Le semis est suivi par un arrosage ;
- L'entretien de la pépinière avec une irrigation à l'eau de fourrage chaque 2 jours ;
- La deuxième semis est réalisé le 5 Janvier 2020 ;
- On a irrigué avec l'eau potable chaque 2 jours.



Fig. 15 - Semis de la laitue dans des alvéoles en plastique

2.6.2. Transplantation

Il est préconisé de mettre en place les jeunes plants sur un substrat irrigué. La transplantation nécessite de la délicatesse afin d'éviter le stress des racines ou la cassure des tiges. La première transplantation est réalisée en 03/02/2020, alors que la deuxième est faite le 19/02/2020. Les plantules de laitues ont été transplantées au stade 3 à 4 vraies feuilles. Nous avons lavé les racines de plantules qui contient le terreau et placées dans les trous dans le sol et les gobelets pour le système hydroponique. Le développement des plantes doit être suivi journalier pour éviter le maximum d'infection et de pertes des plantes.





Fig. 16 - Transplantation des plantules

2.6.3. Suivi et conduite de la culture

Après la transplantation, nous avons effectué les travaux d'entretien suivants :

2.6.3.1. Entretien et soin essentiel

Plusieurs travaux d'entretien et soin sont essentiels pour une bonne conduite de la culture.

Ces travaux sont :

▪ En hydroponie

- Surveillance journalière ;
- Surveillance des traces de moisissures (présence de bulles à la surface) ;
- Nettoyage chaque jour des feuilles mortes ou tout autre débris organiques ;
- L'aération de la serre par des ventilateurs pour réduire la température ;
- Contrôle de niveau de l'eau qui est dans le réservoir ;
- Vérification régulière de l'installation hydroponique (en cas il y'a des fuites).
- Prélèvement des données de températures et d'humidité chaque jour.

▪ Dans le sol

- Réalisation d'un désherbage régulier aux alentours de la serre sachant que les mauvaises herbes sont un foyer de contamination de maladies et de parasites ;

- Mettre en place les pos Barber comme piège d'interception des arthropodes nuisibles ;
- Retirez les feuilles mortes de la plante et remplacement de celles qui sont mortes ;
- Elevez le couvert de la porte de la serre lorsque la température est élevée pour la diminution de la température ;
- Elimination les fourmilières ;
- Déminuer le taux d'irrigation ;
- Placement d'un hygromètre et thermomètre et marquez les données chaque jour.

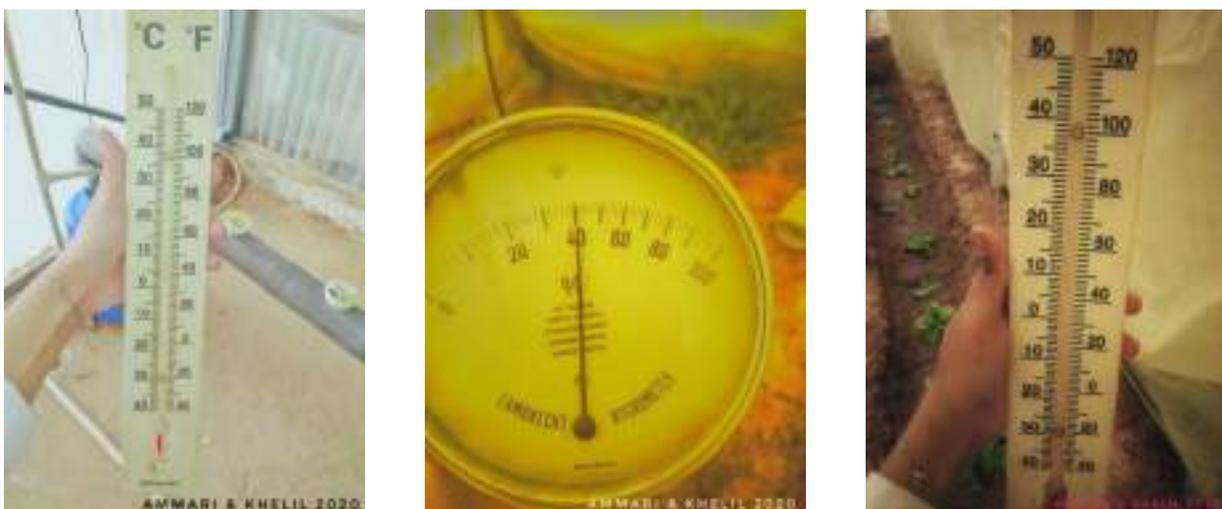


Fig. 17 – Déférents mesures par thermomètre et hygromètre

2.6.3.2. Apports nutritifs

La solution nutritive et le choix de l'engrais doit se faire en fonction de la période de culture et du stade de végétation.

❖ Hors sol

Préparation de solution nutritive (A-B)

- Solution A : mélanger 250,19 g de matière organique liquide en 10L d'eau ;
- Solution B : mélanger 250 g de matière organique poudre en 10 L d'eau ;
- La solution A est ajoutée dans l'eau d'irrigation avec l'agitation pendant 3 à 4 minutes et après on fait les mesures de pH et CE pendant 3 jours ;
- La solution B est ajoutée 3 jours après avoir ajuté la solution A ;

- Après 15 jours, nous avons ajouté la solution A, suivie par la solution B.



Fig. 18 - Préparation des solutions nutritives (A-B)

❖ Sol

C'est la première année de culture sur cette terre. Les engrais utilisés sont :

- Avant le semis nous avons utilisé : 54kg d'engrais de fond (N) ;
- Après une semaine de la transplantation jusqu'au début de stade pomaison : 2,5 kg de NPK (15.15.15) ;
- Nous avons ajouté les engrais minéraux après l'irrigation.



Fig. 19 - Préparation de l'engrais

2.6.3.3. Mesure et réajustement de pH et CE

La valeur du pH indique la disponibilité des nutriments dans l'eau. Par ailleurs, CE détermine la concentration de solution nutritive. En conséquence, le réglage doit être fait tous les jours. Un jour après avoir mesuré le pH, nous avons marqué une augmentation de sa valeur à 7,8. L'ajout de quelque goutte de l'acide (H_2SO_4) suffit pour la diminution. La valeur du pH a augmenté encore une fois, et nous avons réajouter une double quantité d'acide (H_2SO_4). Pour remédier ce problème, nous avons ajouté une cuillère du vinaigre alimentaire c'était efficace. Et aussi l'addition de l'eau potable pour diluer la solution nutritive et réduisez la valeur de CE.



Fig. 20- Mesure de pH et CE

2.6.3.4. Détermination et gestion des bio-agresseurs

Malgré l'utilisation de variétés hybrides, résistantes aux ravageurs et maladies vasculaires, la laitue demeure sujette aux attaques. Pour déterminer les bio agresseurs on a utilisé la méthode des pots Barber. Ce genre de piège sert à l'échantillonnage des invertébrés qui se déplacent aux sols (BENKHELIL, 1992). C'est un récipient de tout nature (boite de conserve ou bouteille en plastique coupée). Les pots sont enterrés, verticalement, de façon à ce que l'ouverture se trouve légèrement au-dessous du sol (BEN ABDALLAH, 2019). Ils sont remplis d'eau aux deux tiers de leur hauteur additionnée de détergent qui joue le rôle de mouillant et qui empêche les invertébrés piégés de s'échapper. Dans cette étude 6 pots Barber sont installés dans chaque lignes où se trouve la laitue aux sols (BENKHELIL, 1992). Les noms des insectes que nous avons trouvés sont mentionnés en Annexe II (Tab. 4).

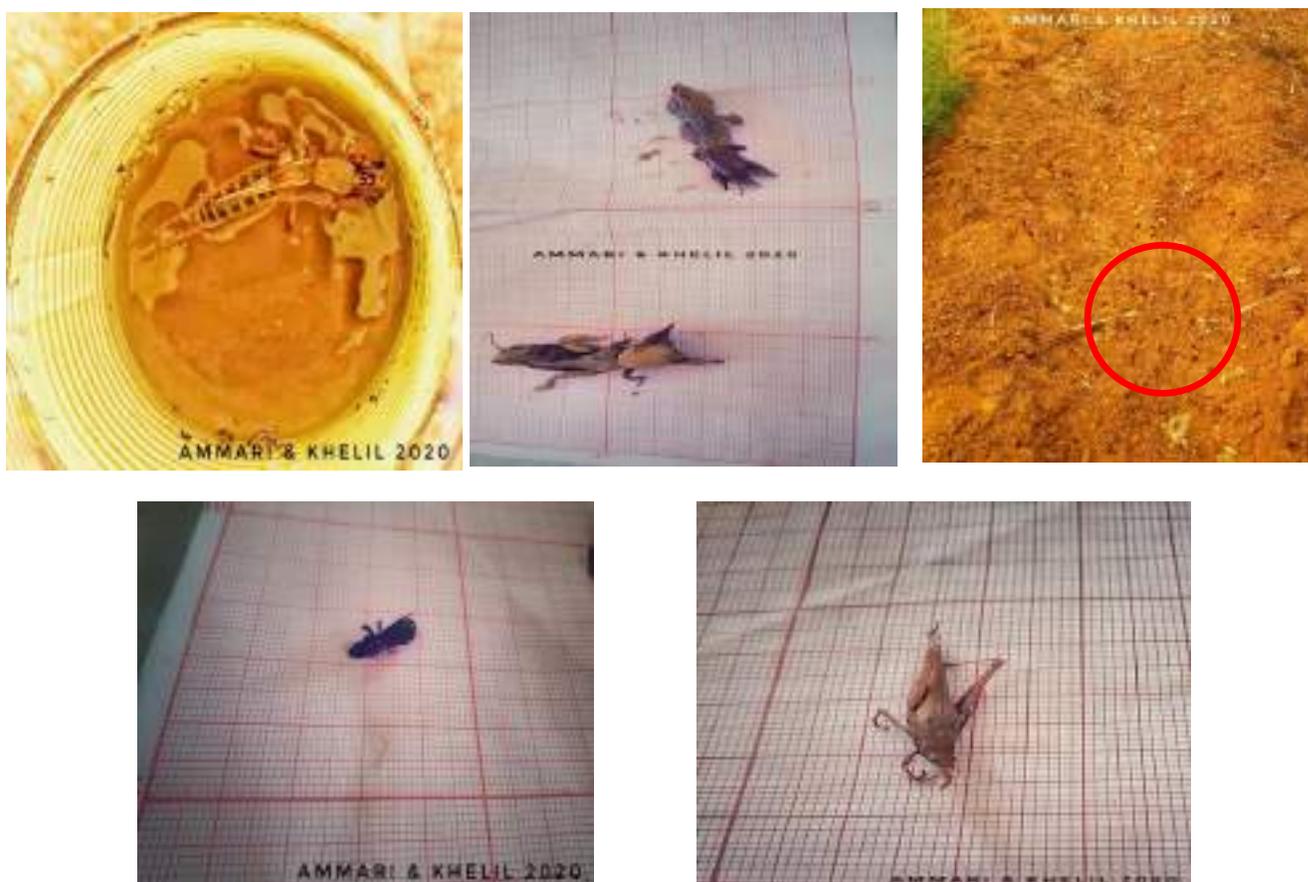


Fig. 21 - Différentes espèces d'insectes collectées dans la serre de laitue

2.6.3.5. Mesures biométriques

- Paramètres de croissance
Nombre de feuille : Nous avons comptez les feuilles (mortes et vivantes) ainsi que le nombre de plant mort pour les remplacements ;
Longueur de feuille : Nous avons mesuré la hauteur des plants à l'aide d'une règle.
- Paramètre de production
Poids frais de la laitue : Nous avons fait à l'aide d'une balance
- Autres paramètres
Variation de pH et CE dans la solution nutritive et effet de la température sur la culture

2.7. Récolte

Les plantes sont récoltées manuellement après trois mois de culture (après la pomaison). Nous n'avons pas pris toute la récolte jusqu'à ce qu'elle ait atteint le stade de floraison à cause de l'épidémie de covid-19. C'est le même pour hydroponie, nous n'avons pas terminé l'expérience



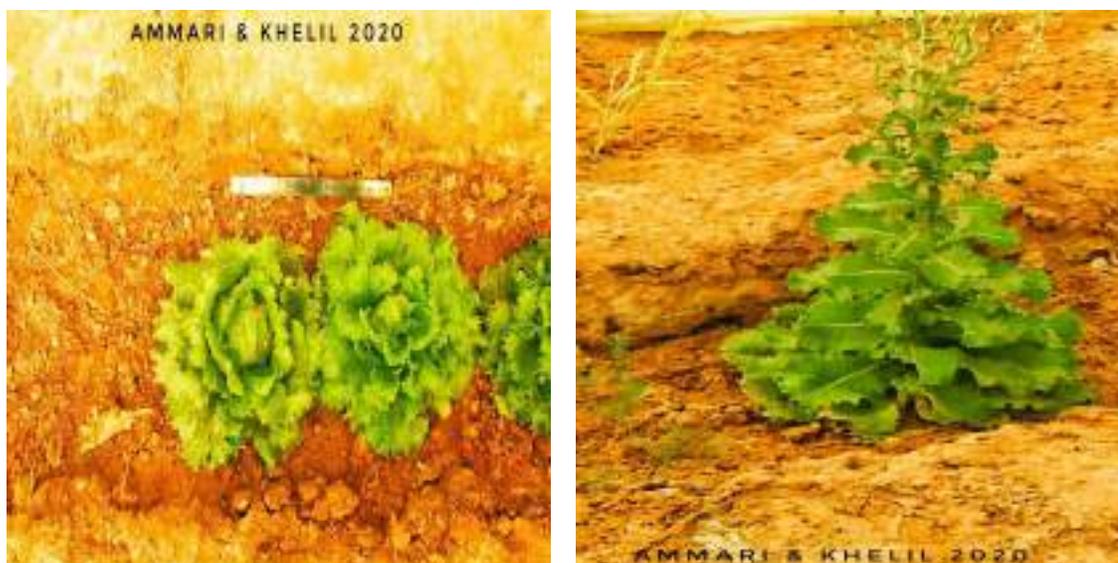


Fig. 22 - La récolte de la laitue

2.8. Exploitation des résultats par les indices statistiques

Dans cette partie sont détaillées les tests et l'analyse statistique (Kruskal-Wallis) utilisé dans le cadre de cette étude.

2.8.1. Test de Kruskal-Wallis

C'est un test non paramétrique, utilisé dans le cas où les données ne sont pas normales, afin de comparer les distributions de plusieurs échantillons statistique. Il fonctionne, non pas à partir des valeurs précises observées, mais à partir des rangs de ces valeurs interclassées (**DRESS, 2007**). L'analyse est utilisée pour faire les comparaisons entre les méthodes d'échantillonnage.

Chapitre 3
Résultats

Chapitre 3- Résultats de culture de la laitue en hydroponie et en sol

Dans ce chapitre sont présentés les résultats sur les caractéristiques biométriques et leur effet sur la laitue dans les deux milieux (hydroponique, sol), ainsi que leur évolution dans le temps à Ouargla.

3.1. Analyse statistique quelques paramètres biométriques de la laitue

Dans cette partie sont développés les résultats concernant la variation de nombres de feuilles intactes et mortes, la longueur des feuilles, les nombres des feuilles en fonctions de temps et la variation de la température et de l'humidité dans les deux milieux.

3.1.1. Variation de nombres de feuilles de la laitue en hydroponie

Comparaison entre le nombre de feuilles intactes et mortes chez la laitue en hydroponie est affichée dans la partie ci-dessous.

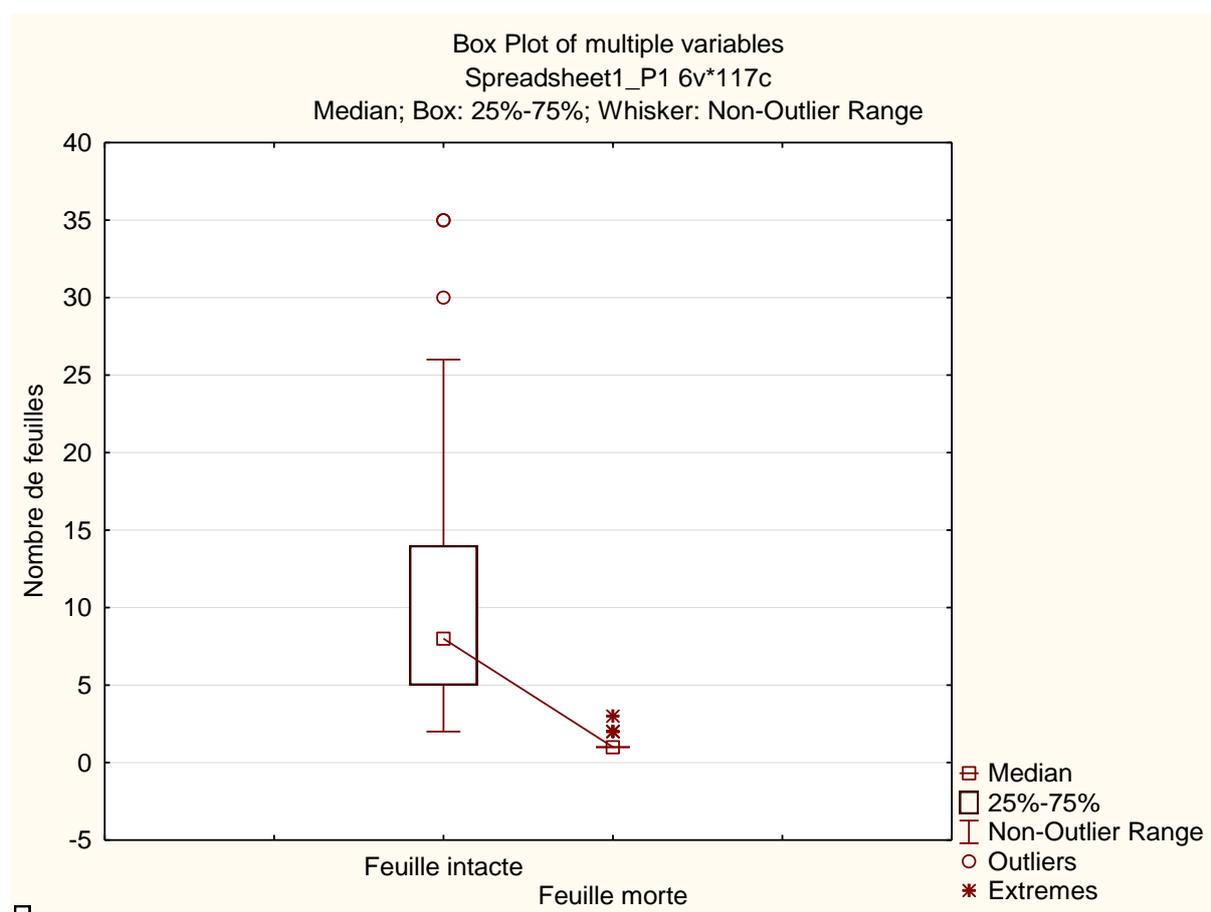


Fig. 23 - Nombre de feuilles intactes et mortes chez la laitue en hydroponie

La mesure et le suivi des feuilles de la laitue, a permis de noter que les feuilles intactes varient entre 3 et 26 feuilles. Par contre le nombre des feuilles mortes et presque 1 ou 3 feuilles (Fig. 23). La comparaison entre le nombre des feuilles pour les feuilles intactes et morte montre l'existence de différence très hautement significative ($p < 0,000$).

3.1.2. Variation de la longueur des feuilles de la laitue en hydroponie

Les résultats portant sur la variation de la longueur des feuilles sont mentionnés dans la figure 24.

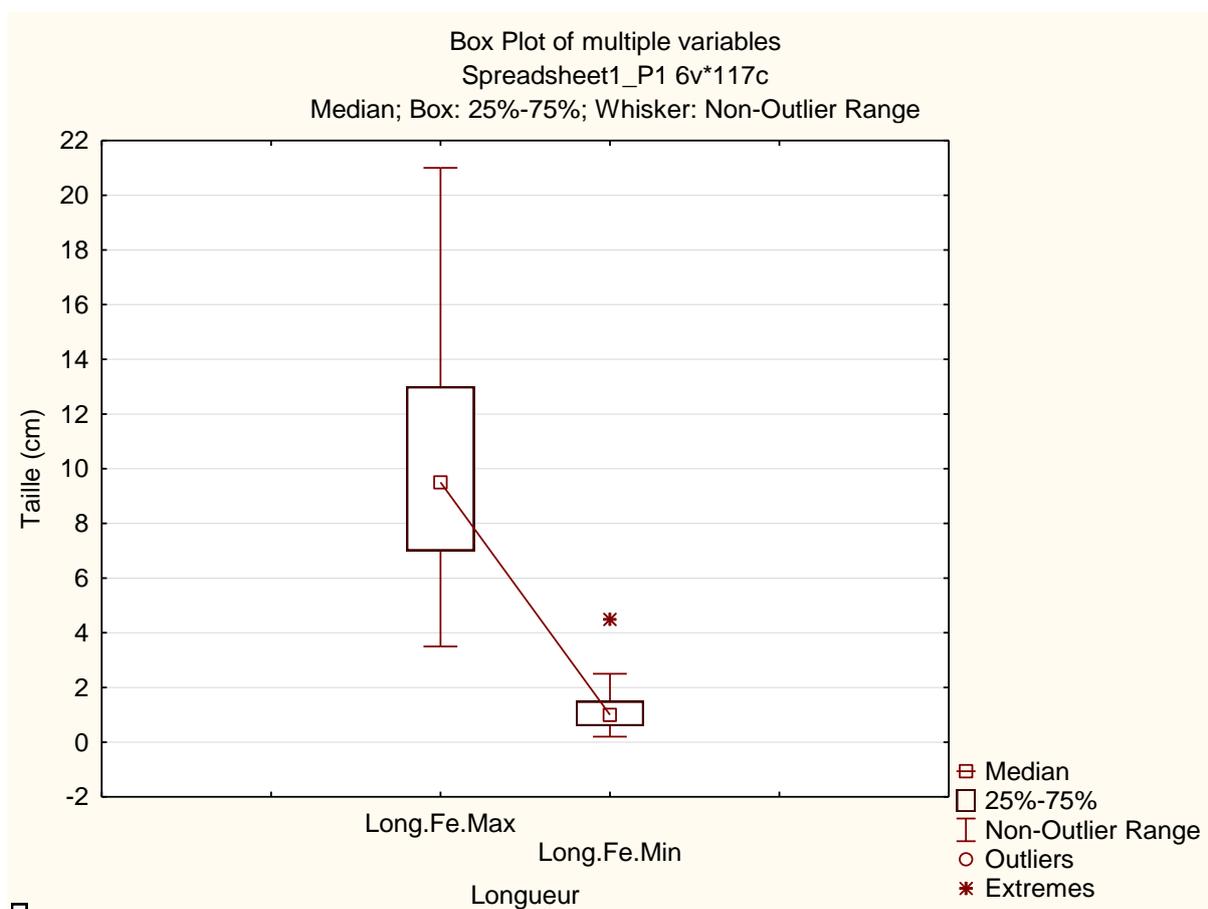


Fig. 24 - Box-plot de la longueur maximale (Long.Fe.Max) et minimale (Long.Fe.Min) des feuilles de la laitue en hydroponie

En fonction de la taille, la mesure biométrique montre qu'il y'a une différence entre la longueur maximale qui varie entre 3cm au minimum et 21 cm au maximum (Fig. 24). Alors que, la longueur minimale des feuilles variée entre 0,5 et 3 cm. Les variations biométriques entre les deux longueurs montrent l'existence de différence très hautement significative ($p < 0,000$).

3.1.3. Variation de nombre des feuilles en fonction de temps

Les résultats concernant le nombre de feuilles en fonction de temps sont développés dans ce qui suit.

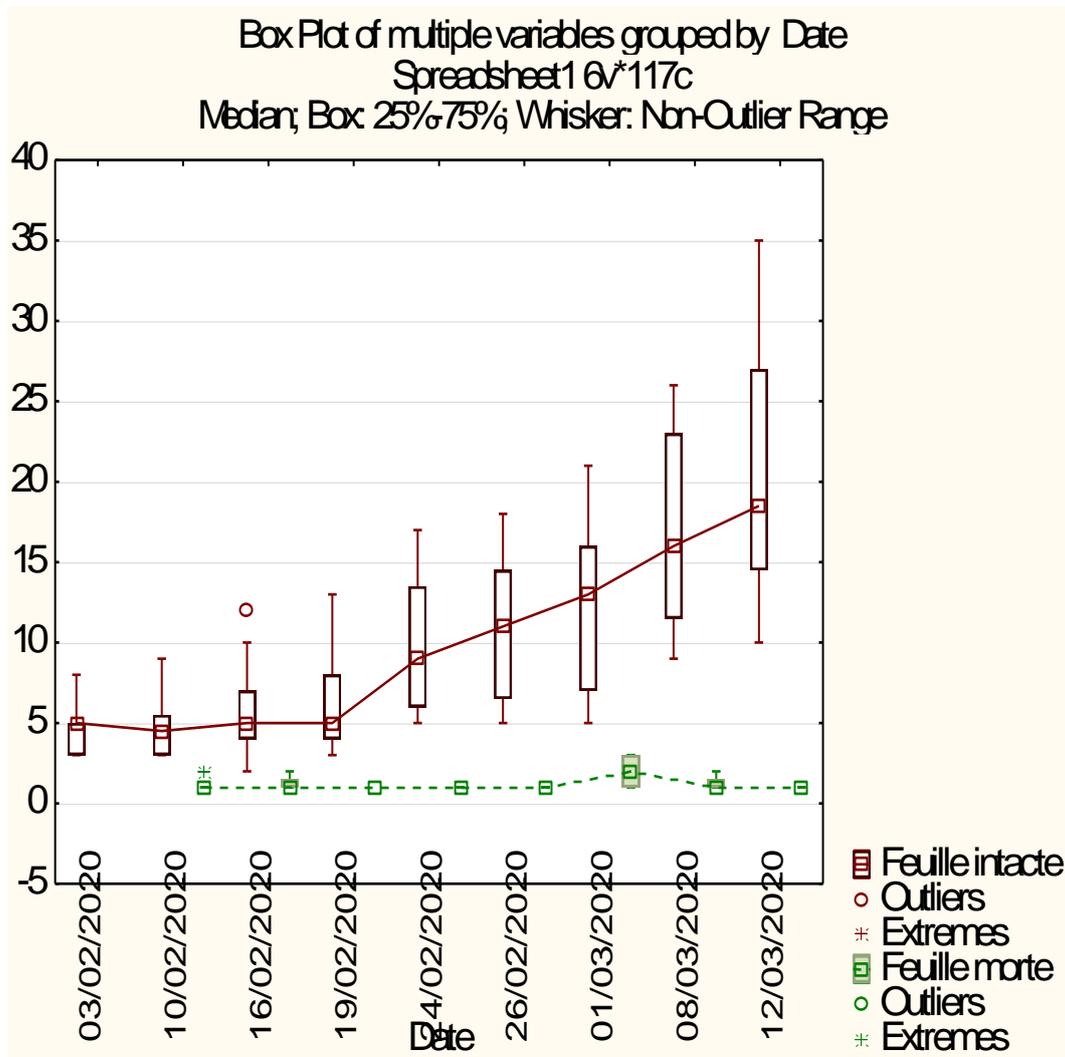


Fig. 25 - Nombre des feuilles intactes et mortes en fonction de temps dans le sol

La comparaison avec le test de Kruskal-Wallis pour le nombre des feuilles intactes en fonction de temps montre qu'il y'a une différence très hautement significative ($p < 0,000$). Ces variations ont un intervalle très important qui ne cessent d'augmenter en fonction de temps (Min 3 ; Max = 35 feuilles). Le contraire est observé pour le nombre des feuilles morte, qui ont une cinétique très modeste, avec l'absence de différence significative ($p = 0,36$) en fonction de temps (Fig. 25).

3.1.4. Etude de la longueur des feuilles de la laitue en fonction de temps

Les résultats de l'évolution de la longueur des feuilles en fonction de temps sont signalés dans la figure 26.

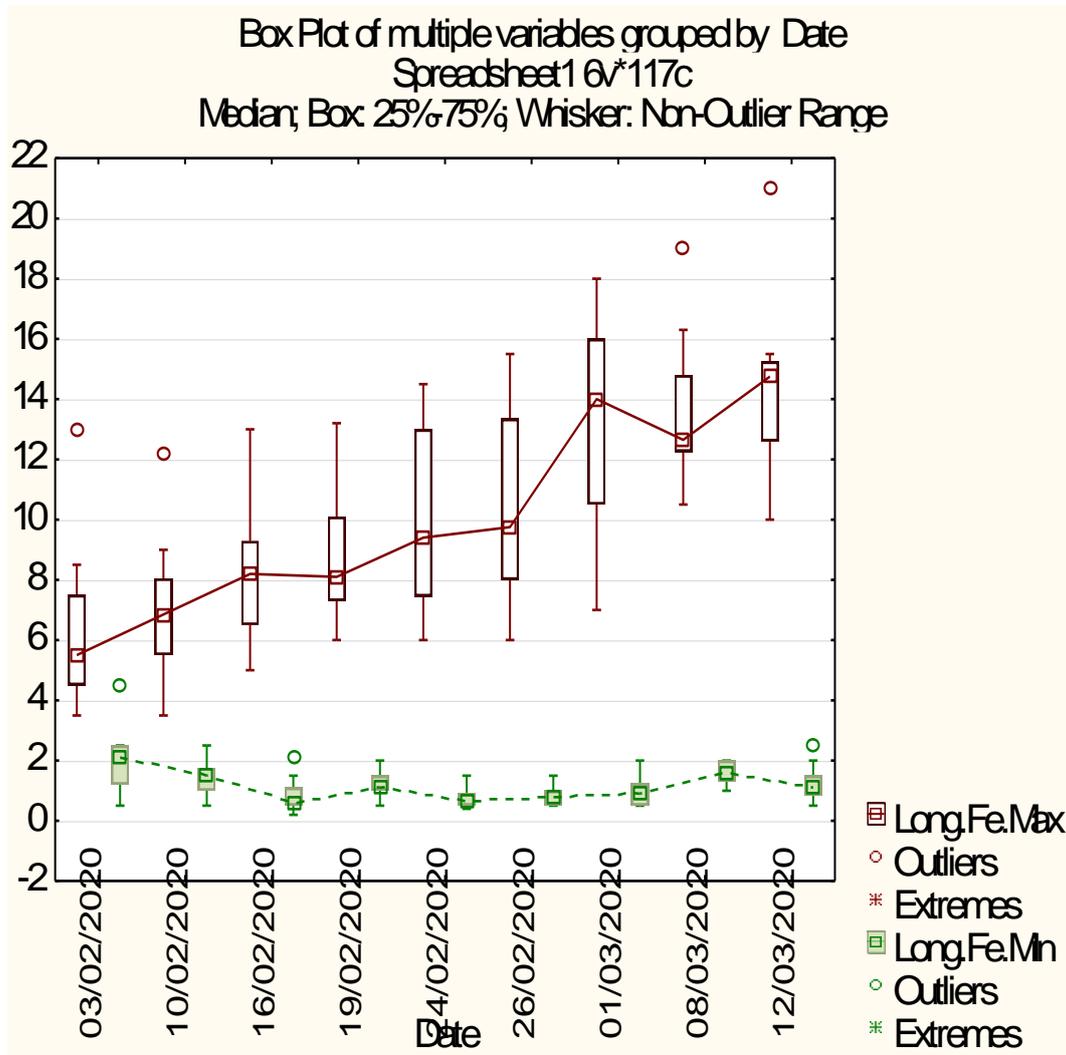


Fig. 26 – Evolution de la longueur des feuilles en fonction de temps dans le sol

La comparaison entre la longueur maximale et la minimale des feuilles montre l'existence d'une différence très hautement significative ($p < 0,000$). La longueur maximale des feuilles augmente considérablement en fonction de temps, avec des valeurs variantes entre le 3cm (première mesure) et 18cm (dernière mesure). Contrairement la longueur minimale qui est faiblement mouvementée en mesure, avec des hauts et des bas, représentés par des valeurs qui varient entre 0,5 cm et 2,5 cm (Fig. 26).

3.1.5. Etude de la hauteur de la laitue dans les deux milieux en fonction de temps

Les mesures de la hauteur de laitue dans hors sol sont affichées dans la figure 29.

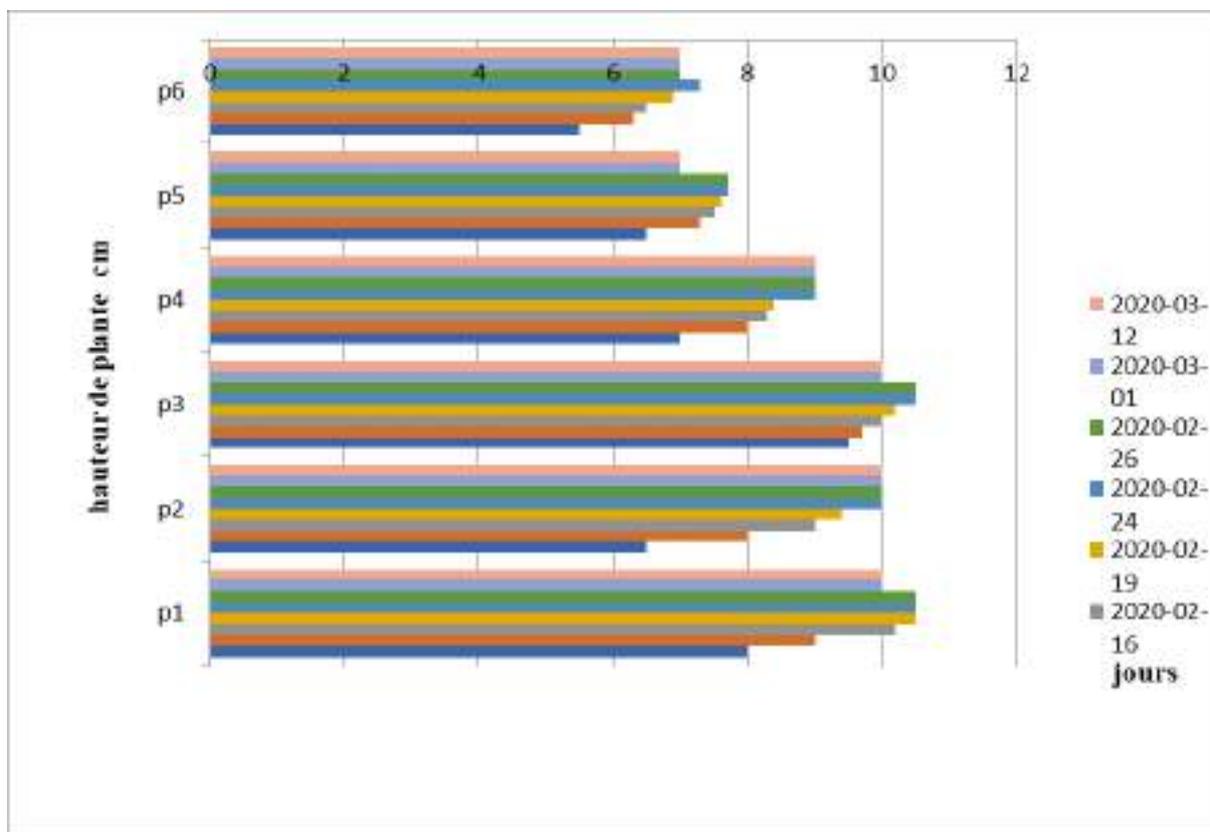


Fig. 27 - Hauteur des plants de la laitue cultivée en hydroponie en fonction de temps

D’après la figure 27, les plants de la laitue présentent une hauteur qui varie entre 5 cm et 11 cm en hors sol. Nous observons qu’il existe une ralentie de développement depuis 24/02/2020 jusqu’au 09/03/2020 concernant les hauteurs des plantules.

Les mesures de la hauteur de *Lactuca sativa* dans le sol sont affichées dans la figure 28.

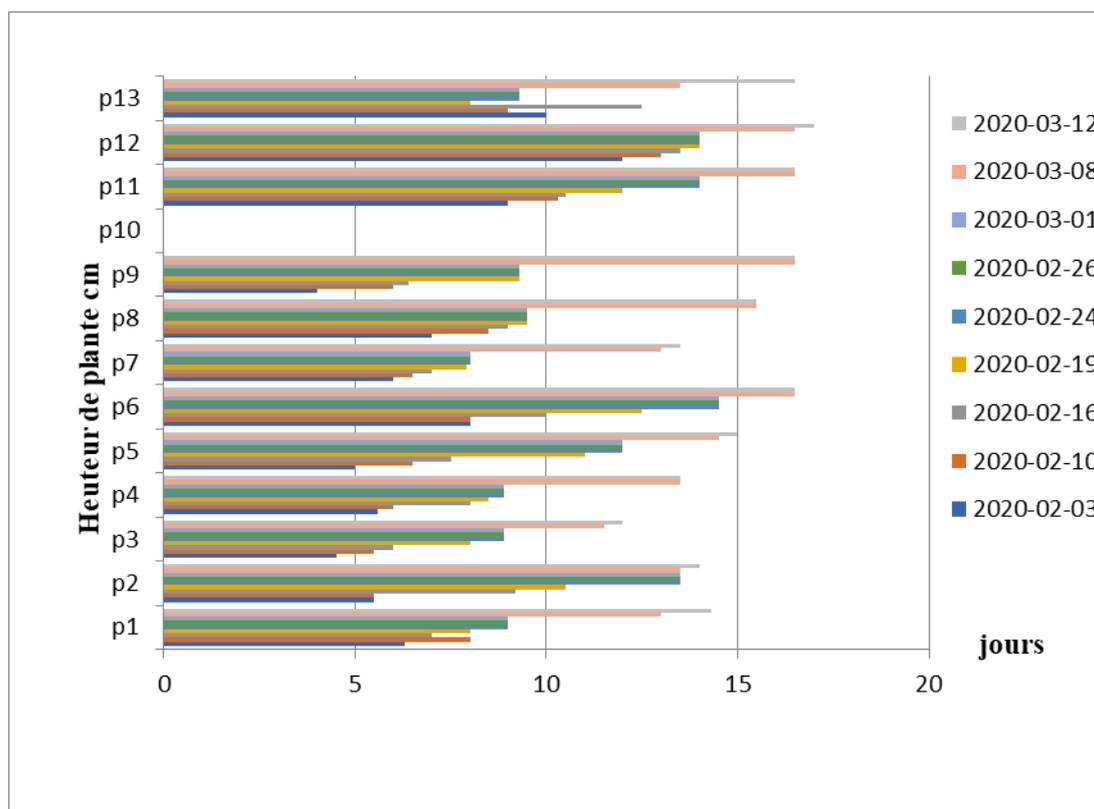


Fig. 28 - Hauteur des plants de la laitue cultivée en au sol en fonction de temps

Au sol, les valeurs de la hauteur varient entre 5 cm et 17 cm, avec une augmentation nette en fonction de temps. Nous remarquons qu’il existe un développement à court temps.

3.1.6. Etude de poids de la laitue dans les deux milieux en fonction de temps

Les mesures de poids de laitue dans le sol sont obtenues par la mesure de poids de 11 individus après la récolte. Elles sont exprimées dans la figure 29.

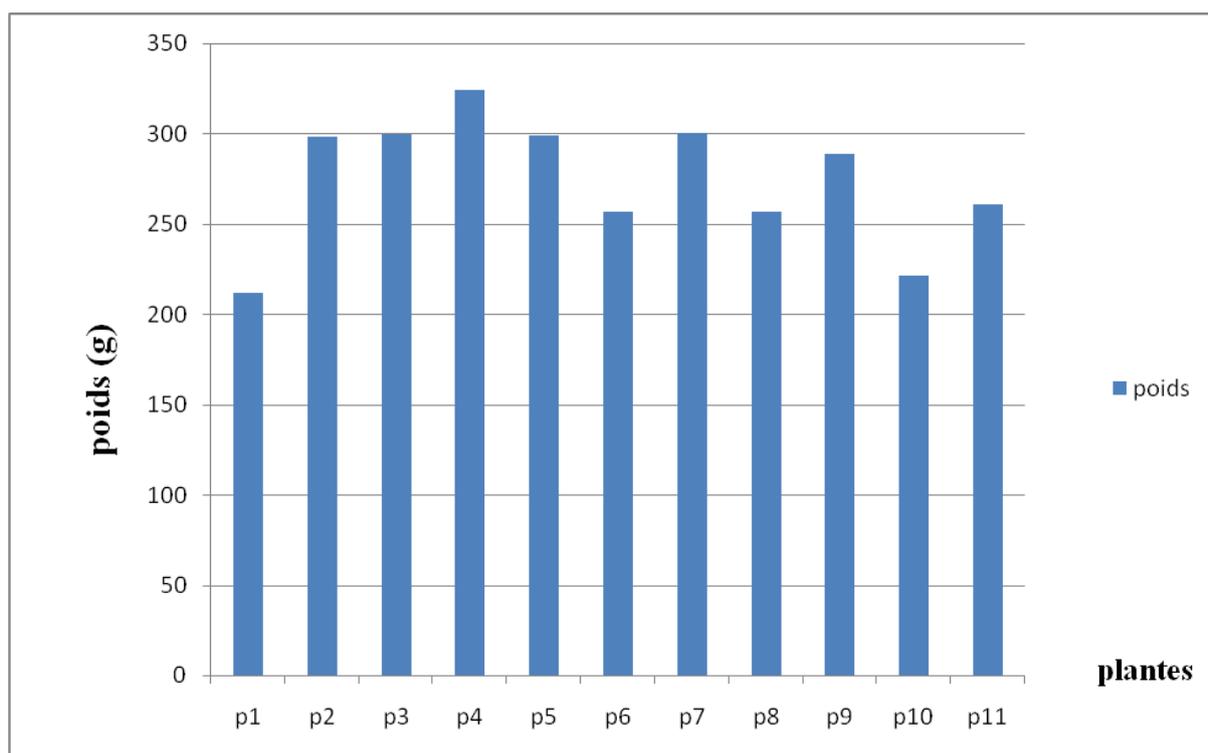


Fig. 29 – Variation de poids au stade récolte de la laitue cultivée dans le sol

D'après la figure 29, le poids de la laitue cultivée au sol varie entre 211,8 g et 324,1 g avec une moyenne de 286,5 g.

3.2. Variation des facteurs abiotiques en fonction des différents types de milieux chez la laitue

Les différents facteurs développés dans cette partie sont la température, l'humidité, le pH et la CE.

3.2.1. Comparaison de données abiotiques en fonction des différents types de milieux

Les résultats portant sur les données abiotiques en fonction des différents types de milieux sont mentionnés dans la figure 30.

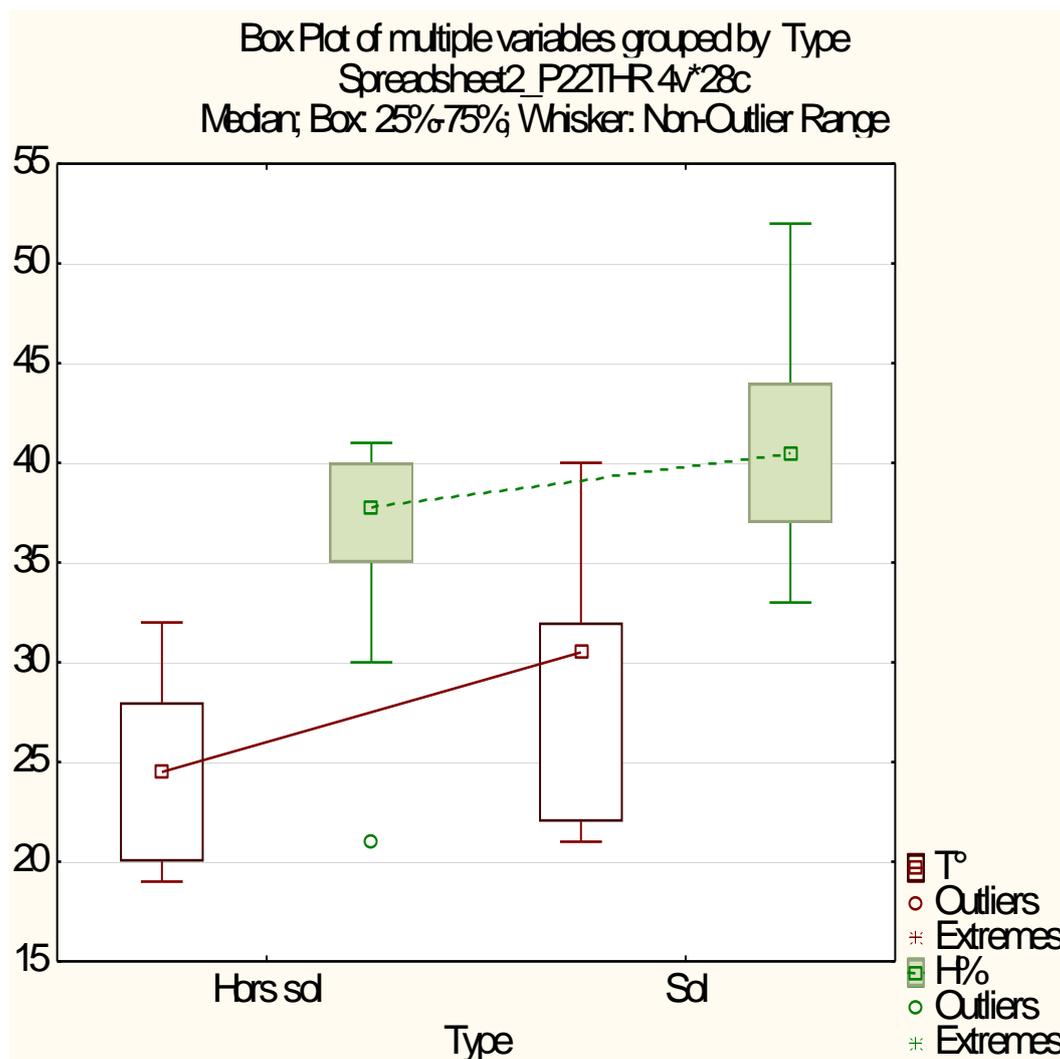


Fig. 30 – Données abiotiques en fonction des différents types de milieux

Pour ce qui est des températures (Fig. 30), les valeurs moyennes varient entre 25 °C (hors sol) et 30°C (sol). Alors que les valeurs moyennes de l’humidité varient entre 37,5 % (hors sol) et 40% (sol). La comparaison de ces données avec le test de Kruskal-Wallis entre T° (p= 0,39) et H% (p= 0,23) en hors sol et au sol montre l’absence de différence significative en fonction le temp.

3.2.2. Variation de la température dans les deux milieux en fonctions de temps

La figure 31 représente les résultats de la température dans les deux milieux (hors sol et au sol) en fonction de temps.

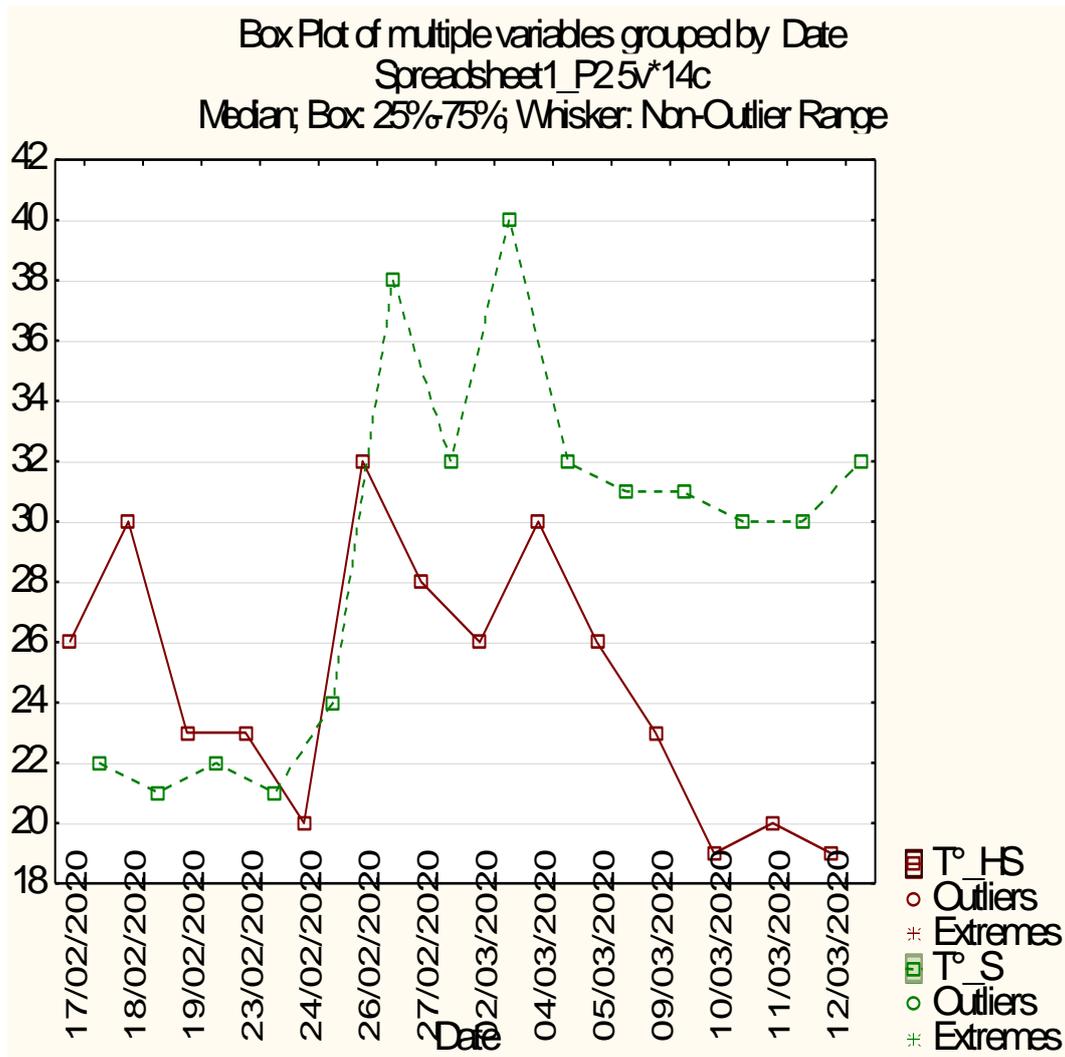


Fig. 31 – Variation de la température dans les deux milieux en fonctions de temps

La température hors sol et dans le sol montre que les valeurs en hors sol et au sol présentent presque la même allure (Fig. 31). Au départ, la courbe des T° en sol était au-dessus de celle des T° en hors sol jusqu’au 24/02/2020 où ces dernières prennent le dessus par rapport aux T° en sol jusqu’à la fin de l’expérience (12/03/2020). En cette période, les T° hors sol sont très faibles avec un seuil qui atteint le 19°C, contrairement aux T° en sol qui sont de l’ordre de 32°C. Par ailleurs, la comparaison des températures des deux milieux en hors sol ($p= 0,45$) et au sol ($p= 0,45$) montre l’absence de différences en fonction de temps.

3.2.3. Variation de l’humidité dans les deux milieux en fonctions de temps

Les résultats concernant l’humidité dans le hors sol et au sol en fonction de temps sont affichés ci-dessous.

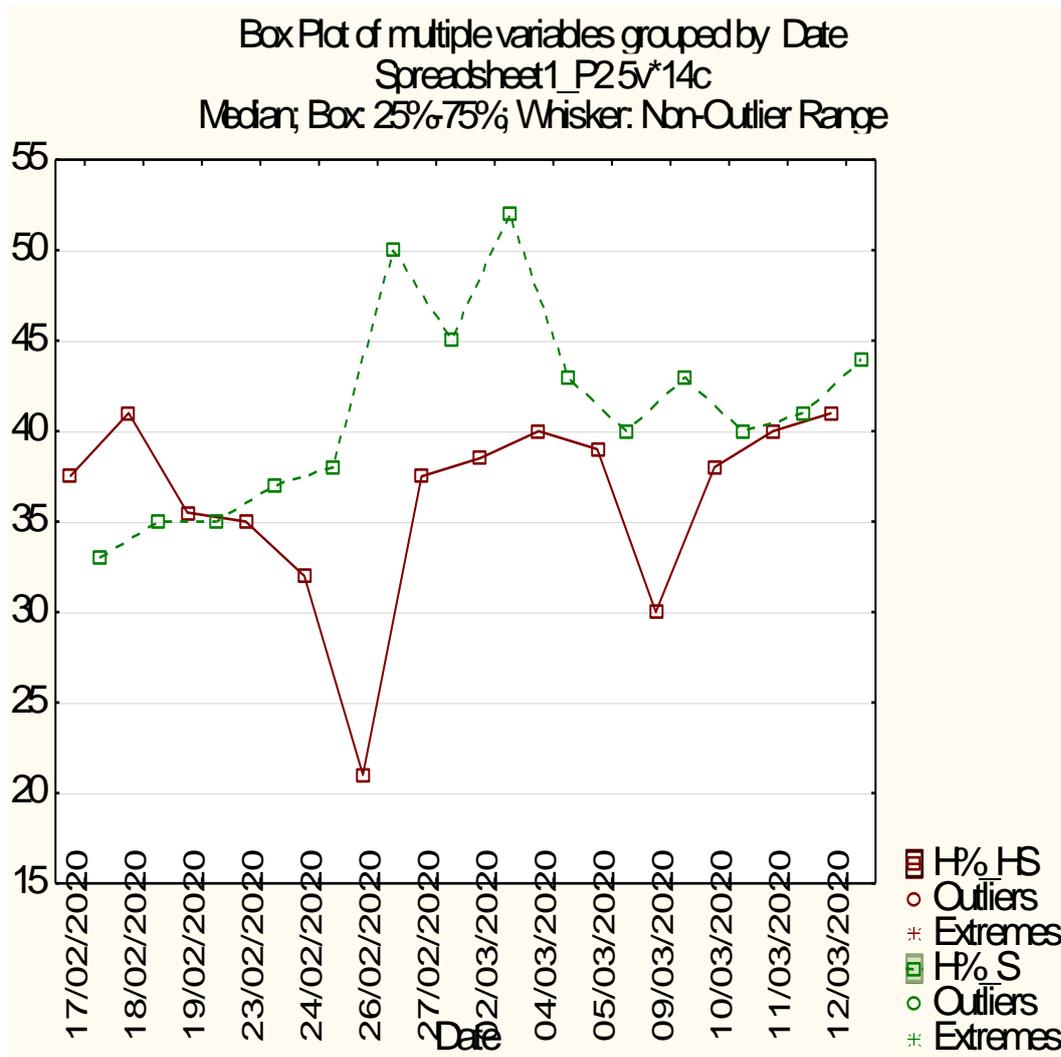


Fig. 32 – Variation de l’humidité dans les deux types de milieu en fonctions de temps

Concernant l’humidité, les courbes de H% en hors sol et H% en sol ne se ressemblent pas du tout (Fig. 32). Durant les deux premières sorties, c’est H% hors sol qui présente les valeurs les plus élevées, alors qu’à partir de la 3^{ème} sortie (19/02/2020) c’est plutôt H% en sol qui prend le dessus. A la fin de l’expérience, les valeurs de H% en sol (H= 44%) et en hors sol (H= 41%) sont très proches. La comparaison des valeurs de l’humidité en hors sol (p= 0,45) et au sol (p= 0,45) montre l’absence de différences en fonction de temps.

3.2.4. Mesure de conductivité électrique et le pH

Les tests du pH et de la conductivité sont deux paramètres importants dans la conduite d’un système hydroponique. Ainsi des mesures ont été effectuées 1 à 2 fois par semaine pour contrôler les variations. Ces mesures sont affichées dans la figure 33.

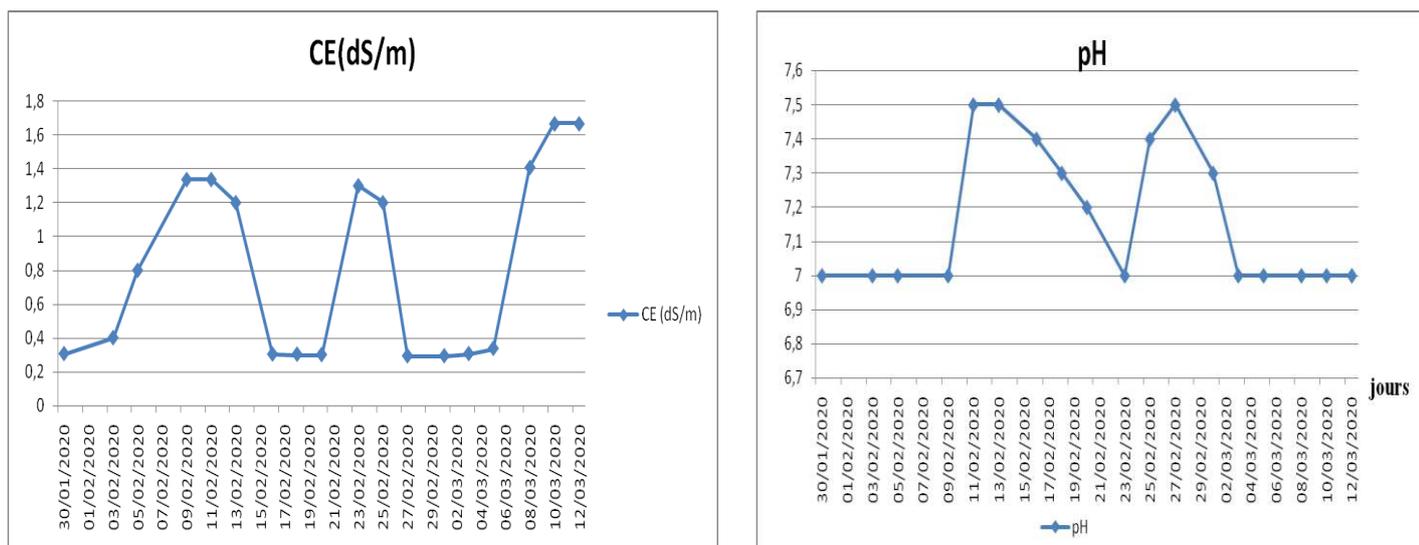


Fig. 33 - Variation de pH et CE en fonction de temps

Les mesures suivantes ont été réalisées avant et après les périodes de fertilisation. Les deux graphes caractérisent une fluctuation en fonction de temps (Fig. 33). Nous remarquons au début le pH et stable de 30/01/2020 jusqu'à le 09/02/2020 lorsqu'on ajoute les oligo-éléments une augmentation rapide de pH jusqu'à 7,5 accompagne par un développement de CE. Ensuite la valeur de pH diminue jusqu'à 7 encore une autre fois mais la CE augmente jusqu'à 1,4 (dS/m) et continue d'augmenter avec le temps. Le 27/02/2020 un autre pique de pH jusqu'à 7,5 est observé après il diminue jusqu'à ce qu'il se stabilise, contrairement à la CE qui ne cesse d'augmenter avec le temps.

Chapitre 4
Discussions

Chapitre 4 – Discussions des résultats de culture de la laitue en hydroponie et en sol

Cette partie regroupe les discussions des résultats obtenus grâce aux traitements des données biométriques de la laitue cultivée en hydroponie et au sol.

4.1. Discussion de résultats des analyses statistiques paramètres biométriques de la laitue

Les discussions des résultats de quelques paramètres biométriques de la laitue sont développées dans ce qui suit.

4.1.1. Discussions sur la variation de nombres des feuilles dans l'hydroponie

Durant la période expérimentale, il est noté qu'il existe une différence hautement significative entre les feuilles intactes qui varient entre 3 et 26 feuilles et les feuilles mortes variant entre 1 et 3 feuilles/plant de la laitue en hydroponie. C'est qui indique la bonne santé de la laitue et que les autres paramètres (pH et CE) sont stables. Notre résultat confirme ceux de **BONACHELA., et al (2010)** qui parle sur la variation de nombre de feuille de la laitue et mentionne un nombre qui dépassent les 5 feuilles morte lorsqu'il y'a un problème physiologique ou bien en l'absorption des racines

4.1.2. Discussions sur la variation de la longueur des feuilles

Concernant la taille des feuilles en fonctions de leur longueur, nous remarquons que durant le stade 2 feuilles une longueur maximale qui varie entre 3cm et 21 cm. Les mêmes résultats sont déjà obtenus par **HABBAS (2018)** qui montre que les plantes passent du stade 2 feuilles avec une hauteur moyenne de 15 cm au stade de développement végétatif.

4.1.3. Discussions sur la variation de nombre des feuilles en fonction des dates

L'analyse des résultats en fonctions de temps a permis de signaler l'existence d'une différence significative ($p < 0,000$) pour le nombre de feuilles intactes en fonction de temps. Cette augmentation est accompagnée par une démunissions des feuilles mortes. **BECHENAB et BEN ACHOUR (2015)** montrent que le nombre moyen de feuilles de la culture de la laitue diminue au cours du cycle végétatif, avec une moyenne de 28,5 feuilles.

4.1.4. Discussions sur la longueur des feuilles en fonction de temps

A partir des mesures des longueurs des feuilles de la laitue nous remarquons que la longueur maximale des feuilles augmente considérablement en fonction de temps, alors que la longueur minimale diminue légèrement ce qui justifie un bon développement de la plante. De plus la variété de la laitue (batavia) utilisée dans le cadre de cette étude est caractérisée par sa forme ronde avec des feuilles craquantes et nervures parallèles.

4.1.5. Discussion sur les hauteurs des plantes

Pour ce qui concerne la hauteur de la laitue dans l'hydroponie, elle débute par un développement de 3 cm jusqu'à 11 cm, où ça commence à ralentir. Ce ralentissement à cause d'une perturbation de pH et CE qui cause une diminution de développement des plantules. Les mêmes résultats sont obtenus par **AZARIANE (2019)** qui signale des hauteurs que les plantes augmentaient de jour en jour leur croissance jusqu'à la maturité. La plante la plus haute mesure 6,4 cm et la plus courte mesure 5,9 cm. Par contre **HABBAS (2018)** montre que la laitue de variété locale présente une hauteur qui varie entre 43 cm et 50 cm avec une moyenne de 46,3 cm, alors que la variété abondance présente une hauteur varie entre 15cm et 20 cm avec une hauteur moyenne de 17,9 cm. Concernant la variation de la hauteur finale de la laitue dans le sol, elle est très élevée et le système racinaire est bien développé. Il atteint jusqu'à 17 cm au maximum.

4.1.6. Discussion sur les poids des plantes

Il y'a une ressemblance de poids de la laitue des deux milieux au stade plantule. Le poids moyenne qui est enregistré 286,54 g. Notre résultat confirme ceux noté par **RAHMAN et coll (2017)** qui montre que le poids de la laitue varie à la récolte entre 280 et 370 g/salade. **BRASELES (2015)**, aussi montre un poids variant entre 245 et 300 g/ salades.

4.2. Discussion de l'étude des facteurs abiotiques en fonction des différents types de milieux chez la laitue

Les discussions de l'étude de quelques paramètres abiotiques sur la croissance de la laitue sont exposées dans ce qui suit.

4.2.1. Discussions sur les données biométriques en fonction des différents milieux

L'évolution des températures et de l'humidité en fonction de temps montre qu'il y'a une augmentation nettement visible de température dans le sol accompagnée par une augmentation de l'humidité pour les deux milieux (hors sol et au sol). Nous remarquons que la température et l'humidité évoluée partiellement mais en hydroponie, l'humidité ne dépasse pas 42%, c'est qui exprime un déficit sur la plante parce qu'elle a besoin de l'humidité plus au moins élevée. La cause de ces baisses d'humidité revient aux appareils de ventilation qui sont toujours allumer. Nos résultats confirment ceux de **RAMOS (2019)** qui a montré qu'une humidité de 30% est inacceptable et en dessous de 40-60% n'est pas conseillé pour la laitue.

4.2.2. Discussions sur la variation des températures dans les deux milieux en fonctions de temps

Pour l'évolution de la température en fonction de temps dans les différents milieux, le max des températures est remarqué au sol avec 40°C. **ASAO (2012)** montre que la température contrôle le taux de croissance des plantes. Généralement, à mesure que les températures augmentent, les produits chimiques des processus se déroulent plus rapidement. La plupart des processus chimiques dans les plantes sont régulés par des enzymes qui à leur tour fonctionnent au mieux dans les plages de température étroite et le minimum est marqué au hors sol par 19°C. Ce qui explique la mort de quelque de plante à cause de cette baisse de température dans les stades les plus stressés pour la plante. Nos résultats confirment ceux de **BOTH (1995)** qui ont montré qu'au-dessus de la température optimale, l'activité enzymatique commence à se détériorer et par conséquent, les processus chimiques ralentissent vers le bas ou sont arrêtés. À ce stade, les plantes sont stressées, la croissance est réduite et finalement la plante peut mourir. La température doit être maintenue à des niveaux optimaux pour une maturation rapide et réussie.

4.2.3. Discussions sur la variation de l'humidité dans les deux milieux en fonctions de temps

En ce qui concerne la variation de l'humidité dans les deux milieux en fonctions des temps, un total enregistré au sol est égal à 50% pendant 8 jours. Nous remarquons un retour de développement de laitue en fonction de temps et le HR% est élevé ce qui a causé la diminution de la transpiration des plantes. L'humidité relative (HR) de l'air de la serre influence le taux de transpiration des plantes. **RAMOS (2019)** montre qu'une haute humidité relative de l'air de la serre entraîne moins de transpiration d'eau des plantes, ce qui réduit

transport des nutriments des racines aux feuilles et moins de refroidissement de la surface des feuilles. Par ailleurs, l'Humidité élevée peut également causer des problèmes de maladie dans certains cas. Par exemple, une humidité relative élevée encourage le développement des moisissures (SOARES, *et al.*, 2015).

4.2.4. Discussion sur le pH et CE

Pour les variations spatiales, la stabilité de pH avant et après l'ajoute des éléments minéraux c'est qu'indique que les ions et les cations sont stables et on a aucun problème d'absorption au système racinaire. (WORTMAN, 2015) montre qu'un pH de 7,0 est considéré comme optimale pour le système de culture de laitue décrit, juste après l'ajoute des oligoéléments nous constatons une augmentation rapide qui signifie qu'il existe une perturbation des ions et cations dans la solution. BONACHELA (2010) dit que le pH doit ne doit pas dépasser 7,0 car cette situation provoque des précipitations d'ions et de manganèse. La petite diminution de valeur de pH à cause de quelque gouttelette de l'acide (H_2SO_4), mais sans efficace au cours de temps le pH et CE évoluent une autre fois. Si pour ça on ajoute une cuillère de vinaigre de table nous remarquons la chute de valeur de pH et pour diminuer la valeur de CE parce que ce n'est pas optimale pour la laitue comme beaucoup de chercheur montre la valeur optimale ; La force d'une solution hydroponique varie selon le système hydroponique, espèces de cultures, stade de croissance et densité de plantation, mais est généralement entre 1 et 3 dS m^{-1} (SAROOSHI et CRESSWELL, 1994 ; ROUPHAEL et COLLA, 2005 ; HASHIDA *et al.*, 2014). Donc on ajoute 5L d'eau dans le réservoir.

La CE le très élevées qui dépasse (1,6 dS/m) cause d'augmentation de taux de salinité dans l'eau. Ce résultat est confirmé par SEVERIANO *et al.*, (2014) ; les plantes ont divers mécanismes de tolérance à la salinité pour protéger leurs organes vitaux, comme l'exclusion et / ou compartimentation des ions. Aussi SEVERIANO *et al.*, (2014). Dit que, la salinité affecte divers physiologiques et biochimiques processus tout au long de son cycle de laitue (PAULUS *et al.*, 2010).

Conclusion

Conclusions

Au terme de ce travail, ayant porté sur un essai de culture de la laitue (*Lactuca sativa*) sous un système hydroponique (film nutritif) et au sol à l'exploitation de l'université d'Ouargla (ITAS), afin de permettre les comparaisons entre les différents types de milieux. L'expérience a débuté le 5 Décembre 2019 et a pris fin le 12 Mars 2020, sans qu'elle soit achevée faute de pandémie covid-19. Les résultats obtenus ont permis de faire les constatations suivantes :

Les résultats statistiques montrent un effet significatif des différents paramètres étudiés à savoir le nombre de feuilles intactes et mortes en hydroponie, la taille des feuilles en fonction de leurs longueurs et taille des feuilles en fonction de temps.

La comparaison entre le nombre de feuilles intactes et mortes chez la laitue et aussi la comparaison entre la taille des feuilles en fonction de leurs longueurs en hydroponie montre que les feuilles intactes sont plus élevées par rapport aux feuilles mortes et la longueur augmente progressivement en fonction de temps, ce qui laisse dire il y'a eu un bon développement de la plante avec une diminution de la croissance durant la dernière semaine de l'expérimentation.

La consommation de la solution nutritive en hydroponie est lente au début de la transplantation, avec une augmentation avec la croissance des plantes. Les besoins en eau dans ce système sont vraiment faibles comparativement à l'agriculture conventionnelle.

Les perturbations des valeurs de pH et CE ont un effet négatif sur la culture en hydroponie

Pour les résultats de la laitue au sol, il y'a eu une bonne croissance de la plante en fonction de temps avec un bon rendement justifié par un poids moyen de 286,5 g. Mais il faut signaler que certains ravageurs ont un effet négatif sur notre culture comme les fourmis et les courtilières. Nous conseillons faire un bon suivi de la culture avec l'élimination des mauvaises herbes.

A cet effet, les résultats obtenus dans notre étude reflètent que le substrat (gravier) a un effet négligeable sur l'alimentation des plantes, bien que ses caractéristiques physiques et chimiques assurent un bon développement racinaire pour la culture hors sol.

Au cours de ce travail, nous avons rencontré un certain nombre d'obstacles en hydroponie comme, la serre pas vraiment équipée, l'aération et la ventilation de la serre et les coupures de l'électricité.

Enfin, nous conseillons de faire une surveillance régulière des facteurs limitants et l'utilisation de gravier comme un substrat qui peut assurer la réussite de la culture hydroponique, quelle que soit l'installation ou la culture choisie.

References
Bibliographiques

Références bibliographiques

- **AFNOR., 1999.** Qualité des sols. Ed. AFNOR, vol. 1 et 2, Paris, 973 p.
- **ALAIN V, 2003** - Fondements & principes du hors-sol : Doc V 3.1 HRS 12 Ind. 10P.
- **ASAO, T., 2012.** Hydroponics - A Standard Methodology for Plant Biological Researches. InTech [Online].
- **ASAO, T., 2012.** *HYDROPONICS – A STANDARD METHODOLOGY FOR PLANT BIOLOGICAL RESEARCHES*. Croatia: InTech,
- **BONACHELA, S.; ACUÑA, R. A.; MAGAN, J. J. & MALFA, O. (2010).** Oxygen Enrichment of Nutrient Solution of Substrate-Grown Vegetable Crops under Mediterranean Greenhouse Conditions: Oxygen Content Dynamics and Crop Response. *Spanish Journal of Agricultural Research*, Vol.8, No.4, (Dec 2010), pp. 1231-1241, ISSN: 1695-971-X
- **BOTH, A.J. 1995.** Dynamic Simulation of Supplemental Lighting for Greenhouse Hydroponic Lettuce Production. Ph.D. Thesis, Cornell University Libraries, Ithaca, NY, USA.
- **BOTH, A.J. 1995.** Ten Years of Hydroponic Lettuce Research. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.03.015>
- **BAIZE D., 1988** - Guide des analyses courantes en pédologie (choix-expression-présentation- interprétation).Ed. INRA, Paris. , 171P.
- **BENKHELIL M., 1992** - *Les techniques de récoltes et de piégeages utilisées en Entomologie terrestre*. Ed. Off. Pub. Univ., Alger, 68 p.
- **BEN BATOUCHE I., 2007** - Contribution de l'effet des différents types d'engrais

Potassiques sur cultures maraichères. Cas du concombre (cucumis sativus L. var Président) à Hassi Ben Abdallah, Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Agronomie Saharienne, Université Kasdi Merbah Ouargla, 83 p..

- **BELBACHIR M., 2017.** Production de fourrage par techniques hydroponiques. Cas de L'orge à Sidi mdjahed, commune de béni bousaid. Univ Tlemcen.
- **BLANC D., 1987.** Les cultures hors sol. ED.INRA. Paris. 409p.
- **BENDIFF A., 2016.** Étude comparative de différents substrats pour la production de tomate hors sol. Univ. Mostaganem.
- **BEN ABDDALLAH S, 2019 ;** Bio-écologie des fourmicidae et leur impact dans les régions sahariennes : cas des milieux agricole. Univ. Ouargla p(22,23).
- **BLANCARD D., LOT H. et MAISONNEUVE B.(2003)** Maladies des salades - Identifier, connaître et maîtriser. Ed. INRA, Paris, 375p.
- **BEN ACHOURA.I et BECHNAB.N., 2015.** Effet de la qualité des eaux d'irrigation sur la laitue (*Lactuca sativa*) (cas la région de Touggourt et de Ouargla).Univ Ouargla.
- **BRASILÈS.V., 2017.** Conception et analyse d'un système hydroponique de murs comestibles. Le projet Vertical Montréal, Canada. Mémoire d'Ingénieur.
- **CHOUARD P et RENAUD V., 1961.** Mise au point de cultures hydroponiques au Sahara : premiers résultats obtenus CR. Acad. AGR. Fr., 47p :922-1013.
- **CHOUARD P., 1952 :** Les cultures sans sol. Ed maison rustique. Paris 200P.
- **COLLIN F, LIZOT J.F., (2003)** - Produire des semences de laitue dans un itinéraire Agrobiologique. Fiche Tec. ITAB (Institut Technique de l'Agriculture Biologique),4p.
- **COELHO AFS, GOMES EP, SOUSA AP, GLORIA MBA., (2005)** - Effect of irrigation level on yield and bioactive amine content of American lettuce. J. SCI. Food Agric.85: 1026-1032.

- **DRESS F., 2007** - *Les probabilités et la statistique de A à Z: 500 définitions, formules et tests d'hypothèse*. Ed Paris, Dunod, 519.03 D7735p.
- **DURAND J.H., 1993** - Les sols irrigables, techniques vivantes. Pesse, Univ. France., 339P.
- **ELMHIRST J., (2006)** - Profil de la culture de la laitue de serre au Canada, CLAPC (Centre de Lutte anti parasitaire. Canada), 38p.
- **ELATTIR H., SKIRDJ A. ET ELFADL A., (2003)** -Transfert de technologie en agriculture, La laitue, l'endive, le topinambour, la verveine, la tomate industrielle. Fiche Tec. Institut Agronomique et Vétérinaire-HASSAN II, Rabat, 4p.
- **EL HOUSSINE Z, 2006** : Complément de cours de physiologie végétale. 11P
- **ESSADAoui M, 2013** : Industrie Agroalimentaire, Bulletin édité par l'Institut Marocain de l'Information scientifique et technique IMIST, N° 25. 34P
- **GAB/FRAB. (2009)** - Laitues, Batavias, *Lactuca sativa* - Astéracées.
Fich Tec. n°11, 2p. (Groupement des Agriculteurs Biologiques/La Fédération Régionale des Agriculteurs Biologiques)
- **GRAND, T.H., 2017**. ISE and Chemfet sensors in greenhouse cultivation. Sensors Actuators B Chem. 105, 74–80
- **GOILLEN G, 2016**. Dans le système maréchaire sous abris. Le projet Gdubat visant le bioagresseur de sol.
- **HAFSI B., 2008** .L'état de dégradation visuelle de l'oasis du Ksar de Ouargla, son sol érodé, son environnement pollué, et le développement durable, EL MOUDJAHID n° 13436 du 19 novembre2008, p 3.
- **HBBAS.M., 2018**-Essaie de quelques cultures sous un système hydroponique dans la Région de Biskra. Univ Mohamed Khider de Biskra.

- **HUANG Z, ZHANG X, ZHENG G, GUTTERMAN Y. 2003.** Influence of light, temperature, salinity and Storage on seed germination of *Haloxylon ammodendron*. *J Aride Environ*, 55:453-464.
- **HAMDI AISSA B., 2001** – Le Fonctionnement actuel et passé de sols du Nord du Sahara (cuvette d’Ouargla). Approches micromorphologique, géochimique et minéralogique et variabilité spatiale. Thèse de doctorat. Institut National Agronomique. Paris-Grignon. 310p.
- **ITCMI, (2010)** - La culture de laitue. Fiche Tec. (Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles) Alger. 5p.
- **Jenni, S. 2010.** Chaleur et laitue: un duo qui ne fait pas bon ménage. CRDH-AAC.6 p. In.http://www.agrireseau.qc.ca/legumeschamp/documents/chaleur_laitue.pdf. Consultée le 26 novembre 2011.
- **KASMI, M., TAYAR, F., 2019.** Valorisation du Ghott par système hydroponique (cas de kouinine). Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED.
- **LAKHDARI K., KHERFI Y. et BOULASSEL A., (2010)** - Atlas des semences locales ou acclimatées dans les oasis de l’Oued Righ. CRSTRA (Centre de Recherche Scientifique et Technique des Régions Arides), 78p.
- **MAUCIERI C, NICOLETTO C, JUNGE R, SCHMAUTZ Z, SAMBO P, BORIN M,(2019).**Hydroponic systems and water management in aquaponics: a review. *Ital J Agron* 13:1–11
- **MORAND D., 2001.**Soil landscape of the Woodburn 1:100000 sheets. Department of land and water conservation, Sydney.
- **MAXWELL K., 1986.** *Soil (hydroponie) culture: the past present and future, an Australian viewpoint.* *Soilless culture*, vol.2, n1. 29-34.
- **MORARD P., 1995.** Les cultures végétales hors sol Ed. Lavoisier, 208p.

Développement, génétique et amélioration Ed Lavoisier p 75-78.

- **NICOT P., (2010)** - La conduite de la fertilisation, facteur de la santé des plantes.
Fiche A Conserver n°13, 1p
- **ONM., 2020** – rapport sur les données climatiques de la région d’Ouargla, Office National de la Météorologie de Ouargla, 10 p.
- **PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J. A.; SOARES, T. M. PRODUÇÃO E 2010.** indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. Horticultura Brasileira, v.28, p.29-35,. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000100006>
- **ROUVILLOIS-BRIGOL., 1975** – Le pays de Ouargla (Sahara algérienne) variation Et organisation. Ed. Pub. Univ. Sorbonne, Paris., 361 p.
- **RENARD HA. 1986.** La conservation des semences potagères. *In* La diversité des Plantes Légumières : Hier, aujourd’hui et demain. Lavoisier, Paris, 99-110.
- **RENAUD V., 2003** ; tous les légumes courants, rares ou méconnus cultivables sous nos climats : tomates. Ulmer. Paris, p 135-137.
- **RAMOS.C, LUIS GOMES.L, NOBREGA.L, BARAS.K., 2019.** Expérimental NFT hydroponiques system with lowerenergy consumption. University of Madeira, Funchal, Madeira, Portugal
- **RAHMAN et COLL, 2017** ; Croissance et rendement de la laitue hydroponique influencés par différents substrats de croissance
- **SONNEVELD.C, VOOGT.W., 2009-** *plant nutrition of Greenhouse Crops*, DOI10.1007/978-90-481-2532-6_16, Springer Science+Business Média B.V.
- **SAMARAKOOM.UC, WEERASINGHE.PA, WEERAKKODY.WAP. ,2006-** Effet of electrical conductivity (EC) of the nutrient uptake, growth and yield of leaf lettuce

(*Lactuca sativa L.*) in stationary culture. Postgraduate Institute of Agriculture, Univ of Peradeniya.

- **SOARES. H, ÊNIO FUSILLA E, GERONIMO F, ELVIRA M. R. MARIO M & ALEXANDRE N, 2015.** Lettuce growth and water consumption in NFT hydroponic system using brackish water. *Revista Brasileira d'Engenharia Agrícola e Ambiental.* v.19, n.7, p.636–642.
- **SEDKI M., MIMOUNI A., 1995 :** Effets de substrats locaux sur tomate en culture hors sol. INRA, Centre régional du Sous-Sahara, B.P. 124, Inezgane, Maroc. 15P
- **SEVERIANO, L. S.; LIMA, R. DE L. S. DE; CASTILHO, N.; LUCENA, A. M. A.; AULD, D. L.; UDEIGWE, T. K. 2014.** Calcium and magnesium do not alleviate the toxic effect of sodium on the emergence and initial growth of castor, cotton, and safflower. *Industrial Crops and Products*, v.57, p.90-97
- **SOARES, T. M ; DUARTE, S. N.; SILVA, Ê. F. DE F. E; MELO, R. F.; JORGE, C. DE A.; OLIVEIRA, A. S. 2009.** Experimental structure for evaluation of brackish water use in lettuce hydroponic production. *Irriga*, v.14, p.102-114, 2009.
- **THIAULT. J.F., 2004 :** La maîtrise de la culture hors sol. *Bulletin Détail*, n° 215. ED.CTIFL. ISSN 0758-4334.
- **THICOIPE JP., 1997.** Laitues. Editions CTIFL, Paris, 281p.
- **URBAN L., URBAN I., 2010.** *La production sous serre tomme 2 l'irrigation Fertilisante en culture hors sol.* Paris. 233p.
- **UNIV, Kasdi Merbah Ouargla, 2013**
- **VITRE A., 2013.** Fondements & principes du hors sol. Doc v 3.1 hors 12 ind a. p4.
- **VAN Os E., GIELING T.H., LIETH J.H., 2008.** Technical equipment in soilless

Production systems. In: Raviv, M., Lieth, J.H. Eds, *soilless Culture: theory and practice.*

Elsevier, Amsterdam p, 157-207.

- **WALLACH J, (2008)** Physical characteristics of soilless media. In: Raviv, Lieth (eds) Soilless culture, theory and practice. Elsevier, Amsterdam, pp 41–116
- **WILLIAM. T., 2014** : L'Hydroponie pour tous (Tout sur l'horticulture à la maison), 307-311. Mama Editions, 7 rue Pétion, 75011 Paris (France) 52P.
- **WORTMAN, S.E. 2015.** Crop physiological response to nutrient solution electrical conductivity and pH in an ebb-and-flow hydroponic system. Sci. Hortic. 194, 34-42. Doi: 10.1016/j. scienta.2015.07.045
- **YVES., 2008. In : OUARET W., 2013.** Etude de substrats pour la production de la Tomate en hors sol. Thèse ING. Nat. Agro., EL-HARACH. 135p.
- **ZORRIG W, 2014** : Recherche et caractérisation de déterminants contrôlant l'accumulation de cadmium chez la laitue "*Lactuca sativa*". Thèse de doctorat ; Unv de Tunisie.261P

Référence électronique

1. <http://www. Google>, 2020.
2. <http://www. Google Earth>, 2020.
3. [http:// www.La lactuca spp - Mémoire - savi \(ladissertation.com\)](http:// www.La lactuca spp - Mémoire - savi (ladissertation.com))
4. Wikipédia
5. <https://docplayer.fr/25598703-Laitue-essai-varietal-plein-champ-creneau-printemps.html>
6. <https://www.agrimaroc.ma/la-conduite-technique-de-la-laitue/>
7. <https://www.bio-enligne.com/jardin-biologique/387-laitues.html>

Annexes

Annexe 1

Tableau 01 - Les principaux substrats utilisés en culture hydroponique

Les substrats	Photo	Description
organiques naturels	<p data-bbox="751 501 868 528" style="text-align: center;">La tourbe</p> 	<p>Les tourbes proviennent de la décomposition incomplète de végétaux divers qui se sont développés en milieu aquatique ou marécageux, la tourbe blonde est celle qui présente le plus d'intérêt pour les cultures hors sol. Sa structure fibreuse, grossière, peu décomposée, lui confère une bonne rétention en eau associée à une structure souple et très aérée (BENDIFF, 2016).</p>
	<p data-bbox="751 1061 836 1088" style="text-align: center;">Terreau</p> 	<p>C'est un support de culture naturel formé de terre végétale enrichie de produits de décomposition (fumier et débris de végétaux décomposés). Le terreau doit avoir une porosité en air et en eau permettant à la fois l'ancrage des organes absorbants des plantes et leur contact avec les solutions nécessaires à leur croissance. Il est souvent associé à la pouzzolane afin d'augmenter la capacité de rétention (BELBACHIR, 2017).</p>
	<p data-bbox="751 1621 852 1648" style="text-align: center;">Polystyrène</p> 	<p>Ce matériau neutre présente une capacité de rétention nulle, sa surface hydrophobe ne retient pas le liquide. Le polystyrène s'emploie donc le plus souvent en combinaison avec d'autres matériaux. Utilisé seul sous forme de billes expansées. Il adapté aux espèces non acidophiles, il constitue un matériau de paillage appréciable dans la culture</p>

		hydroponique étant exempt de tout parasite (BELBACHIR, 2017) .
minérale	<p>Argile expansée</p> 	Il est très utilisé parce qu'il est facile à travailler et qu'il est inerte. Le rend facile à pénétrer et les racines de la plante s'y installent donc aisément. Il a une durée de vie quasi infinie. On peut le nettoyer et même le stériliser. Les billes d'argile cuites absorbent l'eau par capillarité tout en laissant beaucoup d'air circuler entre les billes. On peut les utiliser dans n'importe quel système (BELBACHIR, 2017) .
	<p>Laine de roche</p> 	C'est le substrat de culture inerte le plus employé en horticulture. Ce matériel est obtenu par la fusion d'un mélange de basalte, de calcaire et de coke, dégradé en fibres stables qui résistent à la biodégradation pendant une longue période (MORARD, 1995) .
	<p>Vermiculite</p> 	C'est une argile phyllithes (en feuillet ou mica) qui contient de l'eau. Lorsqu'elle est traitée à une chaleur d'environ 1100°C, l'eau comprise entre les feuillets provoque un gonflement de 10 à 12 fois l'épaisseur initiale produisant des fragments de 1 à 6 mm (MORARD, 1995) .

Annexe 2

Elle permet d'avoir une estimation de la teneur globale en sels dissous. CE a été obtenu à partir de l'extrait aqueux 1/5 et déterminée par un conductimètre

Tableau 01 - Echelle de salinité de l'extrait aqueux au 1/5 (AUBERT, 1978).

CE (dS/m) à 25 °C	Degré de salinité
$\leq 0,6$	Sol non salé
$0,6 < CE < 1,2$	Sol peu salé
$1,2 < CE < 2,4$	Sol salé
$2,4 < CE < 6$	Sol très salé
$CE \geq 6$	Sol extrêmement salé

Le pH est mesuré par pH mètre à partir d'une solution de rapport (terre / eau) 1/5

Tableau 02- Echelle de pH de l'extrait aqueux 1/5 (SOLTNER, 1989 in HABHOUB, 2009).

pH 1/5	Classes
5 à 5,5	Très acide
5,4 à 5,9	Acide
6 à 6,5	Légèrement acide
6,6 à 7,2	Neutre
7,3 à 8	Alcalin
>8	Très alcalin

C'est par la méthode du calcimètre de BERNARD, en mesurant le gaz carbonique dégagé lors de la décomposition du carbonate de calcium, sous l'action de l'acide chlorhydrique (AUBERT, 197).

Tableau 03 - Echelle du calcaire total (BAISE, 1988)

CaCO ₃	Horizons
< 1	Nom calcaire
$1 < CaCO_3 < 5$	Peu calcaire
$5 < CaCO_3 < 25$	Modérément calcaire
$25 < CaCO_3 < 50$	Fortement calcaire
$50 < CaCO_3 < 80$	Très calcaire
> 80	Excessivement calcaire

Les résultats d'analyse de sol

pH de sol	CE	Calcaire	matière organique
7,5	4,11	1%	très faible

Les résultats d'analyse d'eau

	Paramètre			
	T°	pH	T°	CE (ms)
Eau + Débruit de SN	17	7,76	17,3	0,008
	17,3	7,45	17,6	0,009
	17	7,37	17,6	0,008
Eau d'irrigation	17	7,46	17,8	0,003
	17	7,3	17,3	0,003
	17,2	7,19	17,2	0,003

Tableau 04 – L'espèce que nous avons trouvée dans la serre.

Classes	Ordres	Familles	Espèces
Insecta	Orthoptera	Gryllidae	<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i> (Linnaeus, 1758)
		Acrididae	<i>Acrididae sp</i>
	Hymenoptera	Formicidae	<i>Camponotus thoracicus</i> (Fabricius, 1804)
	Coleoptera	Carabidae	<i>Scarites terricola</i>
Arachnida	Acari	Tetranychidae	<i>Tetranychus urticae</i>

(BEKKARI et BENZAOU, 1991 ; BOUKTIR, 1999 ; CHENNOUF, 2008 ; HERROUZ, 2008; LAHMAR, 2008 et FREDJ, 2009 ; KORICHI et DOUMANDJI, 2012 ; KORICHI-ALMI et KORICHI, 2015).

Tableau 04 – l'espèce végétale que nous avons trouvé dans la serre.

Familles	Espèces
Poaceae	<i>Phragmites sp</i>

(ZERROUKI, 1996 ; OULD EL HADJ, 2002 ; OZENDA, 2003 ; OULD EL HADJ, 2004 ; GUEDIRI, 2007)

Essai de la laitue (*Lactuca sativa*) sous un système hydroponique dans la région d'Ouargla

Résumé :

La présente étude porte sur un essai de culture de la laitue (*Lactuca sativa* L.) en système hydroponique dans une serre située dans la palmeraie de l'université d'Ouargla (ex ITAS). Le substrat utilisé dans cette expérimentation est le gravier. Afin de faire les comparaisons, une parcelle en plein champs est cultivée par la même culture en même temps. Pour cela, différents paramètres sont pris en considération pour les deux types de culture (culture hors sol et au sol), notamment la croissance et la production végétale, la variation de pH et la CE (conductivité électrique) dans la solution nutritive et effet de température sur la culture.

Les résultats obtenus montrent que, le nombre et la longueur de feuille de la laitue hors sol (3 à 11 feuilles ; 0,2 à 10,5cm) sont relativement faibles par rapport à ceux enregistrés dans le sol (3 à 38 feuilles ; 0,2 à 18cm). Le poids frais moyens dans est égal à 286,5g en sol. Une racine bien développée peut atteindre une longueur moyenne est de 5cm en hydroponie et de 14.6cm dans le sol. Nous avons marqué une augmentation de pH qui a été réglé par un ajout d'acide H₂SO₄ et une cuillère du vinaigre alimentaire. On a également réduit l'augmentation de la CE avec l'addition de l'eau potable pour diluer la solution nutritive et l'augmentation de la température corrigée par l'aération de serre.

Mots clé : Laitue, système hydroponique, sol, substrat, la solution nutritive, Ouargla.

Trial of lettuce (*Lactuca sativa*) in a hydroponics system in the Ouargla region

Abstract

The present study relates to a trial growing Lettuce (*Lactuca sativa* L.) in a hydroponic system in a greenhouse located in the palm Grove of the University of Ouargla (ITAS). The substrate used in This experiment Is Gravel. In order to make comparisons, a Field plot Is cultivated by the same crop at the same time. For This, different parameters are taken into consideration for the two types of crop (hydroponic system and soil cultivation), including plant growth and production, the variation in pH and EC (electrical conductivity) in the nutrient solution and the effect of temperature on the crop. The results obtained show That the number and length of leaves of Lettuce above ground (3 to 11 leaves; 0.2 to 10.5 cm) are relatively low compared to those recorded in the ground (3 to 38 leaves; 0, 2 to 18cm). The average fresh weight in Is equal to 286.5g in soil. A well-developed root Can reach an average length of 5cm in hydroponics and 14.6cm in soil. We marked an increase in pH which was regulated by adding H₂SO₄ acid and a spoonful of the edible vinegar. The increase in EC was also reduced with the addition of drinking water to dilute the nutrient solution and the increase in temperature corrected by greenhouse ventilation.

Key Words: lettuce, hydroponic system, soil, Ouargla, substrate, nutrient solutionl.

تجربة الخس (*Lactuca sativa*) في نظام الزراعة المائية في منطقة ورقلة

المخلص:

تتعلق دراستنا بتجربة زراعة الخس (*Lactuca sativa* L.) في نظام الزراعة المائية المستثمرة (ITAS) بجامعة ورقلة الركيزة المستخدمة في هذه التجربة هي الحصى. من أجل إجراء مقارنات ، يتم زراعة قطعة أرض بواسطة نفس المحصول في نفس الوقت. لهذا يتم أخذ معايير مختلفة في الاعتبار لنوعين من المحاصيل (زراعة التربة و بدون تربة) ، ولا سيما نمو النبات وإنتاجه ، والتباين في درجة الحموضة و EC في محلول المغذيات وتأثير درجة الحرارة على المحصول.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن عدد وطول أوراق الخس في الزراعة المائية (3 إلى 11 ورقة ؛ 0.2 إلى 10.5 سم) منخفضة نسبياً مقارنة بتلك المسجلة في الأرض (3 إلى 38 ورقة؛ 0، 2 إلى 18 سم). متوسط الوزن الطازج في التربة يساوي 286.5 جم. يمكن أن يصل طول الجذر المتطور إلى 5 سم في الزراعة المائية و 14.6 سم في التربة. لقد لاحظنا زيادة في الرقم الهيدروجيني تم تنظيمه عن طريق إضافة حمض H₂SO₄ وملعقة من الخل الصالح للأكل. وتم تقليل الزيادة في CE أيضاً مع إضافة مياه الشرب لتخفيف محلول المغذيات وتصحيح الزيادة في درجة الحرارة عن طريق تهوية

الكلمات المفتاحية : الخس، نظام الزراعة المائية، التربة، ورقلة ، الركيزة ، محلول مغذى.