



Faculté de Technologie
Département d'Hydraulique
Laboratoire de recherche

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

CHEBLI Abdelatif

YAMANI Lyes

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER en Hydraulique**

Option : **Hydraulique urbaine**

INTITULE:

OPTIMISATION DE L'IRRIGATION PAR L'AJOUT D'UN POLYMERE SUPER ABSORBANT

Soutenu le 12 /10 /2020 Devant le jury composé de :

- Président : **Mr BERREKSI Ali**
- Promoteur (s) : **Mr CHENAFI Azzeddine**
Mr ETSOURI Salim
- Examineur (s) : **Mme BOUNAB Nadia**



DEDICACES

Nulla oeuvre n'est exaltante que celle réalisée avec le soutien moral et financier des personnes qui nous sont proches.

Je tiens à exprimer ma plus profonde reconnaissance à :


Mon père Mourad et ma mère Fadila et mon frère Abdeslam qui m'ont toujours entouré et motivé sans cesse durant mon parcours.

Mes tantes, oncles, cousins et cousines, neveux et nièces paternels et maternels que je ne pourrais tous citer.

Mes ami(e)s de par le monde qui n'ont cessé de m'encourager et à tous ceux qui contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible.

A la mémoire de ma grande mère qui nous a quitté le 26 /01/2017 que Dieu l'accueille dans son vaste paradis.

Lyes



Je dédie ce modeste travail à ...

A mes parents... Aucune dédicace, aucun mot ne saurait exprimer tout le respect, toute l'affection et tout l'amour que je vous porte.

*Merci de m'avoir soutenu et aidé à surmonter tous les imprévus de
La vie.*

Bon rétablissement à toi ma mère ...

Merci à mon frère Abderrahmane qui a veillé sur mon travail.

Que ce travail, qui représente le couronnement de vos sacrifices généreusement consentis, de vos encouragements incessants et de votre patience, soit de notre immense gratitude et de mes éternelles reconnaissances qui si grande qu'elle puisse être ne sera à la hauteur de vos sacrifices pour nous.... Que Dieu vous garde.

A mes très chers frères Abdelhak et Abderrezak...

A mes très chers amis Lyes, Hani, Hafid, et autres...

A toute la famille CHEBLI et MAHDI...

*Je dédie ce travail à la mémoire de mon grand-père qui a éclairé mon chemin par ses prières et ses bénédictions qui m'ont été d'un grand secours pour mener mes études et rester toujours dans
mon cœur.*

Et la mémoire de ma chère tante Tasaadit paix à ton âme.

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

A tous ceux qui m'ont aidé

Que ce travail soit le témoin de toute mon affection.

Abdelatif

Remerciements

En premier lieu, je remercie DIEU le tout puissant pour m'avoir accordé le courage, la force et la patience pour mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage qui m'ont aidé lors de la rédaction e ce mémoire de la fin de cycle.

Tout d'abord, j'adresse mes remerciements à mon enseignant et encadreur M.ETSOURI SALIMà qui je dois le respect et gratitude pour m'avoir guidé afin de mener à bien cette étude et qui m'a beaucoup aidé, aussi pour ces conseils sa méthode de travail sans oublier sa disponibilité.

Je tiens à exprimer ma grande reconnaissance ainsi mon grand respect à M.CHENNAFI.A. chef du département d'hydraulique.

Enfin je ne saurais oublier de remercie toute ma famille mon frère qui m'as toujours orienté, mes amies et mes camarades de promotion.

Abdelatif

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage et qui m'ont aidé lors de la rédaction de ce mémoire.

Tout d'abord, j'adresse mes remerciements à mon encadreur **M.ETSOURI SALIM** enseignant à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'EL HARRACH, qui m'a beaucoup aidé dans ma recherche

Je remercie aussi monsieur le Docteur **CHEBLI Abderrahmane** enseignant à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'EL HARRACH qui m'a beaucoup facilité la tâche.

Je tiens à exprimer ma grande reconnaissance ainsi mon grand respect à M. **CHENNAFIA.** chef du département d'hydraulique.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont conseillé lors de la rédaction de ce mémoire surtout mon frère qui m'a toujours aidé, ma famille et mes camarades de promotion.

Lyes

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
-----------------------------	---

CHAPITRE I – POLYMERES SUPER ABSORBANT ET AGRICULTURE

I.1. DEFINITION	3
I.2. HISTORIQUE	3
I.3. DESCRIPTION PHYSICO-CHIMIQUE DES SAP	4
I.4. SYNTHESE DES SAP	5
I.5. PROPRIETES PHYSIQUES DES SAP	5
<i>I.5.1. Absorption de l'eau</i>	<i>6</i>
<i>I.5.2. Relation structure-activité.....</i>	<i>6</i>
<i>I.5.3. Quelques exemples des polymères.....</i>	<i>6</i>
I.5.3.1. Premier exemple de polymère : le slime	6
I.5.3.2. Second exemple de polymères : le polyacrylate - SAP.....	7
I.6. UTILITE DES POLYMERES SUPER-ABSORBANTS.....	8
<i>I.6.1. La disponibilité et la gestion des ressources hydriques</i>	<i>8</i>
<i>I.6.2. Potentiel d'utilité du polymère super-absorbant.....</i>	<i>9</i>
I.1. CONCEPT D'EAU SOLIDE	10
<i>I.1.1. Description générale</i>	<i>10</i>
<i>I.1.2. L'eau solide et l'irrigation.....</i>	<i>11</i>
<i>I.1.3. Autres applications inattendues.....</i>	<i>11</i>

CHAPITRE II – EAU, SOL, PLANTE

II.1. SOL ET EAU	12
<i>II.1.1. Le sol.....</i>	<i>12</i>
II.1.1.1. Analyse granulométrique.....	13
II.1.1.2. Porosité du sol	14
II.1.1.3. Structure	15
II.1.1.4. Classification des textures	17
II.1.1.5. Classification des sols en Algérie.....	18
a. Les sols des régions sahariennes	18
b. Les sols des régions semi-arides.....	19
c. Les sols des régions telliennes humides.....	19
<i>II.1.2. L'eau.....</i>	<i>20</i>
II.1.2.1. Les formes de l'eau dans le sol	20
II.1.2.2. Disponibilité de l'eau en Algérie	21
II.1.2.3. Les besoins agricoles en eau en Algérie.....	22
II.1.2.4. Notion d'eau utile	22
a. La capacité au champ (c)	22
b. Le point de flétrissement (f)	23
c. L'eau utile	23
d. Méthodes de mesure	24
II.1.2.5. Réserve utile en eau des sols	25
II.1.2.6. Mouvement de l'eau dans le sol.....	25
II.1.2.7. Présence d'une nappe d'eau libre	26
II.2. GENERALITES SUR LA LAITUE.....	26
<i>II.2.1. Origine et Description.....</i>	<i>26</i>
<i>II.2.2. Les variétés.....</i>	<i>27</i>
<i>II.2.3. Place de la laitue dans la rotation.....</i>	<i>27</i>
<i>II.2.4. Exigences de la laitue</i>	<i>28</i>
<i>II.2.5. Technique de production de la laitue</i>	<i>29</i>
II.2.5.1. La production des plants en pépinière.....	29
II.2.5.2. Le précédent cultural	29
II.2.5.3. Le type de sol et son travail préalable	29
II.2.5.4. Amendements et Fertilisation	30
a. Fumure de fond	30
b. Fumure d'entretien	30
II.2.5.5. Densité de plantation	30
II.2.5.6. Gestion des adventices	31
II.2.5.7. Irrigation	31
II.2.5.8. Les traitements phytosanitaires	31
II.2.5.9. Récolte et rendement potentiel	31

CHAPITRE III – SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES SUR LES SUPER- ABSORBANTS EN AGRICULTURE

III.1. INTRODUCTION	32
III.2. LES ANALYSES D'ÉCHANTILLON DU SOL UTILISÉ	32
III.3. DIFFÉRENTS ESSAIS SUR LES POLYMERES SUPER-ABSORBANT	34
<i>III.3.1. Comportement du polymère super-absorbant seul.....</i>	<i>34</i>
III.3.1.1. Première expérience.....	34
III.3.1.2. Deuxième expérience	34
III.3.1.3. Troisième expérience.....	35
III.3.1.4. Quatrième expérience	36
III.3.1.5. Cinquième expérience	38
<i>III.3.2. Comportement du sol seul.....</i>	<i>38</i>
<i>III.3.3. Comportement du super absorbant mélangé à la terre.....</i>	<i>39</i>
<i>III.3.4. Comportement du super absorbant au champ</i>	<i>39</i>
CONCLUSION GÉNÉRALE	41
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	43

Liste des Tableaux

TABLEAU 1 :USAGE ET CONDITIONS D'EMPLOI DES POLYMERES SUPER-ABSORBANTS.....	10
TABLEAU 2 :ANALYSE GRANULOMETRIQUE	14
TABLEAU 3 :DIFFERENTES FORMES DE LA POROSITE	15
TABLEAU 4 :FONCTIONS DES PORES.....	16
TABLEAU 5 :CLASSIFICATION DES STRUCTURES EN FONCTION DE TEXTURE	16
TABLEAU 6 :CARACTERISTIQUES DES TEXTURES	18
TABLEAU 7 :REPARTITION DES RESSOURCES SUPERFICIELLES ET SOUTERRAINES EN ALGERIE	21
TABLEAU 8 :ANALYSES DU SOL UTILISE	33

Liste des Figures

FIGURE 1 :POLYMERISATION SUPER-ABSORBANT.....	5
FIGURE 2 :ALCOOLS POLYVINyliQUES.....	7
FIGURE 3 :ATMOSPHERE, BIOSPHERE, LITHOSPHERE.....	13
FIGURE 4 :DIAGRAMME DES TEXTURES.....	17
FIGURE 5 :VARIATIONS DE L'EAU EN FONCTION DE LA TEXTURE (EN % DU POIDS)	24
FIGURE 6 :SUPER-ABSORBANT SOUS SA FORME GRANULEE SOLIDE ET LIQUIDE	34
FIGURE 7 :SUPER ABSORBANT HUMIDIFIE DIRECTEMENT ET NATURELLEMENT	36
FIGURE 8 :SUPER ABSORBANT, A LA SORTIE DU FOUR ET QUELQUES MINUTES PLUS TARD	37
FIGURE 9 :REHUMIDIFICATION ET PESEE DU SUPER-ABSORBANT APRES SECHAGE RAPIDE	37
FIGURE 10 :EVOLUTION DU LOBE DE RETENTION D'EAU AU BOUT DE 24 H DE TEMPS	38
FIGURE 11 :BAC CONTENANT DE LA TERRE MELANGEE AU SUPER-ABSORBANT.....	39

Introduction Générale

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'eau demeure une source de vie des êtres vivants et de leurs développements dans les différentes catégories telles que l'agriculture, l'industrie et autres domaines.

Cette ressource devient insuffisante dans le monde entier ; cela est dû à son inégale répartition, aux faibles précipitations et à la forte croissance démographique, auxquelles s'ajoutent l'effet de pollution des ressources en eau et les graves sécheresses. Toutes ces raisons ont rendu le problème d'eau très crucial ces dernières décennies.

L'Algérie, comme tout autre pays dans le monde, possède des ressources en eau conventionnelles (l'eau de surface, et celles renfermées dans les nappes souterraines), et non conventionnelles (l'eau de mer, etc.).

Notre pays, en tant que pays déficitaire, s'est engagé dans un vaste programme d'exploitation des eaux non conventionnelles depuis quelques années. En effet notre pays a fait des investissements énormes dans le cadre du dessalement de l'eau de mer. Il poursuit ses efforts dans la mobilisation et le traitement des eaux pluviales afin de promouvoir leur utilisation à des fins domestiques et agricoles.

Pour qu'on puisse atteindre l'évolution dans notre vie quotidienne, ainsi que dans l'industrie et l'agriculture, il faut la présence de l'eau et en quantité suffisante. Celle-ci est considérée comme élément de base pour le fonctionnement des machines et aussi pour transformer certaines matières premières en produits consommables.

C'est dans ce cadre que le secteur de l'hydraulique s'est vu accorder une attention accrue de la part des instances. Un plan ambitieux de développement des infrastructures hydrauliques a été élaboré.

Vu que la quantité d'eau disponible décroît sensiblement chaque année, il est impératif de trouver des solutions et des stratégies rigoureuses pour assurer la consommation de l'eau journalière nécessaire.

Actuellement, Les solutions mises sur la table sont plus coûteuses que l'adoption d'une stratégie de prévention bien réfléchie.

Les agriculteurs aujourd'hui, demandent des conseils opérationnels pour mieux utiliser leurs équipements, améliorer les rendements, éviter le gaspillage de l'eau et les risques de pollution. Ainsi, l'irrigation par ruissellement a laissé place à des systèmes d'irrigation par aspersion ou localisée.

L'irrigation par rampes pivotantes a été introduite au grand Sud pour la culture des céréales. Cette introduction faisait partie de la politique de mise en valeur de nouvelles terres dans les régions sahariennes. Et par ces évolutions le gaspillage d'eau, le coût d'extraction et sa mise à disposition à la plante ne fait qu'augmenter et ceci se répercute sur les produits agricoles sur le marché. Les polymères super-absorbants, de par leurs caractéristiques de rétention d'eau, peuvent constituer une solution idéale.

Notre travail sur le super-absorbant vise à proposer des dispositifs à mettre en œuvre afin de remédier au gaspillage d'eau par le biais de l'optimisation de son utilisation ainsi que la diminution de sa mobilisation. En effet, l'utilisation de polymères super-absorbants peut faire diminuer la quantité d'eau à apporter à la plante de moitié.

Malheureusement, et vue les conditions actuelles de confinement ainsi que la situation sanitaire que nous inflige le COVID-19, Nous étions contraints d'arrêter l'étude. Les objectifs considérés au départ ont tous été reportés puis annulés et ce travail est déjà considéré comme mort-né.

Dans cette logique et pour palier à cette situation, une étude bibliographique a été menée pour cerner les travaux menés en Algérie sur les polymères super-absorbants. L'essentiel des connaissances sur les polymères est présenté dans le 1^{er} chapitre du document. Le 2^{ème} chapitre traite tout ce qui est en relation avec la culture envisagée au départ de l'étude à savoir la laitue en traitant aussi le sol et l'eau. Le résumé des travaux menés sur le sujet est présenté dans le 3^{ème} chapitre.

Chapitre I

Polymère Super-absorbant
et Agriculture

CHAPITRE I – POLYMERES SUPER ABSORBANT ET AGRICULTURE

I.1. Définition

Un polymère super-absorbant est un polymère qui peut absorber et conserver de très grandes quantités d'un liquide en comparaison avec sa propre masse. Il peut ainsi absorber jusqu'à cent ou plusieurs milliers de fois sa masse en liquide. Le liquide absorbé peut être de l'eau ou un liquide organique.

Dans le cas de l'eau, les polymères super-absorbants sont surtout des poly électrolytes comme les polyacrylates de Sodium.

Les premiers super-absorbants étaient fabriqués à partir d'amidon et de cellulose chimiquement modifiés et d'autres polymères tels que le PVA (poly alcool vinylique) et le PEO (poly oxyde d'éthylène) qui sont tous hydrophiles et ont une forte affinité pour l'eau. Légèrement réticulés, chimiquement ou physiquement, ces polymères sont devenus gonflables à l'eau mais pas solubles dans l'eau.

Les polymères super-absorbants actuels sont fabriqués à partir de poly acide acrylique partiellement neutralisé et légèrement réticulé, dont il a été prouvé qu'ils offrent le meilleur rapport performances - coût. Les polymères sont fabriqués à de faibles niveaux de solides pour des raisons économiques et de qualité. Dans l'eau, ils gonflent en un gel caoutchouteux qui, dans certains cas, peut contenir jusqu'à 99% en poids d'eau. (DEMITRI.2013)

I.2. Historique

L'histoire des polymères commence autour de 1830, mais celle des « matières plastiques » industrielles attendra 1900.

Les chimistes qui ont préparé le chlorure de vinyle (1838), l'isoprène (1879) ou le méthacrylate de méthyle (1880), se sont rendu compte que la lumière (et des traces d'oxygène) solidifiait ces substances, sans en comprendre le mécanisme puisqu'il faudra attendre Staudinger vers 1920 pour décrire les macromolécules.

Les matières premières accessibles au XIXe siècle sont naturelles : la cellulose, le latex d'hévéa, la caséine du lait. La vulcanisation du caoutchouc d'hévéa est réalisée par Goodyear en 1839. La nitration de la cellulose (1833) permet sa mise en solution et, plus tard, l'addition de camphre, la plastification en celluloid ; les premiers films de nitrocellulose sont utilisés en photographie. Le traitement par l'anhydride acétique (1865) permet à Chardonnet de filer en 1884 la première soie artificielle. La Galalit (formol et caséine) apparaît en Angleterre en 1897. Il faut attendre 1909 pour que Baekeland prépare les premières matières polymères de synthèse à partir de phénol et de formol.

Les soixante années qui suivent la guerre mondiale constituent la phase de croissance des polymères. Les matières premières vont être le pétrole, abondant aux États-Unis, et le charbon en Allemagne. Durant la seconde guerre mondiale, la situation économique et politique va dominer les développements des plastiques les plus anciens : PVC et polystyrène avant 1939, polyacétate de vinyle, polyméthacrylate de méthyle et les grands élastomères de synthèse – Buna en Allemagne, GRS aux États-Unis – qui utilisent le butadiène, le styrène, puis l'acrylonitrile. Le polychloroprène est inventé à la même époque ainsi que les polyamides 6 et 66, le polytétrafluoréthylène (Teflon®).

Les polymères super-absorbants (SAP) ont fait leur apparition en 1938, puis ont été étudiés en détail dans les années 50. Il a fallu attendre la fin des années 80 pour les voir apparaître dans les magasins. D'abord composées d'un mélange de SAP et de cellulose, les parties absorbantes des couches culottes ne contiennent maintenant plus que des super-absorbants, rendant ces dernières à la fois plus fines et plus efficaces. (MADAGHIELE.2013)

I.3. Description physico-chimique des SAP

Les polymères super-absorbants d'eau sont des polymères qui résultent de la polymérisation avec réticulation partielle de monomères éthyléniquement insaturés hydrosolubles, en particulier les acides acryliques et méthacryliques, et leurs sels alcalins. Ils peuvent absorber jusqu'à 1000 fois leur masse d'eau en quelques dizaines de secondes. Quand ils sont déshydratés, ils se présentent généralement sous forme de poudre blanche. Ces matières sont formées d'un enchevêtrement de chaînes macromoléculaires polymérisées, reliées entre elles par des ponts. Chaque maillon de la chaîne est fortement hydrophile.

En présence d'eau, cette dernière pénètre le polymère, d'une part à cause de la répulsion électrostatique des chaînes polymériques, et d'autre part sous l'effet de l'attraction des groupements hydrophiles du polymère.

Sous l'effet de l'insertion de l'eau, le réseau se déploie, le matériau gonfle et forme un gel translucide, plusieurs dizaines ou plusieurs centaines de fois plus volumineux. L'élasticité du polymère tend à s'opposer au gonflement, et conduit finalement à un équilibre. Par ailleurs, l'effet peut être contrebalancé par la pression osmotique: si le liquide ambiant est chargé d'ions qui ne peuvent pas migrer dans le réseau de polymères, la pression osmotique créée par la différence de concentration empêche l'eau de pénétrer dans le réseau : le polymère absorbe moins l'eau chargée de sels qu'il n'absorbe l'eau pure. L'absorption est donc maximale pour de l'eau distillée. Elle est bien moindre pour de l'eau du robinet ou du liquide physiologique (absorption des couches). (ELAIDI.2006)

I.4. Synthèse des SAP

Les polyacrylates sont synthétisés par polymérisation radicalaire de l'acide acrylique, initiée photo chimiquement ou chimiquement, en utilisant un initiateur de radicaux tel le peroxydisulfate d'ammonium $((\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8)$. La copolymérisation avec des agents ramifiants permet de contrôler la taille et la structure des chaînes polymériques, donc les propriétés du matériau obtenu. (RIFI.2006)

I.5. Propriétés physiques des SAP

Les polymères super absorbants forment un réseau de chaînes carbonées portant des fonctions acide carboxylique et carboxylate dans des proportions contrôlées au moment de la polymérisation.

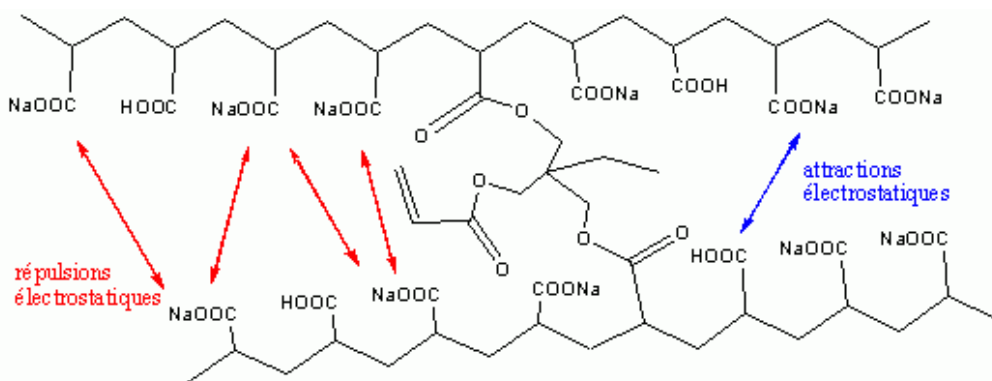


Figure 1. Polymérisation super-absorbant

D'un point de vue macroscopique, l'aspect des polymères varie selon leur degré de réticulation. Cet aspect structurel est directement lié aux propriétés physico-chimiques du polymère obtenu, en particulier l'absorption de l'eau par cette matrice hydrosoluble. (MAFFEZZOLI.2013)

I.5.1. Absorption de l'eau

Les forces motrices expliquant l'absorption de l'eau par les polymères super-absorbants sont principalement la formation de liaisons hydrogène (des molécules d'eau s'insèrent dans le réseau polymérique et minimisent les répulsions électrostatiques) et la pression osmotique (milieu ionique à l'intérieur du polymère, milieu neutre à l'extérieur). Pratiquement, pour un polymère donné, le pH (protonation des fonctions carboxylates) et la force ionique du liquide absorbé influencent très fortement l'absorption. Ce dernier point est un facteur très limitant : l'absorption des SAP utilisés dans les couches est dix fois moins importante pour du liquide physiologique que pour de l'eau pure. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle les couches super-absorbantes contiennent jusqu'à 15 g de SAP alors que 5 g sont suffisants pour absorber un litre d'eau pure. (SANNINO.2013)

I.5.2. Relation structure-activité

Les méthodes de polymérisation et la réticulation sont également deux facteurs importants : ils permettent de jouer sur la surface spécifique du polymère et donc sur sa vitesse d'absorption. Ainsi, les SAP pour les couches de bébé se présentent sous forme de petites billes dont la structure est hautement réticulée ; ils absorbent donc très lentement. En revanche, les SAP utilisés pour l'isolation des câbles de communication offrent une très haute surface spécifique : ils absorbent les liquides si rapidement qu'une couche de gel imperméable se crée à l'interface liquide / polymère, empêchant la diffusion de l'eau. On appelle ce dernier phénomène le "gel-blocking".

Beaucoup d'autres applications des SAP peuvent être énumérées, telle la fabrication de neige artificielle (le polymère prend un aspect floconneux après absorption de l'eau), l'utilisation en agriculture (rétention de l'eau au voisinage des plants) ou encore le contrôle de l'humidité. (SANNINO.2013)

I.5.3. Quelques exemples des polymères

I.5.3.1. Premier exemple de polymère : le slime

Les alcools polyvinyliques résultent de la polyaddition de monomères contenant une liaison

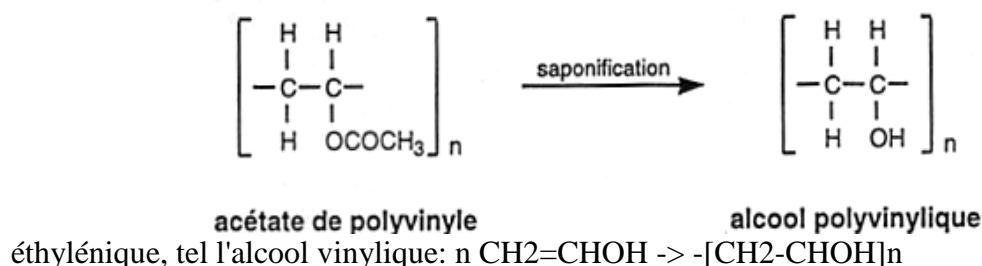


Figure 2. Alcools polyvinyliques

Toutefois, la fabrication industrielle de l'alcool polyvinylique s'effectue actuellement par saponification (totale ou partielle) de l'acétate de polyvinyle, de préférence en milieu alcalin. Il en résulte des produits contenant d'autant moins de groupements acétyle que le degré d'hydrolyse est plus élevé. La principale caractéristique de cette série de polymères est leur grande solubilité dans l'eau, qui augmente avec l'indice d'hydrolyse et diminue avec le degré de polymérisation, la viscosité des solutions aqueuses étant déterminée, pour une même teneur en matière solide, par le degré de polymérisation.

Si l'on utilise des solutions aqueuses d'alcool polyvinylique, l'addition de méthanol, d'éthanol ou d'isopropanol cause une augmentation de viscosité.

Les alcools polyvinyliques sont insolubles dans les solvants organiques courants, les huiles, les graisses et les cires. (SCALERA.2013)

I.5.3.2. Second exemple de polymères : le polyacrylate - SAP

Les polymères super absorbants (SAP) ont fait leur apparition en 1938 grâce à KERN. Par la suite, dans les années 1950, KUHN, KATCHALSKY *et al.* ont étudié en détail leurs propriétés physico-chimiques. Du fait de leur coût élevé et de leur faible développement, il a fallu attendre le début des années 1980 pour les voir apparaître au Japon comme constituants des couches pour bébé.

De nos jours, ces matériaux ont des applications très diversifiées, allant de la lutte contre les incendies à l'industrie aéronautique. Les évolutions de la production de SAP restent cependant étroitement liées à la fabrication des produits d'hygiène corporelle, avec une consommation mondiale de l'ordre de 12 000 tonnes en 1985 et de 700 000 tonnes en 1999.

Les polymères obtenus forment un réseau tridimensionnel de chaînes carbonées contenant des fonctions acide carboxylique (COOH) et carboxylate (COO⁻) dans des proportions contrôlées au moment de la polymérisation. On obtient alors une structure, présentant un polymère réticulé par le tri acrylate de tri-hydroxyméthylpropyle.

D'un point de vue macroscopique, l'aspect des polymères varie principalement selon leur degré de réticulation. Un matériau fortement réticulé se présente sous la forme de minuscules billes, alors qu'un aspect poudreux est caractéristique d'une plus faible réticulation. Cet aspect structurel va conditionner les propriétés physico-chimiques du polymère obtenu, notamment l'absorption de l'eau par cette matrice hydrosoluble. Les chaînes polymériques peuvent être reliées entre elles par des chaînes carbonées ; On parle alors de réticulation. Les chaînes des polyacrylates sont d'autant moins mobiles et d'autant plus resserrées les unes par rapport aux autres que le polymère est réticulé. (SCALERA.2013)

I.6. Utilité des polymères super-absorbants

I.6.1. La disponibilité et la gestion des ressources hydriques

L'Algérie appartient à la zone géographique du « Middle-East and North Africa » (MENA) et la quasi-totalité de son territoire (84%) est classé en zone désertique. Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), le pays d'une surface totale de 238 millions d'hectares ne cultive que 3,54% de son territoire, alors qu'il dispose d'un potentiel cultivable de 40 millions d'hectares, soit 16,8%.

Ceci s'explique entre autre par l'accès restreint aux ressources hydriques nécessaires à la culture. En Algérie, la pluviométrie moyenne annuelle toutes zones confondues est de l'ordre de 89 mm. Bien que la pluviométrie varie fortement d'une région à une autre, le fait demeure que selon le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), non seulement le pays ne dispose actuellement pas de la quantité d'eau nécessaire à son développement global mais la

demande augmentera au fil des années en raison de la croissance démographique et de l'augmentation du niveau de vie de la population. Actuellement, 65% de la quantité d'eau utilisée annuellement au pays est mobilisée à des fins agricoles.

La gestion rationnelle des ressources hydriques représentera un atout majeur pour le développement général du pays. L'utilisation des SAP peut contribuer activement à la préservation des ressources hydriques. (DEMITRI.2013)

I.6.2. Potentiel d'utilité du polymère super-absorbant

Les polymères super-absorbants sont utilisés en agriculture depuis plusieurs décennies à l'échelle mondiale, particulièrement dans les régions à faible pluviométrie et à sol sableux. Leur fonction est de retenir l'eau ainsi que les engrais hydrosolubles et de le redistribuer à la plante à sa demande. La réduction significative des phénomènes de percolation, d'évapotranspiration et de lessivage ainsi obtenus entraînent une diminution des fréquences d'irrigation nécessaires entraînant ainsi une optimisation de la disponibilité de l'eau de pluie pour la plante.

De par la diminution du stress hydrique dont elle bénéficie, la plante peut utiliser ses ressources pour son développement plutôt que pour sa survie, ce qui résulte accessoirement en une vitesse de croissance et un rendement plus élevé des cultures. Les super-absorbants ont également un effet régulateur sur la densité des sols et leur intérêt économique réside dans les économies des coûts d'irrigation et de fertilisation qui découle de leur utilisation ainsi que sur les gains supplémentaires obtenus des récoltes.

Les polymères super-absorbants de bonne qualité ont une durée de vie utile de plusieurs années dans le sol et sont reconnus sains pour l'environnement. Ils sont biodégradables à plus de 99% et ne laisseront pas de résidus toxiques (eg. acrylamide) dans le sol.

Les polymères super-absorbants est composé de polyacrylate de potassium et porte le code CASE 25608-12-2. Il est autorisé pour usage alimentaire par la UNITED STATES ENVIRONMENTAL Protection Agency et dans l'agriculture biologique américaine par la National Organic Standards Board. Il est considéré comme un élément inerte et ne laissera que 300 mg/kg de résidus de monomères non toxiques dans le sol.

Ces polymères super-absorbants (SAP) sont utilisés depuis quelques années en agriculture pour répondre aux problèmes de sécheresse notamment en Inde et au Mexique sous l'impulsion de Monsieur Sergio Rico initiateur de « l'eau solide ». (HORTUMAN.2012)

Le tableau 1 renvoi les valeurs d’usage et les conditions d’emploi des SAP.

Tableau 1. Usage et conditions d’emploi des Polymères Super-Absorbants

Cultures	Dose par apport	Nombre et époque d’apport
Céréalières	15 à 45 kg.ha ⁻¹	Semis : apport juste avant ou pendant le semis
Sucrières	20 à 60 kg.ha ⁻¹	
Oléagineuses	25 à 65 kg.ha ⁻¹	
Maraîchères	20 à 60 kg.ha ⁻¹	Nouvelles plantations : apport juste avant ou pendant le repiquage
Viticoles	3 à 80 g par jeunes plants	Vergers et vignobles établis : apport dans la zone racinaire en période de repos végétatif
Arboricoles fruitières		
Sylvicoles		
Florales	20 à 60 kg.ha ⁻¹	

La dose maximale d’apport prise en compte pour l’évaluation de l’innocuité des produits est de 65kg/ha/an.

I.1. Concept d’eau solide

Un ingénieur mexicain a eu l’idée de solidifier l’eau pour répondre aux problèmes d’irrigation dans l’agriculture. Une solution qui serait plus efficace et plus durable pour lutter contre la sécheresse. (HORTUMAN.2012)

I.1.1. Description générale

L’idée à l’origine de cette révolution est finalement assez simple : il s’agit en fait de gélifier l’eau pour la rendre stockable. Le but est évidemment de ne pas avoir à investir dans des canaux ou tuyaux d’irrigation, qui sont la cause de grandes pertes du précieux liquide.

Pour gélifier l’eau, on utilise un polymère au pouvoir absorbant musclé, le polyacrylate de Potassium. Il est réduit en une poudre biodégradable, non toxique, capable d’absorber puis de stocker 500 fois son poids en eau.

On verse 1,5g de cette poudre de polymère dans 1 litre d'eau, et en un quart d'heure les molécules d'eau se solidifient en se collant aux polymères. Il en résulte une sorte de granulés qui forment un gel biodégradable, facile à mettre dans des sacs ou récipients. (HORTUMAN.2012)

I.1.2. L'eau solide et l'irrigation

Un des avantages majeurs de l'eau solide est qu'elle donne de meilleurs résultats que les méthodes traditionnelles d'irrigation tout en utilisant moins d'eau. Le gel d'eau solide peut être réhydraté autant de fois que l'on veut pendant 10 ans. Aussi, 25 kilos de polyacrylate de Potassium permettent d'irriguer environ 1 hectare.

Il s'agit d'une solution plus économe en eau pour l'agriculture. En effet, l'agriculture irriguée consomme plus de 70 % des ressources en eau à l'échelle mondiale. La majeure partie de toute cette eau est perdue par évaporation avant même d'avoir servi.

L'eau gélifiée reste en contact avec les racines, la plante puise ce qu'elle a besoin quand elle veut. S'il pleut, l'eau de pluie est automatiquement resolidifiée en reformant les granulés de polyacrylate de Potassium contenu dans la terre. (HORTUMAN.2012)

I.1.3. Autres applications inattendues

En déposant des sacs de gel d'eau solide à même le sol, les pompiers font des barrages d'humidité qui ne s'évaporent pas et bloquent efficacement les feux.

Cette innovation porte donc bien des espoirs dans la lutte contre la sécheresse des agriculteurs de zones sèches. Certains agriculteurs d'Espagne, de Colombie, du Portugal ou d'Inde (où elle sert à cultiver des fruits, des cacahuètes, du blé) testent le gel d'eau solide, avec espoir. (HORTUMAN.2012)

Chapitre II

Eau, Sol, Plante

CHAPITRE II – EAU, SOL, PLANTE

II.1. Sol et eau

II.1.1. Le sol

Le sol étant un assemblage de particules de différentes dimensions donnant des vides plus ou moins grands, il est considéré comme étant un réservoir d'eau, cette eau retenue ou circulant dans ce sol passe toujours par ces pores. Dans le cas d'infiltration c'est la gravité qui l'emporte, lors de la circulation horizontale c'est la succion qui s'en charge ou par remontée capillaire, et c'est la demande climatique élevée qui en est la cause.

L'eau ramenée à un sol est sollicitée par les profondeurs en premier lieu, une partie se trouve utilisée par la plante, une autre va s'évaporer et une partie va être retenue fortement par les agrégats du sol. Ceci explique la variabilité de la teneur en eau dans un sol. Cette teneur est proportionnelle au volume du sol, plus elle diminue plus ce sol diminue de volume à son tour.

La teneur de « Ir » correspond à une humidité variant autour de H% ce qui se traduit par une auto-structuration ou une stabilité structurale importante donc un très bon comportement mécanique du sol.

Le sol peut aussi être interprété comme étant l'interface entre la lithosphère, l'atmosphère, la biosphère et l'hydrosphère (figure 3).

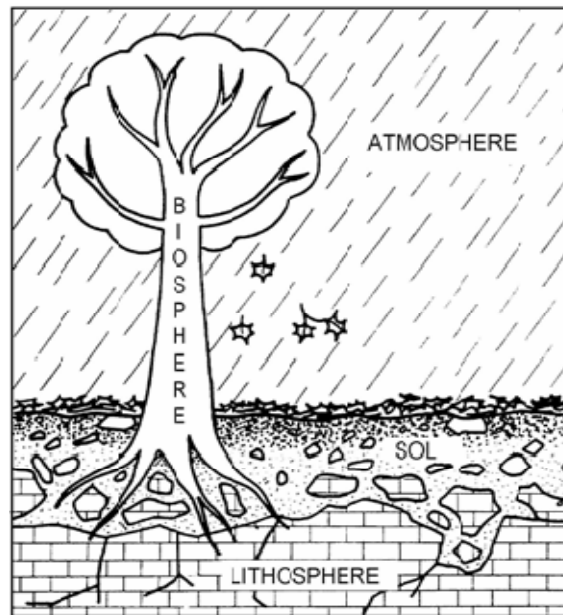


Figure 3. Atmosphère, biosphère, lithosphère

II.1.1.1. Analyse granulométrique

La granulométrie, ou texture, correspondant à la répartition des minéraux par catégorie de grosseur, indépendamment de la nature et de la composition de ces minéraux.

La liaison du sol, de l'eau, de l'aération, des complexes absorbants détermine l'ensemble des propriétés physiques et chimiques du sol et est en liaison étroite avec la texture et la structure, qui apparaissent comme deux facteurs-clés de la fertilité de ce sol.

L'analyse granulométrique est pratiquée sur la terre fine (obtenue par tamisage au tamis à mailles 2 mm). Après destruction de la matière organique par un oxydant déterminé, les particules minérales sont dispersées à l'aide d'un dispersant alcalin (hexa méta phosphate de Potassium), les particules grossières ($d > 50 \mu\text{m}$) sont séparées par tamisage ; les particules moyennes et fines sont obtenues par la mesure de la vitesse de sédimentation : par exemple, fraction fine ($d < 2 \mu\text{m}$) 8 heures sur 10 cm, à 20°C. Cette analyse a pour but de quantifier pondéralement les particules élémentaires cristallines groupées en classes, et de définir la texture ou composition granulométrique des sols. (BONNEAU M *et al.*, 1979)

A la suite d'une convention internationale de classification, les particules sont classées de la façon présentée sur le tableau 2, en fonction de leur diamètre.

Tableau 2. Analyse granulométrique.

Particules	Fonction / Classe
Cailloux et graviers (d >2mm)	Ils sont classés à part, la granulométrie nécessite une terre fine à diamètre inférieur à 2mm; Leur nature est importante à déterminer (constitués souvent de débris de roche-mère);
Sables (2mm>d>50µm)	2 classes : Sables grossiers : 2mm à 0,2mm ; Sables fins: 0,2 à 50µm.
Limons (ou silts) (50 µm à 2 µm)	2 classes : Limons grossiers : 50 µm à 20 µm ; Limons fins: 20 µm à 2 µm.
Fraction fine (d < 2 µm)	Les argiles fines, moyennes et grossières. Et souvent aussi d'autres minéraux.

II.1.1.2. Porosité du sol

La porosité, c'est-à-dire le volume des vides, exprimé en pourcentage du volume total, divisé lui-même en deux parties: capacité en air et capacité en eau, est la meilleure expression de l'état actuel de la structure; elle donne les indications essentielles concernant les propriétés physiques assurant à la plante son alimentation en eau et la respiration de ses racines.

Cette particularité du sol (P) est en relation étroite avec deux valeurs caractéristiques: la densité réelle (D) de la fraction solide et la densité apparente (D') de la densité du sol sec. (Duchaufour P., 2009)

La porosité totale est donnée par la formule : $P\% = \frac{D-D'}{D}$

Les différents aspects de la porosité sont résumés dans le tableau 3 où « d » est le diamètre équivalent.

Tableau 3. Différentes formes de la porosité.

Porosité totale(PT)	Volume total des pores asséchés en passant du sol saturé en eau au sol séché à l'étuve
Pores très grossiers (PTG) ($d > 128 \mu\text{m}$)	Pores (galeries de vers de terre par exemple); conduisant rapidement l'eau vers les couches plus profondes et sont déterminants pour les mesures de l'infiltration.
Pores grossiers (PG) ($d > 50 \mu\text{m}$)	Ces pores contiennent l'eau dite «de gravitation», c'est-à-dire qu'ils s'assèchent par gravitation, soit à un potentiel de 60 h Pa (correspondant à une valeur pF de 1,8).
Pores moyens-grossiers (PMG) ($3.2 \mu\text{m} > d > 50 \mu\text{m}$)	Ces pores contiennent l'eau «facilement utilisable par les plantes» retenue par le sol contre la gravitation et mise à disposition pour les plantes moyennant une force jusqu'à concurrence de 1000 h Pa (correspondant à pF 3,0).
Pores moyens-fins (PMF) ($0.2 \mu\text{m} > d > 3.2 \mu\text{m}$)	Ces pores contiennent l'eau «difficilement utilisable par les plantes», c'est-à-dire l'eau que le sol retient face à la gravitation et que les plantes n'absorbent que difficilement, moyennant une force de 15000 hPa (correspondant à pF 4,2) au maximum.
Pores fins (PF) ($d < 0.2 \mu\text{m}$)	Ces pores ne s'assèchent complètement qu'à l'étuve (105 °C pendant 24 heures); ils contiennent l'eau dite «morte», celle que le sol retient si fortement qu'elle n'est pas du tout utilisable par les plantes.

Source : WILLI (2006).

L'oxygène est indispensable à la respiration de la plupart des microorganismes et à celle des racines. L'oxygène et les autres gaz du sol localisés dans les pores sont sous deux états (BONNEAU., 1979) :

- ✓ Gazeux (c'est l'atmosphère du sol) ;
- ✓ Dissous dans la solution du sol (c'est une eau enrichie en ions et en molécules minérales et organiques).

II.1.1.3. Structure

La structure désigne le mode d'assemblage des particules. Elle s'observe et se décrit à deux niveaux :

- À l'échelle macroscopique, structure proprement dite, observable à l'œil nu ;
- À l'échelle microscopique, microstructure ou micromorphologie.

Elle détermine la répartition spatiale des matières solides et des vides (pores) dont certains sont occupés par de l'eau, d'autres plus grossiers, par de l'air.

Cette répartition conditionne, l'ensemble des propriétés physiques et biochimiques du sol, l'aération pour la respiration des racines et de l'ensemble de la biomasse ainsi que la rétention par les forces capillaires d'une réserve d'eau utilisable par les plantes en période sèche. Le tableau 4 résume l'occupation des pores.

Tableau 4. Fonctions des pores.

Pores	Bienfait
Les pores grossiers ($d > 50\mu\text{m}$)	Normalement occupés par de l'air après ressuyage rapide des pluies.
Les pores moyens ($50\mu\text{m} > d > 10\mu\text{m}$)	le ressuient de façon très progressive, et sont donc tantôt occupés par de l'eau, tantôt par de l'air suivant les conditions météorologiques.
Les pores fins ($10\mu\text{m} > d > 0,2\mu\text{m}$)	Retiennent l'eau capillaire (absorbable par les racines).
Les pores très fins ($d < 0,2\mu\text{m}$)	Normalement occupés par de l'eau liée, non absorbable par les racines.

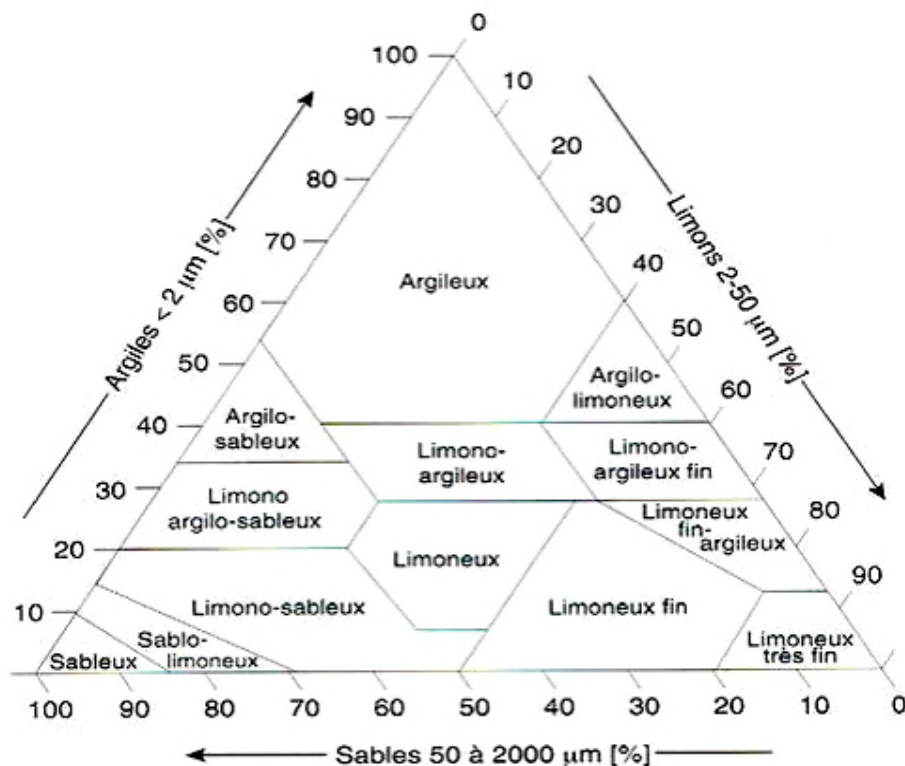
Les structures sont classées en fonction de leur mode de formation; lors des descriptions de profil, des détails supplémentaires concernant la forme et la dimension des unités structurales sont généralement notés, et sont résumés sur le tableau 5.

Tableau 5. Classification des structures en fonction de texture.

Structure	Texture
Structure particulaire, meuble	Sols à texture grossière, sable ou sable limoneux
Structure massive cohérente	Sols à textures fine (limons)
Structures construites	Rôle important des ciments organo-minéraux d'origine biologique.
Structure à ciment chimique	Structures dites précipitées
Structure par fragmentation	Classées suivant la forme et l'orientation préférentielle des fentes de retrait : horizontale, verticale, oblique, mixte.
Structures mixtes	« Floconneuses » (<i>fluffy</i>) : sols brunifiés.

II.1.1.4. Classification des textures

Cette classification offre une grande importance dans la mesure où elle permet de définir, en combinaison avec la structure, l'essentiel des propriétés physique du sol. Les classifications des textures ont été matérialisées par un système de coordonnées identique : tantôt à trois dimensions (triangle équilatéral dont les trois cotés correspondent respectivement au sable, au limon et à l'argile), tantôt à deux dimensions, prenant en compte deux constituants seulement (argile et sable ou argile et limon), le troisième constituant étant obtenu par différence à 10.



Source: gobat J-M. et al. (2010).

Figure 4. Diagramme des textures.

Il est possible de regrouper les textures dans quatre catégories principales. Le tableau 6 représente les différents types de texture et ses caractéristiques.

Tableau 6. Caractéristiques des textures.

Textures	Caractéristiques
<i>Texture sableuse (sandy)</i>	sol bien aéré, facile à travailler, pauvre en réserves d'eau, pauvre en éléments nutritifs, faible capacité d'échange anionique et cationique;
<i>Texture limoneuse (silty)</i>	l'excès de limon et l'insuffisance d'argile peuvent provoquer la formation d'une structure massive, accompagnée de mauvaises propriétés physiques. Cette tendance est corrigée par une teneur suffisante en humus et en calcium;
<i>Texture argileuse (clayey)</i>	sol chimiquement riche, mais à mauvaises propriétés physiques, milieu imperméable et mal aéré, formant obstacle à la pénétration des racines. Le travail du sol difficile, en raison de la forte plasticité (étant humide), ou de la compacité (étant sec). Une bonne structure favorisée par l'humification corrige en grande partie ces propriétés défavorables.
<i>Texture équilibrée (ou franche, loamy)</i>	correspond à l'optimum, dans la mesure où elle présente la plupart des qualités des trois types précédents, sans en avoir les défauts; exemple de granulométrie favorable à la culture : 25 % d'argile, 30 à 35% de limons et 40 à 45% de sable

Les sols dits compactés sont des sols à texture limono-argileuse, dans lesquelles la porosité structurale a été plus ou moins détruite par évolution naturelle (sols forestiers) ou artificielle par passage d'instruments lourds (sols cultivés) : la destruction des agrégats " construits" s'accompagne d'une disparition complète des pores grossiers, d'une diminution sensible des pores moyens et seuls les pores fins étant conservés. Il en résulte une disparition presque totale de la capacité en air ainsi qu'une diminution sensible de l'eau utile dépassant parfois 20%. (DUCHAUFOR , 2009).

II.1.1.5. Classification des sols en Algérie

L'étude des sols d'Algérie constitue une préoccupation majeure des pédologues algériens. En effet, la classification des sols peut être regroupée, en fonction du facteur climatique dominant dans leur formation, en trois grands groupes.

a. Les sols des régions sahariennes

En régions sahariennes la quasi-totalité du sol est constituée des terrains marginaux ; malgré les potentialités en eaux souterraines, ces sols présentent des contraintes sévères pour la mise en valeur (salinité, encroûtements calcaire, gypseux) (KHEMGANI, 2010).

D'après DURAND. (2011), La formation des sols dans ces régions est dominée par les conditions climatiques, où le vent joue un rôle principal. D'où la formation de deux grands types de sols éoliens (MAURICE, 2015):

- ✓ *Sols éoliens d'ablation* sans « terre fine » : il y a enlèvement de toutes les parties de roches suffisamment fines pour être entraînées ne laissant sur place que des cailloux plus ou moins grossiers.
- ✓ *Sols éoliens d'accumulation* : formés par les particules entraînées par le vent qui s'accumulent dans les zones abritées formant des dépôts de sable.

b. Les sols des régions semi-arides

La zone semi-aride est caractérisée par le manque de précipitations et leur irrégularité, dont la pluviométrie est comprise entre 300 et 600mm.

Les sols en ces régions semi-arides souffrent d'une érosion importante causée par des précipitations au pouvoir érosif important et généralement plus dévastatrices à cause du faible couvert végétal. Ces sols ont des propriétés physiques très diverses qui peuvent être néfastes à l'agriculture tels que : un taux d'infiltration très faible, formation d'une croûte, tassement accru des sols, fissuration profonde, etc. (HUDSON, 1990).

c. Les sols des régions telliennes humides

L'Algérie est riche en zones humides qui font partie des ressources les plus précieuses sur le plan de la diversité biologique et de la productivité naturelle. La quatrième édition de l'Atlas des sites algériens inscrits sur la liste RAMSAR des zones humides d'importance internationale est avant tout l'expression de la volonté de l'Etat algérien de contribuer, avec de 42 zones humides classées et protégées, à la sauvegarde et à la préservation des écosystèmes de notre planète (BARKAT, 2004).

D'après CIZEL. (2010), les zones humides se caractérisent par la présence, permanente ou temporaire, en surface ou à faible profondeur dans le sol, d'eau disponible douce, saumâtre ou salée. Elles se distinguent par une faible profondeur d'eau, des sols hydromorphes et une végétation dominante composée de plantes hygrophiles au moins pendant une partie de l'année.

Un sol est dit hydromorphe lorsqu'il montre des marques physiques d'une saturation régulière en eau, temporaire ou permanente. Une coupe dans le sol ou un sondage à la tarière permet d'identifier le sol par les caractères pratiques suivants :

- ✓ **Une couleur noire** : Sols pseudo-tourbeux, riches en matières organiques,
- ✓ **Des taches de couleur rouille de pseudo-gley** : (sols rédoxiques ou rédoxisols), qui apparaissent dans les sols hydratés et oxygénés. Elles correspondent à du fer à l'état oxydé,
- ✓ **Des taches claires de couleur grise à gris-bleu ou gris-vert, de gley** : (sols réductiques ou réductisols). Elles correspondent à du fer à l'état réduit. Le sol est saturé en eau et en condition anoxique (sans oxygène).

II.1.2. L'eau

Moderniser l'irrigation ne signifie pas obligatoirement remplacer l'irrigation de surface par l'aspersion ou par la micro-irrigation. L'irrigation de surface ne permet pas d'atteindre les rendements hydrauliques maximaux des réseaux sous pression. Mais un système d'irrigation de surface modernisé bien utilisé peut avoir une performance supérieure à celle d'un réseau d'irrigation par aspersion ou de micro-irrigation qui fonctionne mal.

Pour réconcilier tous les dispositifs d'irrigation et donner à la plante le soin de prendre l'eau à son gré de manière à satisfaire ses besoins en eau, les super-absorbants répondent à ses exigences pour une très longue période.

II.1.2.1. Les formes de l'eau dans le sol

L'eau du sol a une importance considérable; d'une part elle intervient dans la nutrition des plantes, à la fois directement et indirectement, en tant que véhicule des éléments nutritifs dissous, d'autre part, c'est un des principaux facteurs de la pédogénèse qui conditionne la plupart des processus de formation des sols. Les sources de l'eau du sol sont d'une part l'eau de précipitation, et aussi, dans certaines stations l'eau souterraine (nappe phréatique permanente, alimentée souterrainement).

Les pluies qui tombent à la surface se subdivisent en diverse fractions et donnent naissance aux formes d'eau suivantes :

- ✓ **L'eau de ruissellement** est superficielle ou « hypodermique », lorsqu'elle circule au sein des horizons supérieurs, parallèlement à la surface,
- ✓ **L'eau de gravité** est entraînée par la pesanteur, elle circule verticalement dans les pores grossiers et moyens (supérieurs à 10 μ m),
- ✓ **L'eau retenue** par le sol au cours de l'infiltration des pluies occupe les pores fins et très fins (inférieur à 10 μ m environ). L'eau retenue se subdivise en deux parties :
 - **L'eau capillaire absorbable** par les racines, qui occupe les pores fins,
 - **L'eau liée ou eau d'adsorption** qui forme une fine pellicule à la surface des particules du sol (pores très fins, diamètre inférieur à 2 μ m) et n'est pas absorbable par les racines.

II.1.2.2. Disponibilité de l'eau en Algérie

Le territoire algérien couvre une superficie de près de 2,4 millions de km², mais 90% de cette étendue correspondent à un désert où les précipitations sont quasi-nulles. Dans cette partie du territoire, les ressources en eau superficielles sont très faibles et limitées au nord d'Algérie, par contre les ressources souterraines sont abondantes mais faiblement renouvelable (nappes albiennes), comme mentionné sur le tableau 7 (LOUCIF, 2003).

Tableau 7. Répartition des ressources superficielles et souterraines en Algérie.

	Ressources			
	Superficielles	Souterraines	Totales	%
	Milliards m ³			
Nord	10.0	2.5	12.5	70
Sud	0.5	5.0	5.5	30
Total	10.5	7.5	18.0	100
%	52	42	100	100

Source: TERRA . (2013).

En Algérie, l'eau est une ressource de plus en plus précieuse. Selon Remini B. (2010), la pluviométrie moyenne annuelle en Algérie du nord-est évaluée entre 95 et 100 milliard de m³. Plus de 80 milliards de m³ s'évaporent, 3 milliards de m³ s'infiltrent et 12.5 milliards m³ s'écoulent dans les cours d'eau. Le problème de l'eau est aggravé par une sécheresse qui a

touché l'ensemble du territoire, et qui a montré combien il était nécessaire d'accorder la plus grande attention à l'eau.

Ensuite, l'Algérie se situe, à l'instar des 17 pays africains touchés par le stress hydrique, dans la catégorie des pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1 000 m³/hab/an (NICHANE . et KHELIL , 2014).

En zone aride, le point d'eau est le centre d'un espace maîtrisé, reconnu, parcouru, vers lequel convergent toutes les pistes

II.1.2.3. Les besoins agricoles en eau en Algérie

L'agriculture est le secteur le plus gros demandeur en eau. D'après HANNACHI (2014), les pluies, les eaux des barrages et des forages ne suffiront plus pour la satisfaction des besoins, ce qui explique l'ambition de l'Algérie de traiter un milliard de mètres cube d'eaux usées pour l'irrigation de 100 000 hectares (MRE, 2012). En 2006, 10,5% de la SAU sont irrigués, et 78% de cette superficie l'est avec des eaux souterraines et 13% avec des eaux superficielles (TAMRABET, 2011).

Dans ces conditions déficitaires en ressources en eau, l'usage de l'eau à des fins agronomiques nécessite une connaissance globale de la culture et de la zone à cultiver. Par exemple: un hectare de maïs consomme 20 000 m³ d'eau pendant sa période végétative. (Aissaoui A., 2013). Dans une superficie de 200 000 ha, les cultures pratiquées dans les grands périmètres irrigués GPI (en 2008) l'arboriculture (64,6 %), le maraîchage (28,5 %), les cultures industrielles (6,1 %) et le reste en céréales et fourrages. (BENBLIDIA, 2011 *in* HANNACHI, 2014).

Au niveau de l'agriculture, les cultures fortement consommatrices d'eau peuvent exercer une grande pression sur les capacités en ressources hydriques. Des techniques d'irrigations comme l'aspersion ou le goutte à goutte sont des choix techniques plus appropriés, Le choix de techniques fortement intensives en eau dans des pays à climat aride ou semi-aride tel que l'Algérie, n'est pas judicieux. (BOUZIANI, 2015).

II.1.2.4. Notion d'eau utile

a. La capacité au champ (c)

Elle correspond à l'eau retenue par le sol, après une période de pluie, et un ressuyage de deux ou trois jours, le sol étant protégé contre l'évaporation : elle comprend donc l'eau capillaire augmentée d'une fraction variable d'eau de gravité à écoulement lent. Le plus souvent, la capacité au champ est mesurée au laboratoire par application au sol, préalablement humecté, d'une pression correspondant à un pF déterminé, qui varie suivant la granulométrie de l'échantillon : dans la pratique, les pédologues des différents pays adoptent une valeur moyenne utilisée pour tous les sols, donc approximative : cette valeur est tantôt pF 1,8 tantôt pF 2 (1 / 10e bar). C'est cette valeur 2 qui sera adoptée et qui marque la limite entre la capacité en eau et la capacité en air.

b. Le point de flétrissement (f)

Il correspond à la valeur limite de l'eau liée, donc non absorbable par les racines. Le pF concerné est relativement uniforme et indépendant de la granulométrie ; la pression (ou succion) correspondante est de 16 bar, soit pF 4,2. Cette valeur du point de flétrissement est valable pour la plupart des plantes cultivées ou forestière (espèce dites « feuillues »), de sorte qu'elle a été adoptée comme valeur de base.

Certaines espèces xérophiles peuvent encore absorber de l'eau à un pF plus élevé.

c. L'eau utile

C'est la quantité d'eau stockée par le sol, après une période de pluies, qui est donnée par la différence « $c - f$ » peut être exprimée en % (du poids ou du volume), ou mieux, en hauteur d'eau (exprimée en millimètres), ce qui a l'avantage de permettre des comparaisons avec la pluviométrie et l'évapotranspiration, également exprimée en millimètres.

Lorsque « $c - f$ » est indiqué en % du poids, nous passons à la valeur en mm, par la formule

$$\text{suivante : } RU (\text{réserve utile}) = \frac{c - f}{100} \times h \times d'$$

Avec : RU = réserve en mm ; d' = densité apparente ; h = épaisseur du sol en mm).

10% d'eau utile = approximativement 1 à 1,5 mm par cm de sol.

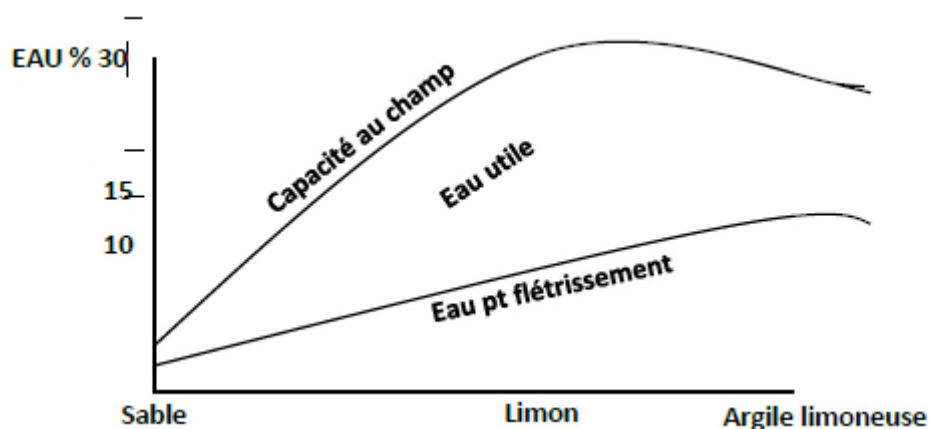


Figure 5. Variations de l'eau en fonction de la texture (en % du poids)

Comme le montre la figure 5, la texture joue un rôle déterminant pour l'eau utile; elle est faible pour le sable, maximale pour les limons et elle diminue par contre pour les argiles en raison du point de flétrissement élevé. Pour ces conditions un calcul approximatif, valable pour les horizons minéraux peu structurés.

d. Méthodes de mesure

Méthodes de mesure concernant les valeurs caractéristiques : le principe consiste à expulser l'eau en excès par rapport au pF qu'on désire mesurer, en appliquant au sol une pression, ou une succion, correspondant à ce pF.

Le point de flétrissement est mesuré à l'aide d'une presse à membrane (pression 16 bars).

La capacité au champ peut être mesurée au laboratoire par pression, à l'aide d'un extracteur basse pression ou par succion, à l'aide d'une simple trompe à eau.

Une méthode très simple est celle de Bétremieux-Feodoroff: elle consiste à placer un échantillon de sol, prélevé en cylindre, et préalablement humecté sur un lit du même sol sec la capacité au champ est atteinte, lorsque l'homogénéisation de l'humidité est obtenue.

Sur le terrain, les tensiomètres à bougie poreuse permettent de mesurer le pF à un instant donné. L'utilisation de la sonde à neutrons permet aussi d'obtenir des estimations très précises de l'humidité du sol.

II.1.2.5. Réserve utile en eau des sols

Le Réservoir en Eau Utilisable d'un sol (RU), souvent appelé « Réserve Utile », représente la quantité d'eau maximale que le sol peut contenir et restituer aux racines pour la vie végétale. La valeur du RU dépend de plusieurs caractéristiques du sol :

- ✓ **La texture de la terre fine** : la RU d'un horizon de sol argileux est de l'ordre de 1,7 mm/cm de sol, celui d'un horizon de sol argilo-limoneux de l'ordre de 2 mm/cm de sol et celui d'un sol sableux de l'ordre de 0,7 mm/cm de sol;
- ✓ **La teneur en éléments grossiers**: la RU dépend à la fois de la quantité et de la nature des éléments grossiers;
- ✓ **La profondeur du sol**: la RU est une grandeur intégrée sur l'épaisseur de sol, qui diffère grandement selon ce paramètre. Selon les applications, nous retiendrons comme valeur « la profondeur du sol » ou la « profondeur d'enracinement ». Ces deux paramètres sont également difficiles à appréhender.

De nombreux modèles de cultures et de modèles agro-environnementaux décrivant les échanges sol-plante-atmosphère-nappe-cours d'eau utilisent un formalisme dit de bilan hydrique pour décrire les transferts et la rétention de l'eau dans le sol. Ce bilan hydrique est renseigné par le réservoir utilisable, utilisé comme paramètre synthétique de description des propriétés hydriques des sols.

II.1.2.6. Mouvement de l'eau dans le sol

Si nous écartons les phénomènes de ruissellement et de drainage oblique, qui sont des cas particuliers, les mouvements de l'eau dans le sol relèvent de deux processus opposés :

- ✓ **Les mouvements descendants**, de l'eau de gravité qui s'infiltré après les pluies et qui est liée à la perméabilité du profil;
- ✓ **Les mouvements ascendants**, beaucoup plus limités, qui interviennent en saison sèche et compensent de manière imparfaite les pertes par évaporation (ou évapotranspiration, si le sol est occupé par une végétation continue).

La répartition de l'eau en profondeur dans le sol est la résultante de ces deux processus.

II.1.2.7. Présence d'une nappe d'eau libre

Les nappes temporaires ne jouent un rôle utile dans l'alimentation en eau des plantes, que si elles sont assez durables et situées profondément dans le profil.

Le phénomène de remontée capillaire est beaucoup plus important et n'est efficace que dans le cas d'un sol drainé. L'efficacité de cette ascension capillaire dépend en deux facteurs dépendants de la granulométrie :

- ✓ La hauteur de la remontée au-dessus de la nappe d'eau libre,
- ✓ Le débit de remplacement de l'eau absorbée par les racines.

La présence du super-absorbant au voisinage des racines permet à la plante de ne pas être influencée par les carences d'eau.

II.2. Généralités sur la laitue

II.2.1. Origine et Description

Sous leurs diverses formes, les laitues sont les légumes salades les plus importants, disponibles toute l'année selon les variétés. Toutes les laitues sont issues de l'espèce sauvage *Lactucaserriola* qui pousse spontanément dans les clairières, les pentes rocailleuses et les terrains vagues depuis l'Asie et l'Afrique du Nord jusqu'au nord de l'Europe. Les romains cultivaient déjà la laitue, ainsi que les anciens égyptiens, vers 4500 avant J.C. On pense toutefois que, jadis la plante était cultivée pour ses graines oléagineuses, plutôt que comme salade. L'amertume est associée à la production de latex, la sève laiteuse qui est présente chez toutes les variétés cultivées quand elle monte en graines. Ce sont vraisemblablement les romains qui introduisirent la laitue en Grande Bretagne. On reconnaît aux laitues des vertus soporifiques depuis l'Antiquité, puisque Hippocrate (né à Cos en 456 avant JC) la mentionne.

La laitue est une plante annuelle de jours longs à cycle court, consommée (en Europe) à l'état jeune avant la montée en graine. Elle développe une rosette de feuilles entières, capables ou non selon le type, de former une pomme. Après la formation de la « pomme », la tige subit une élongation et l'apex évolue en hampe florale. Le système racinaire est pivotant (25 –30 cm) épais et chevelu. Dans la plante, présence de latex blanc et, selon les cultivars, d'anthocyanes

dont la synthèse est favorisée par des conditions culturales défavorables et les basses températures. Pour les graines, on compte 600 à 1000 graines au gramme. La graine se conserve 3 à 4 ans à une température de 10°C et une Humidité relative de 30%, mais elle demeure très sensible à l'excès d'humidité. Les graines ont une inaptitude à germer (dormance) pendant 2 à 6 mois après récolte. En principe, un stockage au froid avec une hygrométrie élevée pendant quelques jours suffit à lever la dormance. Il est admis que les meilleures graines sont celles de 2 ans et qu'une laitue monte d'autant moins vite à graines que sa germination a été rapide.

II.2.2. Les variétés

On distingue 6 groupes auxquels peuvent correspondre des aptitudes culturales particulières :

- ✓ Laitue ne formant pas de pomme, **la Celtuce ou laitue-asperge** : la plante forme une tige charnue dont on consomme la moelle après cuisson et épluchage,
- ✓ **La laitue à couper** : développe une rosette très fournie, de feuilles libres. Autrefois récoltées par poignée, sur semis dense en passages renouvelés, elles sont aujourd'hui reprises en cultures pour être vendues en plante entière,
- ✓ Laitues formant une pomme, **Laitue romaine** : donnant une pomme oblongue, volumineuse mais moins serrée que dans les types suivants,
- ✓ Laitue pommée frisée ou **batavia** : pommes à tendance aplatie, (feuilles plus large que longue) et peuvent être volumineuses,
- ✓ **Laitues pommées lisses ou beurre** : pommes globuleuses, feuilles plus ou moins molles. Ce sont les plus répandues, car s'adaptant le mieux au climat océanique,
- ✓ **Laitue grasse** : feuilles épaisses formant une petite pomme, assez peu recouverte. Très bonne tenue à la chaleur et résistance à la montaison.

Le renouvellement des variétés est très rapide actuellement, partiellement en raison d'une recherche soutenue de génotypes résistants aux différentes races de mildiou de la laitue (*Bremialactucaee*), au puceron *NASONOVIA RIBIS-NIGRI*, etc.

II.2.3. Place de la laitue dans la rotation

Les laitues sont des plantes peu épuisantes car leur végétation est rapide. Elle peut se cultiver avant ou après toutes cultures maraîchères ou céréalières (engrais verts). S'il est parfois possible d'effectuer 2 cultures successives, il est préférable de respecter une rotation de 2 ou 3 ans.

Pour la température de germination, elle serait normale entre 0 et 25°C. Au-delà de cette température, le taux de germination chute rapidement. Les températures optimales se situent autour de 23°C. Il faut souligner que la température minimale de germination permet de semer tôt en plein champ; les effets néfastes des hautes températures imposent un certain nombre de précautions lors des semis d'été. Les optimums en cours de culture dépendent du stade de développement, de l'intensité d'éclairement et de la variété.

En fin de saison, la laitue doit être récoltée avant les premières gelées. La température du sol joue un rôle important dans le développement de la laitue. Ce rôle a été mis en évidence dans les cultures sous abris. Au-dessous de 7°C, la croissance racinaire est fortement ralentie, ainsi que la capacité des racines à absorber l'eau du sol. Il en résulte un déficit de l'alimentation hydrique pouvant conduire à des nécroses marginales.

L'intensité et la durée d'éclairement peuvent devenir des facteurs limitant de novembre à février. De plus en régime de faible éclairement, les nitrates s'accumulent dans les feuilles, pouvant entraîner des troubles physiologiques.

II.2.4. Exigences de la laitue

La laitue est forte consommatrice en eau. Un déficit hydrique peut occasionner la formation prématurée de pommes défectueuses et des brûlures marginales. L'humidité atmosphérique joue également un grand rôle ; la laitue redoute l'humidité atmosphérique.

La laitue prospère dans des sols de nature physique variée, pour autant qu'ils présentent une structure stable, donc une aptitude à ressuyer facilement en surface, et possèdent une bonne capacité de rétention, garantissant une alimentation régulière en eau. Une teneur en matières organiques est à cet égard toujours profitable. Elle favorise le réchauffement du sol, recherché en cultures de printemps.

La laitue est un des légumes les plus sensibles aux excès de salinité, un taux de matière organique élevé aide la plante à supporter une salinité élevée. L'apport de matière organique peu dégradée avant plantation est déconseillé.

Le taux de matière organique minimum souhaitable est de 2 à 3%. Bien que la plante forme naturellement un pivot, l'élevage en motte tend à le supprimer. Le rapport feuille/racine est

toujours élevé, d'où la nécessité d'obtenir un développement rapide du système racinaire par une structure grumeleuse et une bonne porosité.

La laitue craint l'excès d'acidité, sans passer toutefois à une réaction alcaline également préjudiciable à la laitue. Les exportations de la laitue en éléments minéraux sont assez modestes. Les faibles besoins en azote sont satisfaits en été et en automne par la minéralisation de la matière organique. A cette époque, les excès de fumure azotée favorisent le botrytis et peuvent provoquer l'accumulation de nitrates dans les feuilles.

La laitue est sensible à certaines carences en oligo-éléments : bore, molybdène, zinc, cuivre. Elles peuvent être évitées par une bonne gestion des matières organiques et en excluant tout chaulage excessif.

II.2.5. Technique de production de la laitue

II.2.5.1. La production des plants en pépinière

En pépinière le respect de plusieurs mesures prophylactiques est indispensable :

- ✓ Utiliser un terreau sain et de qualité,
- ✓ Protéger les plants par un filet,
- ✓ Placer les planches de semis préférentiellement en hauteur afin d'éviter les éclaboussures de sol,
- ✓ Utiliser des semences certifiées pour éviter la conservation de certaines maladies au niveau des graines.

Les plants peuvent être repiqués au stade 4 à 5 feuilles étalées soit environ 2 à 3 semaines après le semis.

II.2.5.2. Le précédent cultural

Les précédents culturaux favorables aux laitues sont les alliacées (cives, ciboules, etc.) et les fabacées (haricots, etc.). Il est préférable de ne pas planter de laitue après un précédent de la famille des astéracées ou des choux car il existe de nombreux bio-agresseurs communs avec cette famille botanique. Quel que soit le précédent, on prendra soin avant repiquage de retirer le maximum de résidus de culture. Un engrais vert est aussi un bon précédent.

II.2.5.3. Le type de sol et son travail préalable

Les sols meubles, profonds, riche en matière organique et bien drainés avec des pH supérieurs à 6 sont favorables au développement de cette culture.

Le travail du sol préconisé consiste à réaliser un labour suivi d'un passage de Rotavator afin d'obtenir un sol le plus fin possible. La culture de laitue est généralement faite sur billon afin de drainer les parcelles.

II.2.5.4. Amendements et Fertilisation

Le sol peut être chaulé par un apport de dolomie (30 kg pour 100 m²) ou de chaux magnésienne afin de rééquilibrer l'acidité du sol si le pH est inférieur à 5,5. Avant de réaliser cet amendement, il est judicieux de tester le pH du sol.

a. Fumure de fond

Un apport de fumier est généralement conseillé avant l'implantation de la culture. Pour un apport de fumier frais, il est préférable d'attendre quelques semaines avant d'implanter la culture. Pour un fumier composté, le délai est plus court. Pour la laitue, les préconisations reposent sur un apport de 300 à 500 kg de fumier pour 100 m² de culture.

Un apport d'engrais minéral est réalisé avant la plantation : environ 7 kg de 12 - 12 - 24 pour 100 m².

b. Fumure d'entretien

Pour 100 m² :

- ✓ 2 kg d'ammonitrate sont apportés en 2 fois : 8 et 12 jours après plantation
- ✓ 2 kg de 12 - 12 -24 + 4 MgO apportés en 2 fois : 15 et 20 jours après plantation

La fertilisation potassique ne devra pas être négligée car elle représente une part importante des besoins de la laitue. La laitue est également sensible aux carences en bore, molybdène, zinc et cuivre.

II.2.5.5. Densité de plantation

La densité de plantation est d'environ 16 pieds par m². L'écartement entre les plantes doit être d'environ 25 à 30cm. Les lignes de plantations sont séparées de 30cm pour assurer un écartement optimal. Les données précédentes sont standards et doivent être adaptées à chaque variété cultivée : la précision est généralement faite sur les boîtes de semences.

II.2.5.6. Gestion des adventices

Au sein de la parcelle, la gestion des mauvaises herbes est cruciale car elles concurrencent la culture et entretiennent un climat humide propice au développement de maladies. Une fois la culture en place aucun herbicide ne sera appliqué.

Un paillage plastique du billon pendant 15 à 20 jours avant la plantation permet d'éliminer les adventices déjà présentes sur le billon.

Un paillage organique juste avant le repiquage limite la concurrence des adventices à condition que celui-ci ne contienne pas de graines.

II.2.5.7. Irrigation

L'irrigation est dépendante de la saison, de l'ensoleillement et du type de sol. Il faut éviter les stress hydriques et assurer un sol frais à la culture. Le paillage végétal assure une protection contre le stress hydrique et permet donc un développement plus dense et plus rapide.

La laitue nécessite 8mm d'eau/jour les quinze premiers jours après plantation, puis 4 à 6 mm/jour jusqu'à la récolte. L'irrigation en plein champ est généralement réalisée avec des asperseurs. Dans ce cas on évitera d'irriguer en fin d'après-midi pour limiter les maladies.

II.2.5.8. Les traitements phytosanitaires

Les traitements phytosanitaires sont réalisés de préférence le matin ou le soir. Aucun traitement ne doit être réalisé en présence de vent ou de pluie.

II.2.5.9. Récolte et rendement potentiel

La récolte a lieu de 25 à 30 jours après repiquage. Les rendements peuvent varier de 150 à 300 kg pour 100 m² de culture en fonction de l'optimisation de l'itinéraire technique.

Chapitre III

Synthèse des connaissances
sur les super-absorbants
en agriculture

CHAPITRE III – SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES SUR LES SUPER-ABSORBANTS EN AGRICULTURE

III.1. Introduction

Suite aux menaces mondiales récentes et la situation sanitaire inconfortable notamment en Algérie, imputée au COVID 19, nous étions malheureusement contraints de cesser toute activité académique et par conséquent, notre expérimentation aux seins de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA) s'est arrêtée, et ce malgré la finalisation du protocole des essais et la fixation d'une date de début des expériences. Nous sommes donc dans l'incapacité de mener à bien les expériences programmées pour la finalisation de cette étude.

Suite à cela, et afin de cerner le thème de cette étude qui est de voir l'effet des polymères super-absorbants en agriculture, nous nous sommes penchés sur les travaux antérieurs relatant cette problématique en Algérie.

Il est utile de mentionner qu'en Algérie, les travaux combinant polymère super-absorbant et agriculture sont très rares. Nous avons donc pris le soin de synthétiser le travail le plus pertinent dans ce domaine fait par KOUIDER. (2016) entre l'ENSA et l'université de Tiaret et étudiant le comportement de ces polymères sur plusieurs aspects :

- ✓ Comportement du super-absorbant seul,
- ✓ Comportement du super-absorbant mélangé à la terre,
- ✓ Comportement du super-absorbant au champ.

III.2. Les analyses d'échantillon du sol utilisé

Le sol utilisé a été caractérisé. Les caractéristiques physicochimiques et biologiques sont présentées sur le tableau 8.

Tableau 8. Analyses du sol utilisé.

Profondeur de prélèvement du sol (cm)	0-20	20-40
Caractères chimiques		
Conductibilité électrique (mm hos/cm ²)	0,450	0,050
pH eau	7,23	7,0
Calcaire total (%)	2,6	
P mg/kg	10,05	6,85
K mg/100g	69,04	25,44
Complexe adsorbant (meq/100g de terre)		
Ca ⁺⁺	10,35	15,71
Mg ⁺⁺	6,41	6,33
K ⁺	5,62	3,57
Na ⁺	1,13	1,84
C.E.C meq/100g	23,53	27,45
Caractéristiques biologiques (%)		
Carbone organique (CO) (%)	0,67	0,53
Matière organe (MO) (%)	1,15	0,68
Azote total (NT) (%)	0,075	0,058
Granulométrie (%)		
Argile (A)	25	25,5
Liment fin (LF)	26,00	43,5
Liment gros (LG)	15,89	12,16
Sable fin (SF)	13,63	2,96
Sable gros (SG)	14,12	13,16
Classe Texture	Limono-argileux	Limono-argileux

Source : KOUIDER . (2016).

Les informations recueillies sur les caractéristiques du sol sont pour 2 profondeurs : entre 0 et 20cm, et puis entre 20 et 40cm. La texture du sol est de type Limono-argileux.

Des expériences ont été menées par le même auteur sur le comportement du polymère super-absorbant dans différentes situations. La suite de ce chapitre expose les différents essais d'une manière succincte.

III.3. Différents essais sur les polymères super-absorbant

III.3.1. Comportement du polymère super-absorbant seul

III.3.1.1. Première expérience

Afin de vérifier l'absorption du polymère super-absorbant, une quantité de 5 grammes a été mélangée à l'eau jusqu'à saturation. Deux litres d'eau ont été nécessaires pour arriver à une texture très fluide, voire liquide (figure 6). Cette opération a duré environ 5 min.



Source : KOUIDER . (2016).

Figure 6. Super-absorbant sous sa forme granulée solide et liquide.

Cette expérience nous a révélé que ce super-absorbant a absorbé 400 fois son poids en eau.

III.3.1.2. Deuxième expérience

Selon KOUIDER. (2016), en plaçant une boîte de Petri remplie de super-absorbant humidifié à saturation dans l'étuve à 105°C jusqu'à déshydratation complète, nous retrouvons la masse initiale de super-absorbant contenue dans la boîte de Petri. Le chauffage s'est effectué graduellement durant dix minutes pour atteindre à la fin la température de 105°C.

Cette procédure a été refaite 25 fois. Les cristaux du super-absorbant se caractérisent toujours par leur capacité de réhumidification rapide. En moins de 5 minutes la boîte réhumidifiée se remplit de gel. Le séchage a été effectué à raison de 2 fois par jour, durant 13 jours de suite.

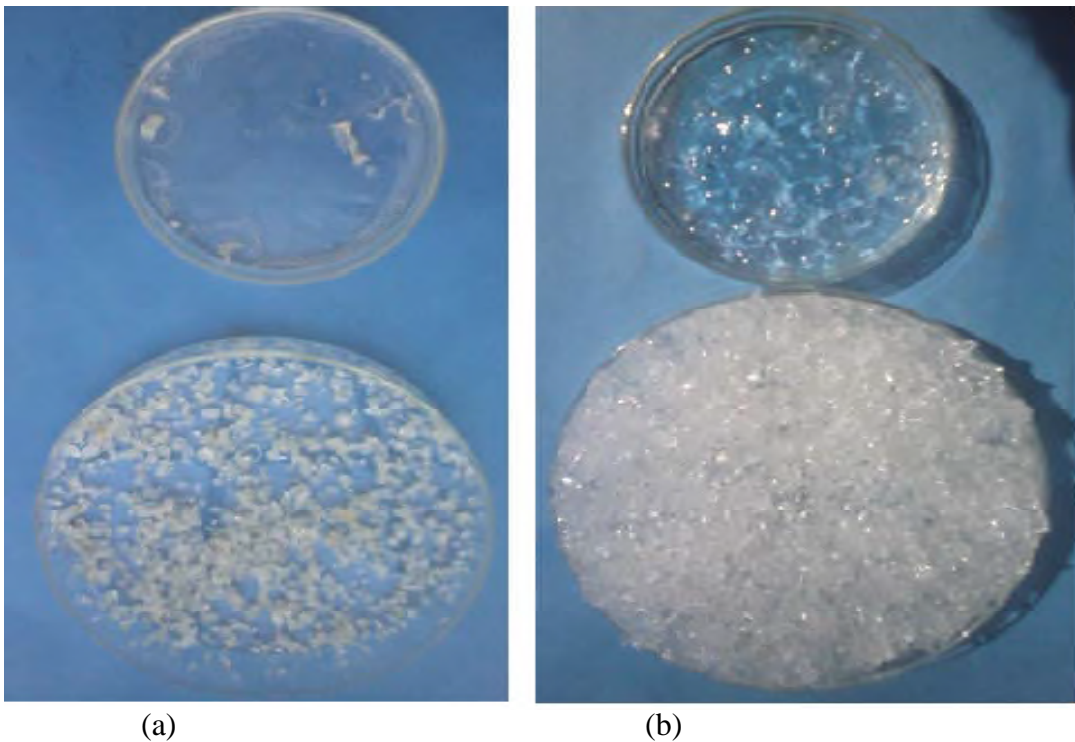
Les cycles de sécheresse-réhumidification ont été répétitifs. Ainsi la limite de l'absorption du super-absorbant peut être déterminée, mais apparemment il faut aller bien au-delà de 25 périodes pour y arriver.

La réhumidification rapide du sol après les périodes de sécheresse assure et optimise la croissance constante des plantes. La capacité d'absorption et redistribution de l'eau est maintenue donc sur une période de plusieurs années.

III.3.1.3. Troisième expérience

Pour cette troisième étape deux boîtes de Petri remplies l'une de super-absorbant humidifié l'autre de super absorbant saturé sont placées dans une étuve durant 6h à 300°C. L'eau s'est complètement évaporée et le produit s'est collé au fond comme s'il a fondu en donnant une apparence cristalline (figure 7-a).

Après 5min de sa réhuméctation par remplissage des boîtes de Petri, le produit retrouve ses caractéristiques d'absorption : l'eau est complètement absorbée (figure 7-b). Dix minutes plus tard, le super-absorbant déborde de la grande boîte (figure 7-c). Ce débordement ne peut être expliqué que par l'absorption de l'humidité de l'air.





(c)



(d)

Source : KOUIDER . (2016).

Figure 7. Super absorbant humidifié directement et naturellement.

Nous ne voyons pas ce phénomène sur la petite boîte, vu que sur celle-ci la surface d'échange est amoindrie (figure 7-d).

Les cycles de sécheresse - réhumidification persistent car les forces d'attraction et de répulsion au sein du produit sont d'ordre électrostatique; elles ne peuvent s'altérer thermiquement sous de basses températures. Le polymère super-absorbant est non seulement résistant à la température, mais aussi il présente une capacité intéressante de répétition de cycle d'absorption.

III.3.1.4. Quatrième expérience

Pour cette quatrième étape, la boîte de Petri remplie de super-absorbant humidifié est placée dans un four à cuisson à 100°C. L'eau s'est complètement évaporée et le produit est resté sous forme de coquille vidée de son intérieur (figure 8). La boîte pèse environ 71g.



Source : KOUIDER . (2016).

Figure 8. Super absorbant, à la sortie du four et quelques minutes plus tard.

Cette forme que prend le polymère super-absorbant après cette opération est due probablement à la rapidité du processus de séchage et donc l'incapacité des cristaux à suivre le retour à l'état cristallin initial. C'est la limite d'élasticité du produit qui est atteinte.

L'humidification jusqu'au remplissage de la boîte a conduit pratiquement au même poids qu'avant le séchage rapide (177g). Le poids de l'eau évaporée est de 106g et le poids de super-absorbant initialement utilisé était de 50g (figure 9). Cette quantité est largement suffisante pour couvrir le besoin en eau d'un arbre adulte.



Source : Kouider N. (2016).

Figure 9. Réhumidification et pesée du super-absorbant après séchage rapide.

III.3.1.5. Cinquième expérience

Cette expérience consiste à laisser deux boîtes de Petri à l'air libre au niveau du laboratoire, l'une remplie d'eau et 50g de produit SAP, l'autre contenant uniquement de l'eau. La température et l'humidité n'ont pas été notées par manque de moyens de mesure.

Au bout de deux jours, la boîte contenant l'eau s'est complètement desséchée; celle contenant le produit, 26 jours plus tard elle n'a perdu que 14 g d'eau. Nous pouvons donc conclure que la perte en eau directe en une journée est de 56g, contre 0.54g pour la boîte avec le polymère super-absorbant. Cette différence est très importante.

III.3.2. Comportement du sol seul

Des essais à vide ont été tentés par KOUDIER .(2016) afin de déterminer les quantités de super-absorbant et d'eau nécessaires dans un sol donné (figure 10).



Source : KOUIDER.(2016).

Figure 10. Evolution du lobe de rétention d'eau au bout de 24 h de temps.

La connaissance de la quantité d'eau nécessaire à la saturation permet de limiter le seuil minimal de rétention. Après plusieurs tentatives, l'auteur est arrivé à la quantité de deux verres d'eau nécessaires pour que l'eau arrive au fond du bac durant 3h.

III.3.3. Comportement du super absorbant mélangé à la terre

Le fait de mélanger la terre au super-absorbant et de rajouter deux verres d'eau par petites quantités, nous observons que l'eau n'humidifie pas la terre en profondeur; elle ne s'infiltre pas, mais par contre elle soulève la terre et ce seulement en 15 minutes (figure 11).



Source : KOUIDER. (2016).

Figure 11. Bac contenant de la terre mélangée au super-absorbant.

La terre dans le bac gonfle et devient meuble. Ceci s'explique par le gonflement du polymère lui-même après absorption de l'eau, augmentant ainsi la porosité du sol.

III.3.4. Comportement du super absorbant au champ

L'application des SAP a pour objectif un meilleur établissement des jeunes plants après le repiquage et une croissance plus vigoureuse en phase juvénile tout en réalisant des économies d'eau à travers une diminution de la fréquence d'irrigation.

Dans le but d'être mieux informé sur le super absorbant, KOUIDER. (2016) acontacté le MADR (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural) afin d'avoir plus d'information sur le produit quant à son utilisation sur le terrain.

L'auteur a été aiguillé par la suite vers l'INSID (Institut National des Sols, de l'Irrigation et Drainage). Depuis, des rencontres ont été organisées et des expérimentations ont été lancées par les structures impliquées avec la coordination de l'INSID.

Les résultats obtenus et consigné sur le procès-verbal du 18/03/2014 relatif au projet de l'utilisation des super absorbants en irrigation sous l'égide de l'INSID ont montré que le super-absorbant a un effet positif certain sur le rendement du blé dur à Adrar et sur le rendement et l'économie de l'eau sur l'orge à Djelfa. Contrairement aux essais menés à Alger sur le poivron et à Biskra sur la pomme de terre, où il a donné un effet négatif sur le rendement. Par ailleurs, l'application de ce produit sur abricotier à Tiaret n'a donné aucun effet.

Les rapports réalisés par les différentes structures, donnent des résultats non représentatifs, du fait de la durée des essais, jugée insuffisante plus particulièrement pour l'arboriculture. A cet effet, l'institut concerné (INRF) recommande la reconduction des essais pour une deuxième campagne agricole afin de mieux évaluer l'efficacité du polymère super-absorbant.

La conclusion de l'apport de polymère super-absorbant au niveau des sept structures ayant présenté leur état d'avancement comme convenu par le MADR et qui sont : INSID, INRF, ITCMI, HCDS, ITAFV, ITDAS, SGP/SGDA est complètement hors sujet d'après notre analyse. Ceci est probablement due à la méconnaissance du produit et donc par conséquent des doses à apporter ainsi que la manière dont il faut procéder pour l'incorporer, l'injecter ou l'enfouir.

Le seul institut ayant survolé le vrai problème est celui de Djelfa: le HCDS.

Donner la même quantité d'eau aux plantes avec ou sans super-absorbant et voir le résultat des paramètres autre que la quantité d'eau apportée est un mauvais départ d'expérimentation. Ce qui serait utile de faire c'est calculer le coefficient cultural (K_c) et donner à la plante la quantité d'eau nécessaire jusqu'au stress hydrique et voir le gain en eau réalisé. Chose qui n'a été réalisé par aucun Institut.

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

Le résultat escompté après avoir défini nos objectifs de départ était un gain en eau de l'ordre de 70%. Malheureusement, nous n'avons pas pu atteindre nos objectifs. Cependant, il est utile de mentionner que l'électricité devant être consommée pour le pompage de ces 70% d'eau est une perte sèche pour l'agriculteur.

Il est connu que la quantité apportée pour l'irrigation est supérieure aux besoins, d'où la nécessité d'utiliser les polymères super-absorbants.

Le polyacrylamide de potassium se présente sous forme de granulés secs. Son mélange avec de l'eau forme un gel qui peut être stocké dans des sacs ou des récipients. Sa particularité est de ne libérer l'eau que lorsque le gel est sollicité par une plante.

La forme du bulbe et sa localisation au niveau des racines laisse entrevoir une étroite cohabitation. Effectivement, le bulbe d'humidité change de forme en fonction de la présence ou absence du polymère super-absorbant.

Une fois piégée dans le sol grâce à la présence des SAP, l'eau n'a qu'un chemin pour sortir, c'est en transitant à travers les racines par succion, ensuite vers les vaisseaux et enfin par évapotranspiration des feuilles.

Les caractéristiques du sol, texture de la terre, teneur en éléments grossiers, profondeur du sol et autres ont gardé leurs définitions pour les sols mais leur relation avec l'eau perd tout concept connu jusqu'à ce jour lors de l'utilisation des super-absorbants. De nouvelles notions sont à mettre en place.

Le super-absorbant fait des économies substantielles sur la facture d'eau et d'électricité; il participe à la préservation de cette ressource vitale par la rationalisation de son utilisation.

D'après les derniers scénarios climatiques, les sécheresses seront plus fréquentes à l'avenir. L'INRA et l'ENSA mènent de nombreuses recherches visant à offrir aux agriculteurs les moyens de gérer ce risque. A court terme, il s'agit d'anticiper au mieux l'épisode de sécheresse, d'en caractériser l'ampleur et d'optimiser les systèmes de cultures existants par utilisation du super-absorbant. A plus long terme, ces derniers devront être repensés pour conjuguer résistance au manque d'eau et compétitivité.

Dans nos conditions, les ressources en eau sont limitées, la demande climatique est élevée et la réserve utile en eau du sol est faible. Tous ces facteurs nous poussent à utiliser le super-absorbant afin d'améliorer l'efficacité de l'eau d'irrigation. Notre essai consiste donc à étudier ce produit afin de le diffuser et le généraliser chez les agriculteurs de la région avec des informations sûres et fiables.

Une chose est sûre, le climat évolue et les sociétés s'interrogent. Notre travail a illustré ce qui sera "possible", "probable", voire "certain", dans la vie quotidienne de tout un chacun dans les décennies prochaines.

Références Bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AISSAOUI A. (2013). Évaluation du niveau de contamination des eaux de barrage hammam Grouz de la région de Oued Athamania (wilaya de Mila) par les activités agricoles. Th. Magister. Biologie (écologie végétale appliquée et gestion de l'environnement), p. 4.

juin 2012. eau & rivière de Bretagne, Formation à la reconnaissance des zones humides. Le site : www.eau-et-rivieres.asso.fr

septembre 2011. Les super absorbants Ou comment les couches pour bébé retiennent les liquides. Lycée Champollion (Grenoble), Voir le schéma partie super absorbant.

APS. 1997. Compendium of Lettuce diseases.

APS. 2017. Diseases of Lettuce (*Lactuca sativa* L.).

Blancard & al. 2003. Maladies des salades. Identifier, connaitre et maitriser

Blancard & al. Ephytia. INRA. 2017. *Cercospora longissima*, Cugini ex Traverso (1903), Cercosporiose

Blancard & al. Ephytia. INRA. 2017. Tropilég. Maladies et ravageurs des cultures légumières tropicales dans les DROM-COM.

BONNEAU Maurice et SOUCHIER Bernard., 1979. pédologie 2 constituants et propriétés du sol. Ed. MASSON Paris, ch.11-15, p. 227- 313.

BONNET J.P., BOUSSARD J.M., DE VAUX M., DECAMPS H., DUBREUIL P., DUNGLAS J., FAUCK R., GLEIZES C., ITIER B., LAVAL K., LEVEQUE C., LEYNAUD G., MARSILY G., MERIAUX S., NEVEU A., PERRIER A., SEBILLOTTE S., SAUGIER B., SOUCHON Y., VALENTIN C. (2013). Rapport du «Groupe Eau» de l'Académie d'Agriculture de France. Eau et agriculture ; Débats et perspectives.

BOUMEZBEUR Ammar., 2004. ATLAS [IV] des zones humides Algériennes d'importance internationale.

BOUZIANI née BOUBOU Naima., 2015, Eau, environnement et énergies renouvelables : vers une gestion intégrée de l'eau en Algérie. Thèse Doctorat, sciences de gestion, université Abou Bekr Belkaid -TLEMEN

Chambre d'Agriculture de Guyane. 2003. Laitue, itinéraire technique de culture

Chambre d'Agriculture de Martinique. 2014. Fiche d'itinéraire technique, Laitue

CIZEL Olivier., 2010. GHZH, Protection et gestion des espaces humides et aquatiques Guide juridique, Pôle-relais Lagunes, Agence de l'eau RM&C, ch. 1 Définition et délimitation des zones humides.

CTIFL. Zuang. 1982. La fertilisation des cultures légumières

Demitri C., Scalera F., Madaghiele M., Sannino A., Maffezzoli A. (2013). "Potential of Cellulose-Based Superabsorbent Hydrogels as Water Reservoir in Agriculture", *International Journal of Polymer Science*, vol. 2013, Article ID 435073, 6 pages, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/435073>

DUCHAUFOR Philippe., Avril 2009. Introduction à la science du sol. Sol, végétation, environnement. Cours, Master. Ecoles d'ingénieurs. CAPES. 6e Ed. DUNOD, ch. 1-4, p 9-12-82. Le site. www.duplin-print.fr

GAB/FRAB. 2009. Les fiches techniques du réseau GAB/FRAB. Fiche n°11. Laitues Batavias

GOBAT Jean-Michel et ARAGNO Michel, MATTHEY Willy., 2010. Le sol vivant Bases de pédologie-biologie des sols. 3e Ed. PRESSES POLYTECHNIQUES ET UNIVERSITAIRES ROMANDES SCIENCE DE LA TERRE, ch. 3, p. 51-61.

HANNACHI A, GHARZOULI R, DJELLOULI TABET Y., Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°19, Septembre 2014. Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie, p. 51-62.

HILLEL Daniel., 1988, l'eau et le sol -principes et processus physiques-. Ed. ACADEMIA Louvain-la-Neuve. Imprimé en Belgique. http://www.persee.fr/doc/rga_0035-1121_1956_num_44_4_

Hortuman, 2012 : De l'eau solide pour faire face à la sécheresse. Disponible à <http://www.planetejardin.net/article-de-l-eau-solide-pour-faire-face-a-la-secheresse-109532179.html>

HUDSON Norman., 1990. Conservation des sols et des eaux dans les zones semi-arides, FAO version française adaptée par E. ROOSE ORSTOM Montpellier, France.

INTEGRE. 2017. La culture de laitue en agriculture biologique en Polynésie-Française

ISMI Ilham, H. ELAIDI, E. RIFI, A. LEBKIRI, A. SKALLI, Comportement de polyacrylate de sodium au contact des solutions aqueuses en absence et en présence d'ions métalliques (Ag+, Cu2+, Cr3+). Université Ibn Tofail; Kénitra. Maroc, p.1060.

Jobbé Duval & al. ITAB. 2017. Astéracées Laitues dans Produire des légumes biologiques Tome 2 (p. 115 à 127).

- KHEMGANI Mohamed., 2010. Caractérisation des sols alluviaux et de la nappe alluviale de l'oasis de Guerrara. Mém. Magister. Sciences Agronomiques (Sciences du sol).
- KHOUNI Imen., 2015. Biologie et Physiologie Végétales - Alimentation en eau, Université Virtuelle de Tunis, p. 5.
- LABERCHE J-C., 2004. La nutrition de la plante In Biologie Végétale. 2e Ed. Dunod. Paris, p.154 -163.
- LACOSTE A. & SANAN R., 1969. El. de Biogéographie et d'Écologie.
- LECLERC J.C., 1999. Ecophysiologie végétale. Publication de l'université de Saint Etienne. Paris, p.283.
- LOUCIF SEIAD N., 2003. In. Revue H.T.E N°125. Les ressources en eau et leurs utilisations dans le secteur agricole en Algérie, p. 94 – 101.
- Lycée agricole de Mayotte. 2011. Itinéraire technique, La laitue sous abri
- Marcos R. Guilherme, Fauze A. Aouada, André R. Fajardo, Alessandro F. Martins, Alexandre T. Paulino, Magali F.T. Davi, Adley F. Rubira, Edvani C. Muniz, (2015). Superabsorbent hydrogels based on polysaccharides for application in agriculture as soil conditioner and nutrient carrier: A review, European Polymer Journal, Volume 72, Pages 365-385, ISSN 0014-3057, <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2015.04.017>.
- MAURICE Benchetrit., 2015. Les sols d'Algérie. In: Revue de géographie alpine, tome 44, n°4, 1956. pp. 749-761. 10.3406/rga.1956.1790.
- MELALIH Ahmed., 2012. Analyse des techniques de conservation de l'eau et du sol dans la zone aride cas bassin versant d'AIN SEFRA. Mem. Magister. Sciences agronomiques.
- MERMOUD A., 2005. Cours de physique du sol I, Ch 3: état de l'eau du sol.
- Messiaen & al. 1991. Maladies des Laitues et Chicorées scaroles et frisées dans Les maladies des plantes maraîchères. 3ème édition (p. 461 à 481).
- Messiaen &al. 1998. Les composées dans Le potager tropical. 3ème édition (p. 379 à 387).
- MORSLI B. MAZOUR M. MEDEJEL N. HAMOUDI A. ROOSE É., 2004. Influence de l'utilisation des terres sur les risques de ruissellement et d'érosion sur les versants semi-arides du Nord de l'Algérie. Sécheresse 15(1)-96-104.
- MOUELLEF ADRA., 2010. Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) au stress hydrique. Mém. Magistère. Biotechnologies Végétales (École Doctorale).Université, Mentouri, Constantine.
- Nadi, F., & Brave, C. (2011). Environmentally friendly superabsorbent polymers for water

- conservation in agricultural lands. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 2(7), 206-211.
- NICHANE M et KHELIL M. A., 2014. In. Revue des Bio Ressources Vol 4 N° 2. Changements climatiques et ressources en eau en Algérie : vulnérabilité, impact et stratégie d'adaptation, p. 1-7.
- PIP—COLEAP. 2009. Guide de bonnes pratiques phytosanitaires. Pour la laitue (*Lactuca sativa*), l'épinard (*Spinacia ole-racea*) et *Basella alba*, les Brassicacées (*Brassica* spp.) et d'autres espèces cultivées pour la production de feuilles cou-pées en pays ACP.
- Pitrat & Foury. 2003. Laitues dans Histoires de légumes, Des origines à l'orée du XXIe siècle (p. 213 à 221).
- PROTA4U. 2004. Ressources végétales de l'Afrique tropicale 2 Légumes. *Lactuca sativa* L. Laitue.
- REMINI B., 2010. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 08, Juin 2010, pp. 27-46. La problématique de L'eau en Algérie du nord, Membre du laboratoire de recherche LARHYSS – Université de Biskra.
- ROGER Doucet., 2006. Le Climat et les sols agricoles (la science agricole). Ed. BERGER A.C. Québec, ch 7, p. 136-140-146.
- Seaman, Abby (2016). Production Guide for Organic Lettuce. Publisher: New York State Integrated Pest Management Program, Cornell University (New York State Agricultural Experiment Station, Geneva, NY).
- Spooky (2016). Mexican Farmers Fight Drought with Solid Rain. Article journal. Disponible sur <<https://www.odditycentral.com/news/mexican-farmers-fight-drought-with-solid-rain.html>>. Consulté le 20 Août 2020. Catégorie : News. Odditycentral.com 2008 – 2020.
- Technisem. 2016. Catalogue des semences potagères.
- TERRA M., 2013. La réalisation de l'Algérie dans le secteur de l'eau de 1962 à 2012 (Communication à Tamanrasset 14 FEVRIER 2014).
- TOUATI Bouzid., 2010. Les barrages et la politique hydraulique en Algérie : état, diagnostic et perspectives d'un aménagement durable. Th. Doctorat d'État en Aménagement du Territoire. Université Mentouri – Constantine.
- WILLI Gerber., 2006. In. Revue suisse Agric. 38 (4): 185-192. Humidité du sol en semis direct et sous labour.
- ZELLA L. SMADHI D., 2007. Évolution de l'irrigation, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 06, p. 65-80.

Résumé :

Le travail présenté consiste à comparer l'état du sol avec et sans superabsorbant, à voir l'effet du superabsorbant sur son aptitude de rétention de l'eau tout en délimitant le lobe humecté dans le temps.

L'utilisation du produit empêche les effets néfastes de la sécheresse ou de la chaleur intense. Le superabsorbant utilisé se présente sous forme de cristaux à base de potassium, hydratés, les cristaux se transforment en gel qui absorbe l'eau malgré la pression du sol et la présence d'engrais ou autres additifs.

Sa propriété d'emmagasiner l'eau lui confère une particularité "d'économie d'énergie" dépassant les 85 %; ce produit peut être classé comme stratégie de développement durable et comme allié de l'énergie renouvelable.

Vu coté socio-économique, il permet aux agriculteurs de réfléchir autrement, de créer des emplois avec des possibilités d'élargir le domaine de l'agriculture à d'autres activités annexes.

Mots clés : Eau, besoin en eau, plante, polymère super absorbant (SAP), régions arides, sol.

الملخص:

العمل المنجز يتمثل في مقارنة هيئة التربة بالألياف الماصة و بدونها, لمعرفة مدى فعالية هذه الألياف الماصة و قدرتها لامتنصاص الماء و ذلك بتحديد الجزء المبتل في وقت معين.

استعمال هذا المنتج يمنع العوامل السيئة للجفاف او الحرارة الشديدة. الألياف الماصة المستعملة هي عبارة عن مبلورات منحلّة تركيبها الأساسية البوتاسيوم, كما ان هذه المبلورات تتحول إلى جال جليد و بدوره يمتص الماء, رغم الضغط الداخلي للارض و تواجد الأسمدة أو أجسام أخرى تكميلية.

الخاصية المميزة للألياف الماصة هي تخزين الماء التي بدورها تمد ميزة اقتصاد الطاقة بنسبة تتجاوز 85 بالمائة, هذا المنتج يمكن تصنيفه كإستراتيجية للتنمية المستدامة و كحليف لطاقات المتجددة.

من الناحية الاجتماعية الاقتصادية, يسمح للفلاحين بالتفكير بطرق حديثة, خلق مناصب عمل مع إمكانيات توسيع الميدان الفلاحي إلى نشاطات أخرى ملحقّة.

الكلمات المفتاحية: متعدد الأجزاء, الحاجة للماء, التربة, الماء, النبتة, الألياف الماصة

Abstract:

The present work is to compare the soil state with and without super absorbent, in see their effect on his aptitude from retention of water all in defining the earlobe moistened on the time.

Usage this product prevents the harmful effect for dryness or intense heat. The super absorbent using introduced in the form of crystals potassium based, hydrates, and this crystals changes in gel, which absorb the water despite a pressure of the soil and presence the fertilizers or other additive.

Her property to store water this confer a peculiarity "energy economics" overstepping 85%, this product can be classified like the strategy of development durable and like combine from renewable energy.

In side socio-economic, it's allowed for farmers to reflect in other words, to create the works with the possibility to widen agriculture domain in other activity annex.

Keywords: Polyacrylate, needless to water, soil, water, plant, the super absorbent polymer