

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة جيلالي بونعاما
Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana
Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention de diplôme de Master en

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Sciences agronomiques

Spécialité: Aménagement Hydro-agricole

Thème :

Contribution à l'étude de l'irrigation déficitaire d'une culture maraichère en plein champ

Présenté par :

***Hadouche Wardia
Semai Samira***

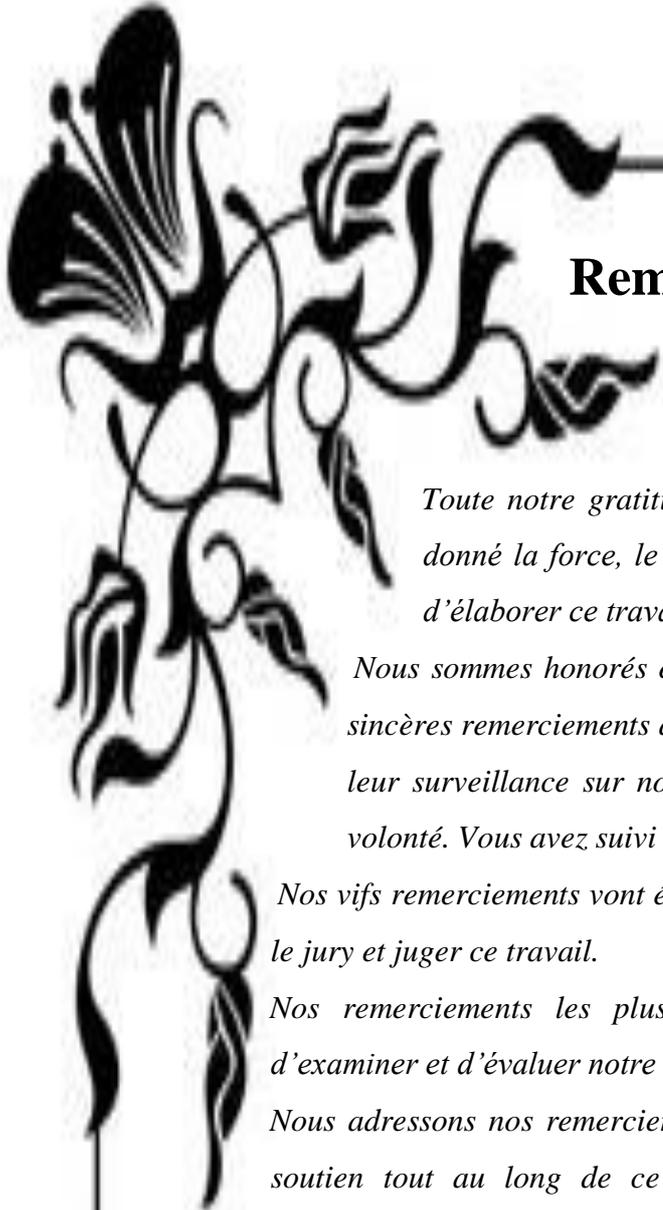
Encadré par:

Mr. Sami Touil

Devant le jury :

Mr. Ratiat Abdelkader	MCB	Président	(U.D.B Khemis Miliana)
Mr. Sami Touil	MCA	Promoteur	(U.D.B Khemis Miliana)
Mme. Richa Amina	MCA	Co-promoteur	(U.D.B Khemis Miliana)
Mr. Merouche Abdelkader	MCA	Examineur	(U.D.B Khemis Miliana)

Année universitaire : 2021-2022



Remerciements

Toute notre gratitude, grâce et remerciements au bon Dieu qui nous a donné la force, le courage, la patience, l'amour du savoir et la volonté d'élaborer ce travail.

*Nous sommes honorés et heureux d'exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre promoteur, **Mr. Touil S et Mme. Richa A.** pour leur surveillance sur nous, pour leurs orientations et conseils avisés et leur volonté. Vous avez suivi ce travail avec beaucoup d'intérêt.*

*Nos vifs remerciements vont également à **Mr. Ratiat A.** d'avoir bien voulu présider le jury et juger ce travail.*

*Nos remerciements les plus chaleureux à **Mr. Merouche A.** d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail.*

*Nous adressons nos remerciements à **Mr. Harkate I,** Pour son encadrement et son soutien tout au long de ce projet et pour ses conseils avisés et ses retours constructifs.*

*Nous remercions l'ensemble du personnel du laboratoire de l'université Djilali Bounaama Khemis Miliana et particulièrement l'ingénieur du laboratoire PRIMA **Touaibia W. et Fizir L.** qui nous a aidé beaucoup.*

En fin une haute gratitude et mes remerciements à toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.

Dédicaces



Je dédie ce modeste travail à:

Les deux êtres les plus chères au monde pour toute leur tendresse et les sacrifices consentis à mon éducation et à ma formation.

Mon père et ma mère pour ces encouragements et patience

A tous mes chères sœurs: Ftima, Fadhila, Heriya, Lamia et Djamila et leurs maries

A mes chères frères: Mohamed et Miliani et leurs femmes

A tout ma famille SEMAI

A mon binôme Wardia et sa famille Hadouche.

A mes chères collègues et tous mes amis proches

A tout mes collèges de promotion M2 Aménagement hydro agricole

Samira

Dédicaces



Je dédie ce modeste travail :

A l'être le plus cher du monde ma mère qui est pour un bel exemple de courage, de sagesse et de sens du devoir, les mots sont bien trop faible pour lui exprimer toute ma reconnaissance. Que Dieu la garde et protège.

A celui qui m'a enseigné tendresse sans attendre... à porter son nom fièrement ... qui m'a toujours soutenu, et a été toujours présent pour moi mon très cher père.

A mes chères sœurs : Fadila, Amina, Fatima Zahra, Chaima et Ma nièce Anfele.

À mon seul frère, la plus belle bénédiction de Dieu, Mohamede, Qu'Allah te protège

A mes cousins : Ishake , Mohamed mahdi.

A ma chère grand-mère : Khadija , que dieu lui donne longue vie.

A mon binôme Samira et sa famille Semai

Ames très chères amies :

Nadjia, Hassiba, Hanane, Yousra, Djahidja, Soumia, Amina, fella, Fatiha, Sara, Warda, Marwa,

Asma ,Nour El Houda.

particulièrement Malika et Nassima Ils m'ont beaucoup soutenu, que Dieu les protège

A tous mes collègues de la promotion Master 2 Aménagement hydro agricole.

Wardia

Résumé:

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de l'irrigation déficitaire sur une culture marichaire dans la plaine de Khmis Miliana. Pour la compréhension de l'effet de l'irrigation déficitaire sur la culture de pomme de terre, on a étudié les différents paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques chez deux variétés (spunta et serpo mora) au niveau des trois traitements : (65%, 80% et 100%). Les résultats montrent qu'il y a une variabilité entre les trois traitements (65% 80% 100%) Pour les paramètres morphologiques nous enregistrons une diminution dans la croissance et la longueur des plantes, la hauteur de tige, et nombre de tige par plante et de la surface foliaire. Puis suivi du traitement T80%, où les valeurs maximales de développement morphologique ont été enregistrées au niveau de traitement 100%. Des différences significatives de rendement ont été enregistrées aux trois niveaux (65%, 89%, 100%)

Les mots clés: Pomme de Terre, Irrigation Déficitaires, Traitements.

Abstract:

The objective of this work is to study the effect of deficit irrigation on a marichair culture in the plain of Khmis Miliana. To understand the effect of deficit irrigation on the potato crop, we determined the different morphological, physiological and biochemical parameters in two varieties (spunta and serpo mora) at the level of the three treatments: (65%, 80% and 100%). The results show that there is a variability between the three treatments (65% 80% 100%) For the morphological parameters, we record a decrease in the growth and the length of the plants, the stem height, and the number of stem per plant and leaf area more marked at the T65% treatment level, then followed by the T80% treatment, where the maximum values of morphological development were recorded at the 100% treatment level. Significant performance gaps were recorded at all three levels (65%, 89%, 100%).

Keywords: Potato, Déficit ,Irrigation, Treatments.

المخلص:

الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير الري الناقص على محصول البطاطس في سهل خميس مليانة.

لفهم تأثير الري الناقص على محصول البطاطس ، تم دراسة مختلف المعايير المورفولوجية والفسولوجية والكيميائية الحيوية في صنفين (سبونتتا وسربو مورا) على مستوى العلاجات الثلاثة : (65% ، 80% و 100%). أظهرت النتائج أن هناك تباين بين العلاجات الثلاثة (65%،80%،100%) في كلا النوعين ،بالنسبة للخصائص المورفولوجية نسجل انخفاض في نمو وطول النبات طول وعدد السيقان ،مساحة الورقة ،تكون واضحة بانسبة كبيرة خلال المعالجة 65%T ثم تليها المعالجة 80%T ، حيث تم تسجيل القيم القصوى للتطور المورفولوجي على مستوى المعالجة 100%. وتسجيل فروق معنوية في المحصول على المستويات الثلاثة (65%،100%،89%).

الكلمات المفتاحية: بطاطس ، عجز الري، علاجات

Liste des tableaux

Tableau (01) : L'efficience d'adduction et de distribution des périmètres gérés par les OPI Régionaux de 1994-2002.	
Tableau 2. Production et superficie de la pomme de terre dans les principaux pays producteurs en Afrique en 2018(FAOSTAT, 2020).	
Tableau 3. Evolution de la production, superficie et rendement de la pomme de terre en Algérie durant la période allant de 2006 à 2018 (FAOSTAT, 2020).....	
Tableau 04 : Superficie cultivée et la production dans consommation et multiplication l'était pour l'année 2019/2020(saisonnier et non saisonnier).....	
Tableau 05 : Caractéristiques géographiques de la station de Harraza.....	
Tableau 06 : Températures extrêmes et moyennes mensuelles en °C (1987-2018)	
Tableau 07: L'évaporation moyenne mensuelle en mm (1987-2018).....	
Tableau 08 : Vitesse moyennes mensuelles du vent en Km/h (1987-2018).....	
Tableau 09: L'humidité relative (%) de la station ITGC de Khemis Miliana (1975-2006).....	
Tableau 10 : Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice de De Martonne	
Tableau 11 : Caractéristiques géographiques de la parcelle d'étude Tableau. Caractéristiques géographiques de la parcelle d'étude	
Tableau 12: Interprétation des valeurs de la conductivité électrique de l'extrait de la pâte saturée à 25 C à 25°C (USSSI, 1954).....	
Tableau 13 : Echelle de classification du pH de la solution du sol.....	
Tableau 14 : Normes d'interprétation du calcaire total.....	
Tableau 15: Répartition des différents types de textures en fonction de diamètre des particules	
Tableau 16 : Norme d'interprétation de la porosité (mémento d'agronomie, 1993).....	
Tableau 17 : Conversion :mg en meq.....	
Tableau 18: Interprétation de SAR	
Tableau 19: Résultats de la densité apparente et de porosité du sol à 20 cm et à 40 cm de profondeur.....	

Tableau 20 : Résultats des analyses chimique du sol ; pH , CE .....	.....
Tableau 21 : Les teneurs en matière organique des échantillons étudiés.....	.....
Tableau 22 : Résultats des éléments minéraux dans le sol .....	.....
Tableau 23 : Résultats des analyses de calcaire total.....	.....
Tableau 24 : Résultats des analyses de phosphore.....	.....
Tableau 25 : Ajustement à la loi de Gauss.....	.....
Tableau 26 : Ajustement à la loi log normale .....	.....
Tableau 27 .:Test de validité des deux ajustements .....	.....
Tableau 28 : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul.....	.....
Tableau 29 : Evapotranspiration de référence.....	.....
Tableau 30 : Besoins en eau d'irrigation de la pomme de terre.....	.....

Liste des figures

- Figure 01** :Figure d'une phase solide (Mermoud 2006).....
- Figure 02** :Les trois phase du sol.(MERMOUD, 2006)
- Figure 03** :Traingle textural montrant les pourcentage d'argile (<0.002mm), de limon(0.002-0.05mm) et de sable (0.05-2.0mm) dans les classes fondamotales de texture du sol
- Figure 04** :Illustration du bras mort du ruisseau (Nicolas, 2003).....
- Figure 05** :Les différents système d'irrigation
- Figure 06** :Irrigation par aspersion
- Figure 07** :Irrigation par goutte à goutte (source : Semai & Haddouche, 2022)
- Figure 08** :Le cycle végétatif de la pomme de terre (MOËNNE, 2008)
- Figure 09** :Carte de localisation de la zone d'étude
- Figure 10** :Représentation des altitudes d'élévation de la Plaine de Khemis Miliana
- Figure 11** :Réseau hydrographique de la Plaine de Khemis Miliana
- Figure 12** :Evolution des précipitations moyennes annuelles (1987/2018)
- Figure 13** : Evolution des précipitations moyennes mensuelles (1987-2018)
- Figure 14** :Les températures extrêmes et moyennes mensuelles (1987-2018).....
- Figure 15** :L'évaporation moyenne mensuelle (1987-2018).....
- Figure 16** : Vitesses moyennes mensuelles du vent (1987-2018).....
- Figure 17** : Diagramme de Gausson pour la plaine d'El Khemis.....
- Figure 18** :Carte géologique de la plaine du Haut Cheliff. (Perrodon, 1957).....
- Figure 19** :Coupe transversale de la plaine du Haut Chéiff (ANRH, 1997)
- Figure 20** :Schéma représente le dispositif expérimental.....
- Figure 21** :Triangle de texture
- Figure 22** : Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss
- Figure 23** : Ajustement des pluies annuelles à la loi log-Normale.....
- Figure 24** : Evolution de l'humidité gravimétrique du sol à 20 cm de profondeur.....
- Figure 25** : Evolution de l'humidité gravimétrique du sol à 40 cm de profondeur.....
- Figure 26** :Evolution de la longueur de la tige pour la variété spunta
- Figure 27** :Evolution de la longueur de la tige pour la variété sarpo mira.....
- Figure 28** :Evolution de la hauteur de la plante pour la variété spunta.....
- Figure 29** :Evolution de la hauteur de la plante pour la variété sarpo mira
- Figure 30** :Evolution de nombre de tige par plant pour la variété spunta T65%
- Figure 31** :Evolution de nombre de tige par plant pour la variété spunta T80%
- Figure 32** : Evolution de nombre de tige par plant pour la variété spunta T100%

- Figure 33** : Evolution de nombre de tige par plant pour la variété sarpo mira T100%
- Figure 34** : Evolution de nombre de tige par plant pour la variété sarpo mira T80%
- Figure 35** : Evolution de nombre de tige par plant pour la variété sarpo mira T65%
- Figure 36** : Evolution de la surface foliaire entre les différents traitements (v1).....
- Figure 37** : Evolution de la surface foliaire entre les différents traitements (v2).....

Liste des photos

- Photo 01** : Travail du sol (hadouche et semai 2022)
- Photo 02** : Travail du sol (buttage)(hadouche et semai , 2022)
- Photo 03** : La plantation (hadouche et semai 2022)
- Photo 04** :Le binage (hadouche et semai 2022).....
- Photo 05** :Le désherbage (hadouche et semai 2022)
- Photo 06** : Installation de réseau d'irrigation (hadouche et semai2022)
- Photo 07** :Mesures d'humidité du sol (semai et hadouche 2022).....
- Photo 08** :Mesure de conductivité électrique (semai et hadouche 2022)
- Photo 09** : Dosage de pH (semai et hadouche 2022).....
- Photo 10** :Analyse de PH KCL (semai et hadouche 2022).....
- Photo 11** : Analyse de Densité apparenté (semai et hadouche 2022).....
- Photo 12** :Dosage de K⁺ par spectrophotométrie d'émission de flammes (semai et hadouche 2022)
- Photo 13** : Dosage de calcaire total (calcimètre de BERNARD) (semai et hadouche 2022)
- Photo 14** :Analyse granulométrique avec pipette de Robinson (semai et hadouche 2022).....
- Photo 15** : Analyse de Densité apparenté (semai et hadouche 2022)

Liste des abréviations :

ITGC : Institut technique des grandes cultures.

Da : Dentisté apparente.

Dr : Densité réelle.

P : La porosité

Kc : Le coefficient de culture

ETP : Evapotranspiration potentielle

ETR : Evapotranspiration réelle.

T : Température (C^0)

T max : Température maximale (C^0)

T min : Température minimale (C^0)

H(%) : Humidité relative de l'air (%)

Peff : La pluie efficace

Bbrut : Besoins en eau brut

Eff : L'efficacité du réseau d'irrigation

V : Volume

Vv : Volume de vide.

Vt : Volume totale

K : Coefficient de perméabilité

Hcc : Hmidité du sol a la capacité au champ

Hpf : Humidité au point de flétrissement

Z : Profondeur d'enracinement en mm.

pF : Le potentiel hydrique.

Bj : Besoins journaliers.

Ψ_m : Le potentiel matriciel.

RS : Réserve de survie.

Kpa : kilo pascals.

Qr : Débit de rampe

Ng : Nombre des goutteurs

Ψ_g : Le potentiel gravitaire.

RFU : Réserve facilement utilisable.

R :Rampe

RU : Réserve utile.

Ψ_0 : Le potentiel osmotique.

Qg : Débit des goutteur

Dnp : Dose d'irrigation nette pratique.

Nr : Nombre des rampes

PEHD : Tuyau en polyéthylène à haute densité.

LF : Limon fin.

Q : Débit (m³/s).

Qpr : Débit de porte rampe.

Ør : Le diamètre de rampes.

Øpr : Le diamètre de porte rampe.

LG : Limon grossier.

A : Argile.

Mg²⁺ :Magnésium.

Ca²⁺ :Calcium.

P% : Phosphore.

Na²⁺ :Sodium.

Cl⁻ : Chlorure.

SO₄²⁻ : Sulfate.

SAR :Son Altesse Royale.

FAO :.Organisation Des Nations Unies Pour L'alimentation Et L'agriculture.

Sommaire

Introduction général

Chapitre 1:la partie bibliographies.

1.Généralités sur le sol

1.1.Définition du sol

1.2.Les différents phases du sol

1.2.1 .Solide

1.2.2.Liquide

1.2.3.Gazeux

1.3.Les propriétés physique du sol

2.L'irrigation:

2.1.Définition de l'irrigation

2.2.2. Les différents système d'irrigation:

2.3. Les avantages et les inconvénients d'un système d'irrigation

2.4. Les ses composants d'un installation d'irrigation

2.5.Les effcience d'irrigation

Chapitre 2: Etude d'un stress hydrique et culture de pomme de terre

1.Généralité d'un stress hydrique

1.1.Définition de stress hydrique

1.2.Les outils de détection de stress hydrique

1.3.Les conséquences de stress hydrique

1.4.La mécanisme d'adaptation ou stress hydrihydriqu

1.5.Les effets de stress hydrique sur la plante

2.Généralité sur culture de pomme de terre.

2.1.Définition de la pomme de terre.....

2.2.Historique et l'origine de pomme de terre.....

2.3.Classification

2.4.Stade phrénologiques de la pomme de terre.....

2.5.Importance économique de pomme de terre.

2.6.La production de pomme de terre d'aine defla.

2.7.Varietés de pomme de terre.....

2.8.Exgence écologique de la pomme de terre.....

Chapitre 03 : Présentation de la zone d'étude

1.1.Présentation générale de la zone d'étude .	.....
1.2. Habitat	
1.3. Relief	
1.4.Réseau hydrographie.	.....
1.5.Les ressources en eau superficielles	.....
2.1.Précipitation .	.....
2.2.Température.....	.....
2.3.Evaporation.	.....
2.4 .Le vent	.....
2.5.Humidité relatives.	.....
2.6.Synthèse climatiques	.....
3.Contexte géologique.....	.....
4.Contexte hydrologique.	.....
Conclusion.....	.....

Chapitre 04 : Matériel et Méthodes

1.Travaux de terre.....	.....
1.1.présentation du site expérimentale.	.....
1.2.Dispositif expérimentale	.....
1.3.Echantillanage du sol.	.....
1.4.Condition de déroulement de l'essai.	.....
1.5 . Suivi de l'état hydraulique du sol par méthode gravimétrique.....	.....
1.6.Suivi des caractéristiques morphologiques des cultures.....	.....
1.7.Les caractéristiques des pommes de terre.	.....
2 .Les travaux sur la boratoire	.....
2.1.Suivi de l'état hydrique du sol.....	.....
2.2.Analyse chimique du sol.	.....
2.3.Analyse Chimique d'eau.	.....

Chapitre 05 : Résultats et discussion

1.Caractirisation du Sol de la parcelle.....	.....
1.1.Résultats des caractéristiques physiques du sol.	.....
1.2.Résultat des caractéristiques chimique du sol	.....

- 1.3.Resultats d'analyse d'eau d'irrigation.....
- 1.4.Ajustement statistique de pluie.
- 2.Suivi de l'état hydraulique du sol.....
- 3.Evolution de la croissance végétative.
- 3.4. Contrôle visuel phytosanitaire.....
- Conclusion générale.....

Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale

Depuis plusieurs années, les climatologues constatent des modifications climatiques à l'échelle mondiale, et surtout régionale, (insuffisance et mauvaise répartition spatiotemporelle Des pluies) entraînant un réchauffement de la planète. Ainsi l'utilisation de l'eau à Des fins agricoles se trouve de plus en plus en compétition avec les autres usages (domestiques et industriels). En outre, l'approvisionnement en eau d'irrigation est limité par Des nappes peu fournies et l'insuffisance des eaux de surface. Ces exemples illustrent la Nécessité de la gestion rationnelle des eaux d'irrigation des cultures irriguées (Martin et al,1989 cités par Messaoudi et EL Fellah, 2002).

Il est donc indispensable de produire un maximum de rendement par une gestion efficace de L'eau, car les terres arables et cette ressource sont en perpétuelle diminution à cause de la Démographie et de l'industrialisation galopante. Par conséquent, il est important d'optimiser Les apports d'eau en fonction des besoins réels de la culture en tenant compte des conditions Environnementales.

Cette nécessité environnementale et économique de raisonner les apports d'eau au même titre que tous les autres intrants (produits phytosanitaires, fumures ...),constituel'agriculture de précision (Luquet, 2002).

En plus d'une détermination correcte des intervalles d'irrigation et des besoins réels des Plantes, il est nécessaire de déterminer la période de croissance où les plantes sont les plus Sensibles au déficit hydrique afin de produire des rendements les plus élevés par unité de Surface.

L'Algérie, du fait de son climat méditerranée ; connaît des périodes de sécheresse, en particulier estival ; qui peuvent durer plusieurs mois dans l'année. De plus, la caractéristique aléatoire des précipitation annuelle et les sécheresses imprévisible et sévères se traduisent souvent par une situation de contrainte hydrique (Abdelguerfi, 1994). Pour cela le banque mondiale classée l'Algérie parmi les pays qui ont les ressources en eau les plus limitées au monde avec « Bahreïn, Koweït, Jordanie, Libye, Oman, Territoires palestiniens, Qatar, Arabie saoudite, Tunisie, Émirats arabes unis et Yémen » (le dernier rapport de Banque Mondiale, 2015). Avec la male gestion des ressources actuelles, L'Algérie risque d'affronter le stresse hydraulique d'ici 2040, de plus de ça, Il a été constaté ces dernières années que les prévisions officielles existantes sont souvent très au dessus des valeurs consommées dans la réalité.

Système d'irrigation goutte-à-goutte est une technique moderne, plus sophistiquées mais plus efficace puisqu'elle permette de diminuer la consommation d'eau, aujourd'hui mis en œuvre dans les pays les plus riche,(C.N.R.S ; 1999) Dans son principe, la goutte à goutte, ou l'irrigation

Introduction générale

localisée, n'est en fait qu'une amélioration des techniques traditionnelles.(ALEXANDREXU et AL ; 1977). Il consiste à apporter l'eau sous faible pression jusqu'aux racines de chacune des plantes et à la distribuer au compte goutte, en surface ou en souterraine à l'aide de petits tuyaux, posés sur le sol ou enterrée. Bien menée, cette technique permet de notablement diminuer la consommation d'eau ; elle n'humidifie que la Portion de sol située au voisinage immédiat des racines et elle limite les pertes par évaporation, ruissellement ou infiltration profonde.(SAFRANE et AL; 1975).

En Algérie la production nationale de la pomme de terre s'est établie à 46,06 millions De (qx) en 2017 pour une valeur 234,28 millions de DA, avec un rendement de 308,8 Qx/hectare, a indiqué dimanche le ministère de l'Agriculture, du développement rural et de la Pêche dans un communiqué. Par catégorie, la production a été de 1,07 million de qx pour la Pomme de terre de primeur, de 26,37 millions de qx pour la pomme de terre de saison et de 18,62 millions de qx pour la pomme de terre d'arrière-saison. Selon la même source, les Wilayas potentielles en matière de production de pomme de terre sont El Oued avec une Production de 11,53 millions de qx, Ain-Defla avec 6,88 millions de qx et Mostaganem avec 4,47 millions de qx.(FAO.com 2017). On peut définir se culture par : La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) appartient à la famille des Solanacées, genre *Solanum* (Quezel, et Santa, 1962), comprend 1000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (Dore et al.,2006 et Hawkes, 1990), On pensait autrefois que la pomme de terre était issue d'une plante sauvage unique, l'espèce *tuberosum*, dès 1929, les botanistes avaient montré que cette origine était plus complexe et que l'on retrouvait parmi les ancêtres des espèces de pomme de terre cultivés, des plantes sauvages différentes (Rousselle et al., 1992 ;Dore et al., 2006).

En raison de l'importance des types de sol sur le développement de la culture de Pomme de terre, et sur le rendement en quantité et en qualité. Selon Toumi (2014), la plupart Des sols conviennent à la culture de la pomme de terre à condition qu'ils soient bien drainés et Pas trop pierreux. La pomme de terre est l'une des cultures qui préfère les sols profonds, Fertiles et meubles. En général, la pomme de terre se développe mieux dans des sols à texture Plus ou moins grossière (texture sablonneuse ou sablo-limoneuse) que dans des sols à texture Fine et battante (texture argileuse ou argilo-limoneuse) qui empêchent tout grossissement de Tubercule (Toumi, 2014).

L'objectif de notre expérimentales «Contribution à l'étude de l'irrigation déficitaires dans une culture maraîchère en plein champ» est comprendre l'effet de l'irrigation déficitaires sur le

Introduction générale

développement physiologique et morphologique et le rendement de la culture de pomme de terre. Pour cela nous avons divisé notre travail sur cinq chapitres :

- Chapitre 01 : partie bibliographie sur le sol et l'irrigation
- Chapitre 02 : généralité sur la culture (pomme de terre) et stress hydrique
- Chapitre 03 : milieu physique (présentation d'azone d'étude)
- Chapitre 04 : Matériel et méthode sur notre expérimentation
- Chapitre 05 : Résultats et discussion d'analyse
- Conclusion général

Chapitre I

Synthèse bibliographique

1. Généralité sur le sol.**1.1 Définition du sol:**

Le terme «sol» fait référence à la couche externe de la surface terrestre qui a été fragmentée au fil du temps en raison de l'érosion. Il a été formé par la désintégration et la décomposition des roches par des processus physiques et chimiques; et il est influencé par l'activité et l'accumulation de résidus de diverses espèces biologiques.(Daniel H ;1984)

La terre est un système très complexe. Une matrice est constituée de particules de compositions chimiques et minérales variées; ainsi que la taille, de formes et d'orientation différents.

1.2. Les différentes phases du sol:

Les trois phases naturelles sont présentés dans le sol sont:

➤ La phase solide:

La phase solide représente: les particules solides du sol (HILLEL ; 1974).

la phase solide est la phase qui contient des éléments minéraux de formes et de compositions différentes par exemple, gravier, sable, limons, argile, et des éléments organiques formés par des résidus organiques, d'origine végétal ou animal en état de décomposition plus ou moins avancée (figure n°01).Les particules de dimension supérieure à 2 µm sont généralement cimentées par un mélange d'argile et d'humus (complexe organo-humique), parfois également par des oxydes et des hydroxydes.(MOREL ;1996)&(MERMOUD;2006)



Figure N°01: Figure d'une phase solide (Mermoud ; 2006)

➤ **La phase liquide:**

La phase liquide est tout ce qui est liquide ; elle se trouve dans les espaces lacunaires entre les particules solides du sol. La phase liquide représente l'eau du sol laquelle contient toujours des substances dissoutes « la solution du sol » HILLEL(1974). La solution du sol ou l'eau du sol contient des ions minéraux et des petites molécules organiques variant dans sa composition et sa mobilité et même sa fixation sur les particules solides. Cette solution remplit partiellement ou totalement les pores du sol (MOREL ; 1996) (figure n° 02)

La solution du sol contient :

- Des anions prédominants : NO_3^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , Cl^- et SO_4^{2-}
- Des cations prédominants : Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , NH_4^+
- De la matière organique soluble.
- Des dissolvants gazeux.
- Des pesticides et fertilisants liquides (MERMOURD;; 2006)

➤ **La phase gazeuse:**

Elle est représentée par l'air qui se trouve dans les espaces vides du sol. Cette phase est composée de tout ce qui est gaz (Oxygène, Azote, Dioxydes de carbone...etc.)(MOREL;1996).(Figure n° 02).

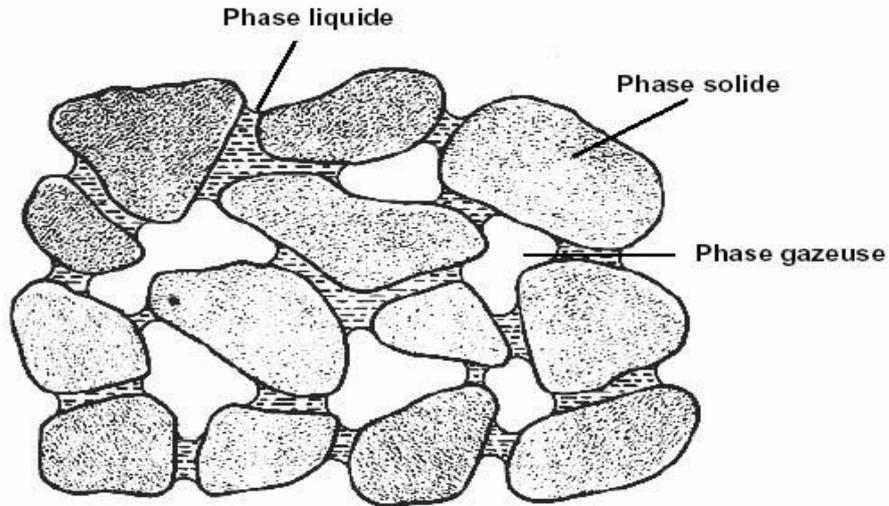


Figure n02: Les trois phases du sol. (MERMOURD, 2006).

La phase gazeuse par l'atmosphère du sol qui se compose des mêmes gaz que l'air (O_2 , CO_2 , N_2 ,...) et surtout les gazes qui résultent de la décomposition de la matière organique et de l'activité biologique dans le sol. (SOLTNER ; 1986).

Dans une étude comparative entre la composition de l'air du sol et de l'air atmosphérique montre que, dans le sol, la concentration en CO_2 est plus élevée et la teneur en O_2 est plus réduite que dans l'air atmosphérique. Il explique cette différence par les phénomènes de la respiration des microorganismes vivants du sol et la dégradation de la matière organique dans le sol.(MERMOURD ;2006)

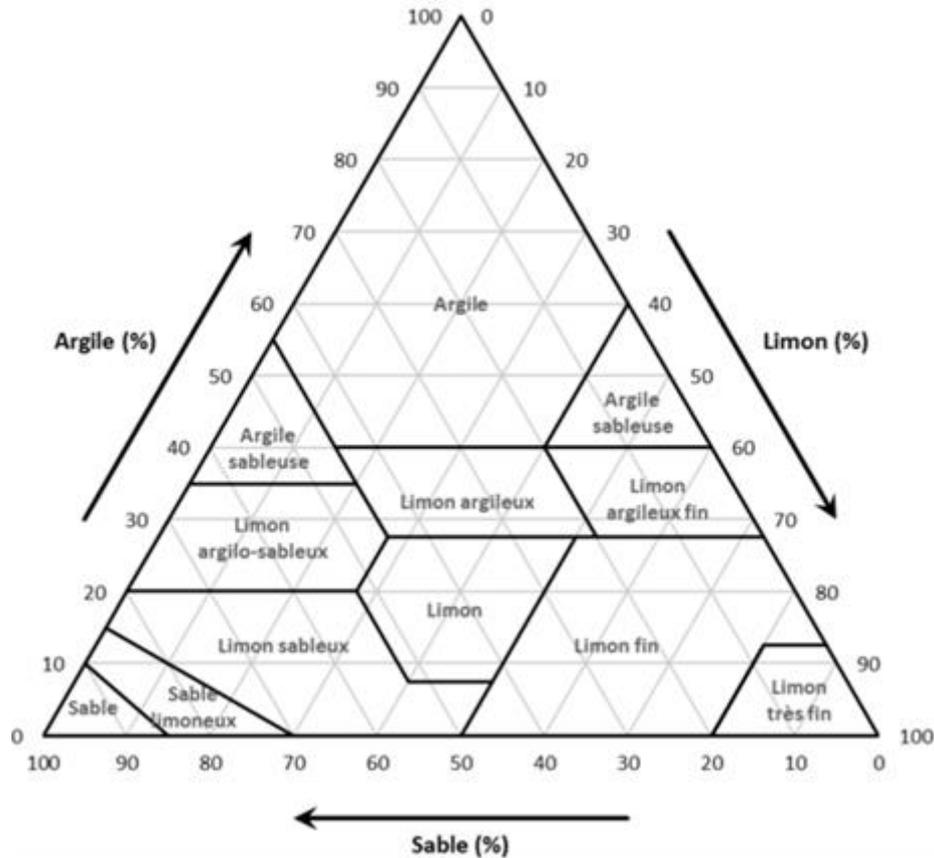
3.1. Les propriétés physiques du sol:

3.1.1. La texture:

L'expression "texture du sol" renseigne sur la taille prédominante ou la gamme de tailles des particules de sol d'une manière qualitative et quantitative. Qualitativement, elle réfère au "toucher" du matériau sol qu'il soit grossier et rugueux ou fin et moelleux. Un pédologue expérimenté peut dire en malaxant ou en frottant le sol avec ses doigts si celui-ci est de texture grossière ou fin

La désignation textural complète, ou classe, est déterminée sur la base des rapports de masse de ces trois fractions. On a donné des noms différents aux sols constitués en proportion différent de sable, limon ou argile ainsi que le montre de diagramme triangulaire de **La figure 03 (Daniel, 1984)**.

Figure 03
: Triangle textural montrant les pourcentage d'argile (0,002mm), de limon (0.002-0,05mm) et de sable (0,05-2.0mm)



dans les classes fondamentales de texture du sol (USA ,2004) .

3.1.2. Classement de texture:

Donc Il est possible de regrouper les textures en quatre classes fondamentales, qui permettent de définir les principales propriétés du sol :

3.1.2.1. Texture sableuse :

Sol bien aéré, facile à travailler, pauvre en réserve d'eau, pauvre en éléments nutritifs, faible capacité d'échange anionique et cationique.

3.1.2.2. Texture limoneuse :

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 calcium.

3.1.2.3. Texture argileuse :

Sol chimiquement riche, mais à piètres propriétés physiques; milieu imperméable et mal aéré, formant obstacle à la pénétration des racines ; travail du sol difficile, en raison de la forte plasticité (état humide), ou de la compacité (sol sec).

Une bonne structure favorisée par l'humification corrige en partie ces propriétés défavorables.

3.1.2.3. Texture équilibrée :

Elle 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 : 15 à 25 % d'argile, 30 à 35 % de limons, 40 à 50 % de sables.

3.2. La structure:

La structure du sol est généralement définie par l'arrangement réciproque, l'orientation des particules dans le sol. Ce terme est aussi utilisé parfois en rapport avec la géométrie de l'espace poreux. Comme l'arrangement des particules du sol est en général trop complexe pour permettre une caractérisation géométrique simple. (Daniel, 1984).

3.3. Densité réelle:

La densité réelle de la fraction solide indépendamment des vides: pour le sol silicatés, pauvres en matière organique; elle varie peu entre 2.6 et 2.7; on peut la mesurer avec précision; on utilise la valeur moyenne 2.65 (Masson, 1997).

3.4. Densité apparente:

La densité est généralement exprimée en grammes en poids par volume unitaire. Le centimètre cube (G / cm^3) a une densité de $1 \text{ g} / \text{cm}^3$ (4°C). Les densités de deux mesures sont généralement utilisées pour les sols. La densité réelle (CD) correspond à la vue d'ensemble de la densité de la terre sèche ajoutée: le sol moyen est de $2,65 \text{ g} / \text{cm}^3$; La densité apparente (DA) est sèche dans la quantité de terres non perturbée par sa structure, est un poids. Il a 105°C dans l'unité de volume du sol sec. Ce volume comprend également des pores. En utilisant ceci, un échantillon d'échantillon non lent est utilisé pour connaître un poids sec constant de l'échantillon à 105°C mesuré par la méthode du cylindre (Blake & Barting, 1986). Dans le sol de densité apparente, il convertit généralement l'état comprimé du matériau et convertit indirectement tous les taux de guérison (Alongo et Kambele, 2013).

3.5. La porosité:

La porosité est le paramètre principal qui caractérise le milieu poreux et est défini comme suite:

$$\varepsilon = V_p / V_o = \text{Volume des pores} / \text{Volume total.} \quad (1)$$

Sa valeur change entre 0 (cas pour les solides solides) et 1 (si possible, complètement vide). La porosité est complémentaire à la fraction de volume solide ϕ selon la relation suivante.

$$\varepsilon + \phi = 1. \quad (2)$$

Le rapport (1) est une définition tridimensionnelle de la porosité et peut également définir des trous (bidimensionnels).

$$\varepsilon_p = A_p / A_o = \text{surface des pores} / \text{surface total} \quad (3)$$

Pour les sections effectuées par Z Dimension, en supposant un milieu homogène, la zone est occupée par des trous (Z) et peut être écrit:

$$V_p = \int A_p(z) dz = A_o \int \varepsilon dz = \varepsilon V_o. \quad (4)$$

A partir de (4), on aboutit à la relation suivante :

$$\varepsilon = V_p / V_o = \varepsilon. \quad (5)$$

Tous les pions ne sont pas interconnectés, certaines formes mortes (figure) et ne sont donc pas fluides, ce qui conduit à la définition de la porosité efficace. Ce dernier représente

Tous les pores qui permettent aux fluides d'intersecter.



Figure 04: Illustration du bras mort du ruisseau (Nicolas, 2003).

3.6. La perméabilité:

Le terme perméabilité utilisé ici est à la vitesse réelle. Les expressions expérimentales de Darcy et de Ritter définies par «Darcy Rad» de Ritter sont $Q = K S l$ appelés coefficients CI. O Le taux de Dersas a des dimensions de vitesse. Le porche définit la proportion de la quantité du sol accessible pour se promener dans l'eau, c'est-à-dire le volume de liberté (volume), le volume total ou la gravité et le ratio de volume global à la Terre. Je fais (sur la porosité de l'effet anabolique). En pratique, le coefficient de perméabilité a les dimensions de la surface. Il est forcé par le sol et la porosité granulaire de la formule pour mesurer la porosité. $K = K_y / \mu$

2. L'irrigation:

2.1. Définition de l'irrigation:

L'irrigation est une procédure artificiellement qui fait de l'eau pour être des plantes. Afin d'augmenter la production et des faibles précipitations qui permettent un développement normal, un drainage excessif ou une diminution de la table de table, en particulier la région sèche (AZOUGAGH, 2001).

2.2. Système d'irrigation:

2.2.1. Définition d'un système d'irrigation:

Un système d'irrigation est tout simplement le procédé que vous utilisez pour arroser vos plantes ou votre jardin

2.2.2 Les différents systèmes d'irrigation:

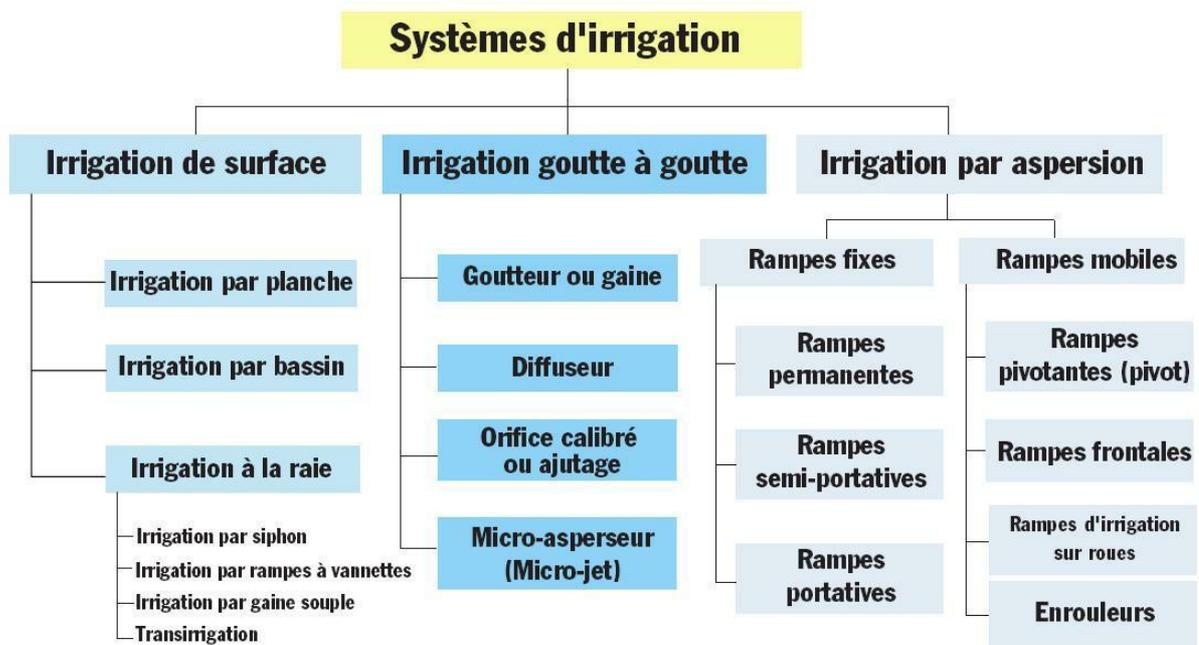


Figure 05: Le différent système d'irrigation.

➤ **Irrigation par ruissellement**

Le ruissellement est défini couramment et des eaux laminées constituées de conduite sur le sol, du sol du sol jusqu'à présent pour que l'eau tremblait toujours. Parce que c'est une splash, ce système est toujours appelé "déversement", généralement le débit utilisé par la fin de la petite femme horizontale de la lame est fixé sur le gradient normal à la limite d'érosion

➤ **Irrigation par submersion :**

C'est le mode d'irrigation le plus ancien car il est sans contrainte de pression. Il nécessite cependant un profilage du terrain et une disponibilité importante en eau. Les problèmes ne se posent donc pas d'un point de vue technologique (pas de colmatage...). Par contre on doit tenir compte des risques de contamination des techniciens, populations, animaux... il est donc préférable, soit de limiter l'accès aux fossés par des grillages, soit de transporter l'eau dans des conduites fermées.

➤ **Irrigation par aspersion:**

L'eau parvient alors aux cultures d'une façon qui imite la chute naturelle de la pluie grâce à l'utilisation de divers appareils de projection alimentés en eau sous pression.

Les principales installations utilisées sont :

- Elles sont fixes lorsque la et le réseau de canalisation sont placés de façon permanente, de supprimer une grande partie de la main d'œuvre, mais les frais t sont élevés.
- Elles sont mobiles quand l'ensemble peut se déplacer ; dans ce cas le matériel peut-être utilisé a plein rend donc mieux amorti mais les installations mobiles nécessitent plus d'œuvres. Les principaux appareils d'aspersion sont :
 - Les rampes d'arrosage qui ont une densité d'aspersion élevée (les sols arrosés ainsi doivent avoir une perméabilité suffisante).
 - Les petits arroseurs rotatifs, ou tourniquets, traditionnellement utilisé pour les pelouses et les exploitations maraichères, qui apparaissent de plus en plus dans les exploitations agricoles, mais qui sont exigent en main d'œuvre.



- Les appareils a jet unique (sprinkles, lance d'arrosage, canon d'arrosage)

Figure 08: Irrigation par aspersion.

- **Irrigation par goutte à goutte:**

Dans l'irrigation goutte à goutte, l'eau est livrée à la plante à faible dose entraînant ainsi l'humidification d'une fraction du sol. Ceci permet de limiter les pertes par évaporation et percolation. Elle permet aussi de réduire le développement des mauvaises herbes Elle met également en œuvre des équipements fixes et légers. Dans la plupart des cas, elle exige une Automatisation à travers des contrôleurs associés à des vannes volumétriques et/ou hydrauliques et des électrovannes.



Figure 09: Irrigation par goutte à goutte (Semai & Hadouche, 2022)

2.2.3. Les avantages et les inconvénients d'un système d'irrigation:

Les avantages d'un système goutte à goutte:

L'irrigation localisée présente les Avantages suivants (AZOUGAGH, 2001).

- Economie d'eau : La surface de contact eau air étant très faible (quelques dm²) Les pertes Par vaporisation sont donc faibles. D'autre part, la ligne de gouteurs étant en général, Placée au voisinage immédiat des cultures, le développement des adventices est limité Et de ce fait les phénomènes de concurrence se trouvent réduits. Les doses étant faible Dont les pertes par percolation se trouvent limitées.
- Voisinage immédiat des cultures, le développement des adventices est limité et de ce fait les phénomènes de concurrence se trouvent réduits. Les doses étant faible dont les Pertes par percolation se trouvent limitées.
- Contrôle précis des quantités d'eau apportées : à condition que l'installation soit bien Dimensionnée.
- Pression de fonctionnement faible : La pression nominale des distributeurs est en Général de 10m.c.e (mètre colonne d'eau, 10m.c.e = 1 Bar). Si on estime que les pertes Des charges au niveau d'une station de tête se situent entre 10 à 15m selon la Complexité de l'installation, la pression nécessaire en tête de parcelle est de 20 à 25m Contre 30 à 40m pour l'aspiration.
- Enherbement réduit : la localisation de l'eau limite le développement des adventices (Mauvaises herbes).
- Possibilité d'arrosage sous paillage plastique : cas par exemple des fraisiers ou des Melons.
- Réduction du tassement du sol et maintien d'une structure favorable
- Contrôle de fertilisation.
- Possibilité d'automatiser.
- La distribution dans le champ est uniforme, L'eau est apportée directement à l'endroit Nécessaire, au niveau des racines.

-les inconvénients d'un système goutte à goutte:

- Bouchage (obstruction des gouteurs) : les inconvénients les plus importants sont ceux liés au problème de bouchage soit en raison de la qualité d'eau soit à

cause de l'utilisation de certains Engrais, d'où l'intérêt d'utiliser les filtres pour améliorer la qualité de l'eau.

- Salinisation excessive du sol (accumulation des sels) : toute eau d'irrigation contient des sels Dissous, la plante prend d'eau et les sels restent dans le sol, durant la saison d'irrigation ces sels
Généralement refoulés à la limite externe du bulbe humide, en apportant plus d'eau que la plante n'en consomme de la zone racinaire et risque de provoquer de sérieux dégâts sur la culture,
- Investissement ; l'équipement se fait pour la parcelle donnée sans possibilité de rotation sur d'autre parcelle,
- Mauvaise répartition de l'eau dans le sol : l'irrigation localisée n'assure l'humidification
- D'une fraction du volume du sol susceptible d'être exploré par les racines. Aussi en zone aride
- Le développement racinaire de la culture se limite t-il à la zone humidifiée par l'ensemble des distributeurs (MUJICA et al, 2001).

2.2.4. Les composants d'une installation d'irrigation:

➤ **Besoin en eau de culture:**

La capacité de rétention de l'eau diffère d'un sol à un autre selon la texture et la forme D'eau présent dans le sol que la plante peut utiliser est appelée « humidité du sol disponible » (HDS). Les sols sableux et les loams sableux grossier retiennent environ 25 mm de l'HDS Dans la zone racinaire et 40-60 mm de l'HDS Pour les sols loams limoneux et sableux fin (VERHALLEN et RODY 2002)

La taille des besoins en eau des plantes dépend du climat et du l'arrangement de la Plante (surfaces de transpiration). En effet, la quantité d'eau transpirée par jour dépend du Changement de la tenure en eau des cultures on utilise soit la méthode directe (bilan hydrique) Ou bien la méthode indirecte par l'évaluation de l'évapotranspiration potentiel (ETP).

➤ **Besoin en eau d'irrigation:**

Le besoin en eau d'irrigation c'est le volume d'eau requis pour les cultures qui n'est pas fourni par les précipitations, la sur exploitation de l'eau du sol, ou par

l'écoulement de l'eau vers la zone racinaire à partir d'une zone saturée (Boujemla et Bammoun, 2006).

2.2.5. Efficience des systèmes d'irrigations

Les responsabilités respectives des OPI et de l'Etat (représenté par l'AGID) en matière de maintenance sont définies par décret 85-260 : les OPI sont chargés de l'entretien courant et du renouvellement du matériel fongible tel que défini par le décret; l'Etat est chargé du renouvellement des infrastructures hydrauliques.

Compte tenu des ressources financières très limitées, les OPI n'assurent en réalité que la maintenance courante; il n'y a pas de programme pluriannuel de remplacement du matériel

fongible à la charge des OPI. L'absence de ce programme pluriannuel des grosses réparations et de renouvellement à la charge du concédant, se matérialise par une dégradation quasi continue des ouvrages.

L'AGID tente, tant bien que mal, de remédier à cette situation en lançant des opérations de grosses réparations et en confiant généralement les travaux aux OPIs. Cependant, l'efficience « réseau » reste faible.

Par ailleurs, les lâchers d'eau à partir des barrages se font dans les oueds. En plus des pertes naturelles liées à ce genre d'adduction, le pompage illicite constitue une part très importante des pertes de parcours. Malgré cela, l'efficience parcours observée (Tableau 01) reste très acceptable. Si des efforts sont entrepris grâce au FNDRA pour l'amélioration de l'efficience la parcelle, une attention particulière doit être accordée à l'amélioration des efficacités de parcours et de distribution.

Cette efficience se situe actuellement autour de 65%. La ramener à 85% se traduirait par un gain allant de 40 hm³ (situation de sécheresse) à 120 hm³ (situation normale) (Messahel et al.,2005).

Tableau (01) : L'efficience d'adduction et de distribution des périmètres gérés par les OPI Régionaux de 1994-2002.

Année	Volume			Efficience		
	Lâché	M.T.R	Distribute	Parcours	Distribution	Globale
1994	117,32	103,49	85,69	88	83	73
1995	220,68	166,49	138,63	75	83	62
1996	231,23	200,00	146,17	87	73	63
1997	241,89	202,54	151,00	84	75	63

1998	296,94	224,54	172,70	76	77	58
1999	338,60	250,842	208,40	74	83	62
2000	184,68	150,71	129,52	82	86	70
2001	283,72	229,15	201,77	81	88	71
2002	264,58	220,3	207,00	83	94	78

Chapitre II

**Généralités sur le stress hydrique et
culture pomme de terre**

1. Généralités sur le stress hydrique

1.1. Stress hydrique

Pour (GIRARDIN, 1999) cité par (PINDARD, 2000), il y a un stress chez la plante quand l'état hydrique perturbe le métabolisme. Cela sous-entend qu'il y a des répercussions directes plus ou moins rapides sur la croissance des organes et leur développement.

La première manifestation du stress hydriques chez une plante est le flétrissement mais des recherches ont montré qu'on ne peut se baser sur le flétrissement du feuillage pour détecter le stress, car les fonctions métaboliques sont affectées

Chez une plante stressée avant que le stress ne soit visible. Il faut avoir recours à des mesures au niveau de la plante, du sol ou à des estimations (PINDARD, 2000).

1.2. Outils de détection du stress hydrique.

Les paramètres physiologiques et biophysiques de l'usine (potentiel d'eau, photosynthèse, teneur en chlorophylle, etc.), la relation de l'état hydrique de cette plante peut être utilisée comme des indicateur de son état hydrique. L'eau Les grands défauts sont alignés sur des changements progressifs (luquet ; 2002),

La structure de la plante est destinée à réduire sa surface de transpiration (feuille ou lai). Lai (indicée réfraction de feuillure) est une variable plus grande. Important. Caractérise la magnitude de la surface d'échange de rayonnement (carbone, eau, etc.) avec l'atmosphère (centre canadien de Télécion, 2004).

1.3. Les conséquences des stress hydrique

En cas de déficit hydrique, la plante ferme ses stomates pour réduire ses perte sen eau (Tard et Dreyer, 1997). L'entrée du co2 est également verrouillée lors cette fermeture, entrainant une perturbation de l'activité photosynthétique.

La fermeture emprisonne une bonne part de l'énergie destinée à être dissipée par transpiration, ce qui a pour conséquence l'augmentation de la température végétation. L'augmentation de la température foliaire permet à la télédétection infrarouge thermique d'avoir accès au statu hydrique de la plante. Selon son intensité et son apparence dans le développement de la centrale, le stress hydrique peut entraîner une perte de qualité et d'efficacité. Photo de la production agricole en modifiant la configuration du capteur, Distribution Asy miras entre différentes organes (tige, feuille et graines), cas de sélection accumulée de graines et de composés collectés (INRA ; 2002).

1.4. Mécanismes d'adaptation au déficit hydrique

Le déficit hydrique se manifeste par la combinaison d'une part, de la restriction de la disponibilité en eau du sol et d'autre part, de l'augmentation de la demande évaporatoire. La tolérance à la sécheresse est la capacité de la plante à croître et à donner des rendements satisfaisants dans des zones sujettes à des déficits hydriques épisodiques (CHAVES et al. 2002, TARADIEU et al. 2006).

Dans la zone sèche, les plantes ont développé des mécanismes de réglementation, qui garantissent généralement le taux de survie, généralement aux dépens de la productivité. Cependant, il est effectué par les plantes pour se protéger de la tension de l'eau pour l'adaptation. C'est le déficit de la tâche. Ils sont différents dans les plantes stressées, selon cela, en raison des plantes adultes sélectionnées en conséquence, les risques climatiques régionaux graves avec leur taux des restrictions soumis à une pénurie d'eau plus courte. La principale réaction de la plante soumise à un manque d'eau est de réduire de manière active sa transpiration, par la fermeture de ses stomates dès que le déficit hydrique apparaît et par une réduction de sa surface foliaire : réduction de la vitesse de croissance des feuilles ou de leur nombre, sénescence accélérée des feuilles. (SON DIAKALIA, 2010).

La première stratégie d'adaptation des plantes à la sécheresse consiste à « éviter » tout stress hydrique et la deuxième la capacité à le tolérer (SON DIAKALIA, 2010).

1.4.1. Stratégie qu'adoptent les plants pour éviter le déficit hydrique

Cette stratégie est principalement liée, d'une part, à la réduction de la transpiration (fermeture des stomates, réduction de la surface foliaire et diminution de la conductance stomatique) et d'autre part, à une optimisation de l'absorption d'eau par les racines (masse et volume, ramification, profondeur).

1.4.2. Stratégie qu'adoptent les plants pour tolérer le déficit hydrique

La tolérance est la stratégie qui permet à la plante d'assurer ses fonctions physiologiques malgré une dégradation de son état hydrique. Le maintien de la turgescence lors d'un déficit hydrique permet de retarder la fermeture des stomates, de maintenir le volume chloroplastique et de réduire le flétrissement foliaire (PASSIOUR, 2006).

Cette aptitude confère à la plante une meilleure tolérance au déficit hydrique interne (SONDIAKIA 2010)

1.5. Paramètres affectés par le stress hydrique

1.5.1 Effet de stress sur les paramètres morphologiques.

1. 5.1.1 Croissance végétative

Développement nutritionnel des plantes cultivées dans des conditions de limitation de l'eau qu'il est fortement perturbé (Cheves et al. 2002, Lebon et al. 2006). Nous visons à réduire considérablement la taille de la taille et du nœud. Nombre de feuilles ou de surfaces de feuilles (Lebon et al. 2006, Attias, 2007). Les plantes cibles de déficit des plantes accélèrent généralement leur vieillissement des feuilles. Et si l'eau est perdue trop importante, la mort cellulaire peut survenir. (Kramer et Boyer, 1995, Bouuechabke et al. 2006)

1.5.2. Effet de stress sur les paramètres la production

Les relations positives de type linéaire sont observées entre le rendement du tournesol et l'eau consommée (Merrien et al 1981). Selon la position dans le cycle de développement, la contrainte hydrique peut avoir des conséquences de nature et d'intensité variables. Tout dépend du composant du rendement mise en place à ce moment-là. D'akènes est fortement affecté su le déficit hydrique est subi en période végétative. En revanche, c'est plutôt leur pois qui diminué si le déficit a lieu après la floraison. A la floraison, un déficit hydrique réduit de plus de 30% le nombre de graine et de 20%leur moyen (Merrien et grandin, 1990).

1.5.3 Effet de stress hydrique sur le rendement

Les stress hydriques influencent les rendements ainsi que la composition biochimique des graines. Après la fécondation un stress hydrique réduit la taille des organes et si elle se poursuit pendant la phase de remplissage, elle leur composition. Les différents métabolismes étant inégalement effectués par le stress hydrique (le métabolisme carboné l'est davantage que le métabolisme azote). La concentration relatives des différents composés sont modifiée, un manque d'eau baisse des teneurs en amidon en huile des graines, et une augmentation des teneurs en protéines (Hireche 2006 ; INRA ; 2006).

1.5.4. Effet de stress hydrique sur les paramètres physiologique

1.5.4.1. Photosynthèse:

Influe sur la photosynthèse et la respiration, est la plus importante. Plusieurs travaux Parmi les modifications physiologiques liées au stress hydrique, la régulation stomatique qui permettent de voir comment les organes végétaux sont affectés par la sécheresse. La baisse du potentiel hydrique de la plante se traduit principalement par une diminution de la pression de turgescence puis une régulation stomatique. Donc un stress hydrique, en provoquant la fermeture

des stomates se traduit par un ralentissement de la photosynthèse en même temps que la transpiration (TEULAT et al. 1997).

1.5.4.2. Régulations stomatique

La régulation stomatique conditionne les échanges entre CO₂ et H₂O et par conséquent la croissance et la productivité des cultures (Ludlow et Muchow, 1990;Turner, 1997). La fermeture des stomates est une réponse momentanée après la diminution de la turbidité des feuilles, suivie d'une forte demande d'évaporation et de signaux chimiques générés par les racines (Cheves et al, 2009 ; Durand, 2007).

Cependant, la fermeture des stomates réduit l'assimilation du CO₂ et réduit inévitablement l'activité photosynthétique (Ludlow et Muchow, 1990).

1.5.5. Effet de stress hydrique sur les paramètres biochimiques

1.5.5.1. Accumulation de proline

Le Proline est une molécule organique dominante qui agit comme un médiateur de l'ajustement osmotique sous le stress, une stabilisation de structure subcellulaires, un puis d'énergie, et même une contrainte connexe de signal (Ronatain et al, 2002).Plusieurs auteure signalent l'interdépendance ce qui existe entre le stress hydrique et synthèse de la proline (Bender et al ,1991).

Ils indiquent la présence d'une corrélation positive entre le degré de tolérance à la sécheresse au moment de la cultivassions et la capacité d'accumuler une quantité importante de proline au cours du stress (kapuya et al .1985).

1.5.5.2. Acide Abscissique:

L'ABA est synthétisé par les organes vivant des végétaux sons stress (Mazliaka ; 1982). L'accumulation d'acide est identique dans la partie racinaire que dans la partie aérienne (vernieri et al, 1994).La concentration en ABA est bien corrélée avec la diminution du potentiel hydrique et de la pression de turgescence de la plante (Berger ,1973 ; Tardieu, 1996).

1. 5.5.3. Source soluble

Pour une fonction normale d'une cellule ou d'un organe, les sucres solubles sont indispensables (Nemouchi ; 2003). Le stress hydrique tend donc à induire une augmentation caractéristique de la teneur en saccharases dans les feuilles (Jones, Turner, Osmond, 1981).

L'accumulation des sucres solubles est un moyen adapté les plante en cas des Stress, afin de résistes aux conditions du milieu (Bajji et al).

Le Taux des sucres augmente considérablement chez des plantes soumises aux différents types de stress (Chunyag, 2001).

Les glucides ont un rôle fondamental dans la vie des végétaux. Ce sont des produits primaires de la photosynthèse et les composés à partir des quels sont synthésés les lipides et les protéines.

2. Généralités sur la culture de la pomme de terre

2.1. Définition de pomme de terre

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) est une plante vivace dicotylédone tubéreuse, herbacée, cultivée pour ses tubercules riches en amidon et possédant des qualités nutritives, originaire d'Amérique du Sud. Elle appartient à la famille des Solanacées, qui sont des plantes à fleurs, et partage le genre *Solanum* avec au moins 2 000 autres espèces, entre autres la tomate, l'aubergine, le tabac, le piment, et le pétunia (Boufares, 2012).

2.2. Historique et origine

2.2.1. Dans le monde

La pomme de terre existe depuis plus de 8 000 ans. D'après les recherches réalisées, l'Amérique du Sud serait la terre natale de ce légume. Au XVI^{ème} siècle, à la recherche de trésors et du pays d'El Dora do, les conquistadors espagnols ont découvert la pomme de terre dans les potages des indigènes. Dès lors, le précieux légume entrepris son périple vers l'Europe (ANONYME, 2000 a). Il passe en Italie et en Espagne à la fin du XVI^{ème} siècle, s'introduit en Angleterre, puis gagne l'Irlande. Dès le milieu du XVII^{ème} siècle, il est connu en Allemagne et de là, se propage vers l'Est, suivant les colonies Allemandes qui s'enfoncent dans les pays slaves et vers l'Ouest. Au début du XVIII^{ème} siècle, la plante fut introduite en Amérique du Nord (ANONYME, 2004 a).

2.2.2 Dans la wilaya d'Ain Defla

Introduite dans la région de Ain Defla dans les années 1970, l'exploitation du tubercule s'est développée à tel point que, aujourd'hui, les producteurs y sont trop à l'étroit. En fait, les opérateurs d'Ain Defla jouent un rôle pivot dans la filière Algérienne de la pomme de terre, multiplication de la semence, stockage, production... etc. Ils ont réussi à instaurer un véritable monopole. Une success-story qui a débuté au milieu des années 1970 grâce à un groupe de pionniers. « Ce sont des fellahs d'El-Abadia, une localité de la commune de Mekhatria, qui, les premiers, ont tenté de planter de la pomme de terre. Au début, ils n'ont fait que copier les agriculteurs de Mascara, commune longtemps considérée comme le berceau de la pomme de

terre en Algérie », indique Djilali Hadj, président de la chambre d'agriculture d'Ain Defla et lui-même producteur (AHMED BEY 2011). **2.3. Description botanique**

Elle est constituée de deux parties distinctes :

- Une partie aérienne (Tiges, feuilles, fleurs, fruits)
- Une partie souterraine (Racines, stolons, tubercules).
- Les tubercules constituent la partie la plus importante car elles représentent la partie consommée de la pomme de terre. Ce sont les bouts renflés des stolons, lieu de stockage des réserves. Leur grosseur, leur couleur et leur forme sont très variables allant de ronds au long et plus ou moins aplatis selon les variétés Ils sont composés de :
 - La peau : il s'agit de la couche de cellules minces protégeant le tubercule. Les lenticelles : elles sont distribuées à la surface de la peau pour échanges gazeux.
 - L'anneau vasculaire : c'est la partie où se termine au niveau des yeux (connexion

tubercule-plant)

- Une partie aérienne (Tiges, feuilles, fleurs, fruits).
- Une partie souterraine (Racines, stolons, tubercules).
- Les tubercules constituent la partie la plus importante car elles représentent la partie consommée de la pomme de terre. Ce sont les bouts renflés des stolons, lieu de stockage des réserves. Leur grosseur, leur couleur et leur forme sont très variables allant de ronds au long et plus ou moins aplatis selon les variétés Ils sont composés de :

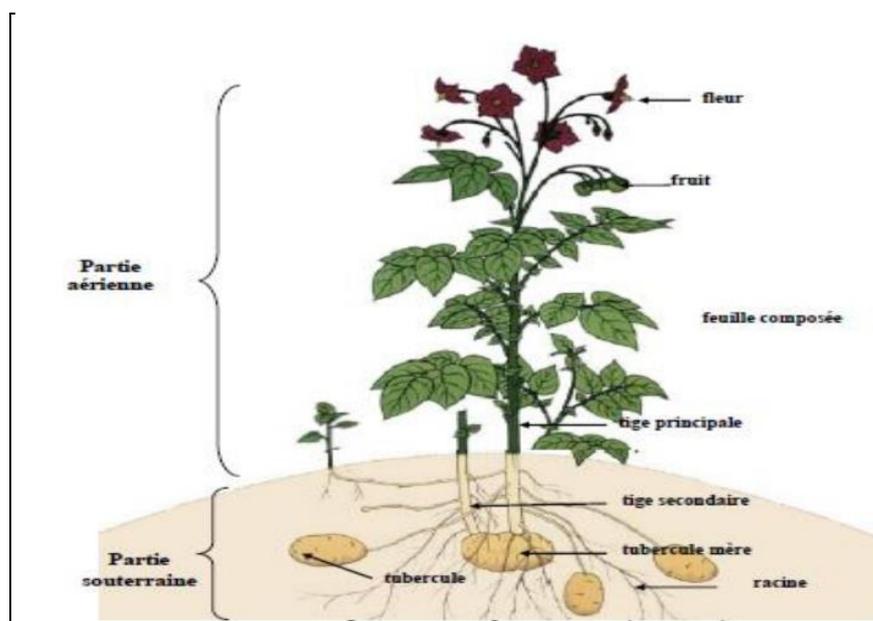


Figure 01: La plant de la pomme de terre (FAO, 2015)

2.3. Classification

HAWKES (1990) et d'après la classification botanique de LINNE (1753), la pomme de terre appartient au rang taxonomique suivant :

Règne : Métaphyses (Végétaux supérieurs)

Embranchement : Spermatophytes

Classe : Dicotylédone

Ordre : Sol anales

Famille : Solanaceae

Genre : Solanum

S/Genre : Petota

Série : Tube rosa

Espèce: SolanumtuberosumL.1753

2.4. Stades phrénologiques de la pomme de terre

Le cycle de développement de la pomme de terre s'effectue de trois à quatre mois Et se déroule en cinq phases principales à partir du tubercule germé (Ellis sèche, 1996).

2.4.1. La germination : Après la plantation du tubercule, en conditions favorables (température 18 à 20°C, et l'humidité relative 60 à 80%), ses germes s'allongent jusqu'au niveau du sol ce qui constitue « le stade levé ». En même temps, les racines commencent leur élongation et leur ramification. Pendant cette période, la plante est dépendante des réserves du tubercule mère.

2.4.2. La croissance : Les germes poursuivent leur croissance au-dessus du sol en devenant des tiges feuillées, ce qui rend la plante autotrophe. Les bourgeons aériens des tiges donnent des rameaux et les bourgeons souterrains donnent des stolons. Les températures élevées et les jours longs favorisent la croissance.

2.4.3. La tubérisation : Au bout d'un certain temps variable (selon les variétés et le milieu), les stolons cessent leur élongation et leurs extrémités se renflent pour former les ébauches des tubercules.

2.4.4. Le grossissement des tubercules : Cette phase est caractérisée par l'augmentation des grains d'amidon. Elle s'arrête pendant la sénescence de la plante.

2.4.5. La sénescence : La sénescence se traduit par le jaunissement progressif des feuilles, de la base vers le sommet de la plante et conduit au dessèchement total du système aérien. Ces différentes phases sont sous l'influence du tubercule mère à travers son âge physiologiques son calibre et sous la dépendance de la lumière à travers son effet photopériodique et son intensité.

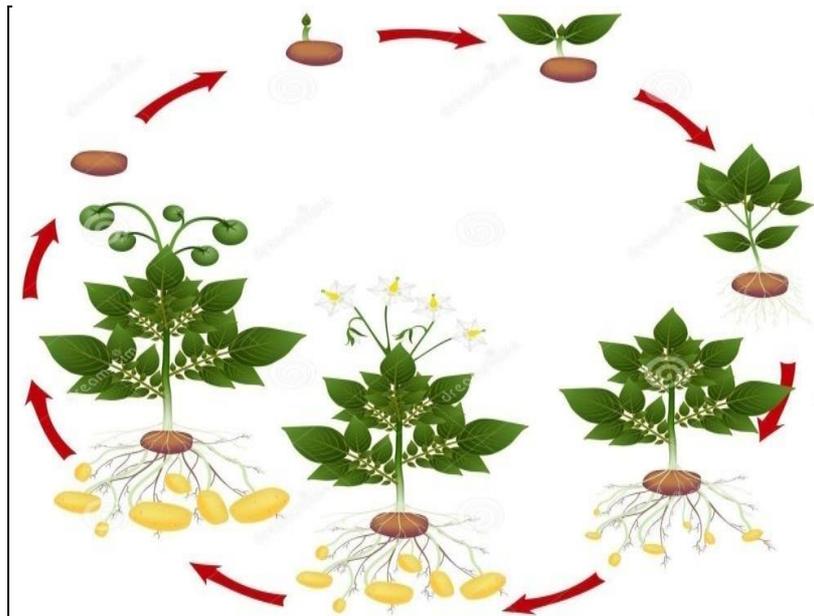


Figure 02 : Cycle développement de pomme de terre (Rousselle et al ; 1996).

2.5. Importance économique de la pomme de terre

La pomme de terre est la première culture maraîchère par ordre d'importance. Elle occupe une place privilégiée dans nos rations culinaires par sa grande diversité d'emploi et par ses excellentes qualités tant gustative que technologique.

2.5.1. Importance économique dans le monde.

La culture de pomme de terre représente un secteur économique important au niveau international. En 2017, la production mondiale de pomme de terre est estimée à 388,19 millions de tonnes pour une superficie cultivée de 19,3 millions d'hectares, ceci lui confère la cinquième place après la canne à sucre, le maïs, le blé et le riz. Le rendement moyen est plus de 20,1 tonnes par hectare. Les trois premiers pays producteurs dans l'ordre ; la Chine, l'Inde et la Russie avec une production respectivement de 99,29, de 48,60 et de 29,59 millions de tonnes.

La consommation mondiale moyenne de ce légume est de l'ordre de 31 kg/habitant/an (FAOSTAT, 2019)

2.5.2. Importance économiques en Afrique.

La pomme de terre est très diversement cultivée en bordure de la mer méditerranée, on trouve les deux principaux producteurs africain ; l'Egypte avec 4,8 millions de tonnes où une partie de la production (primeur) part à l'exportation et l'Algérie avec 4,6 millions de tonnes où le produit est classé comme «aliment stratégique » (FAOSTAT, 2020). Les autre pays d'Afrique du Nord sont également des producteurs et consommateurs importants (Maroc, Tunisie). Dans l'hémisphère Sud on notera également une production

importante en Afrique du Sud qui est classé en troisième position avec 2,4 millions de tonnes (FAOSTAT ;2020).

Le tableau 2 présent les principaux producteurs de la pomme de terre en Afrique en 2018.

Tableau 2. Production et superficie de la pomme de terre dans les principaux pays producteurs en Afrique en 2018(FAOSTAT, 2020).

Pays	Superficie (hectares)	Production (tonnes)
Egypte	176 670	4 896 476
Algérie	149 665	4 653 322
Afrique du Sud	68 277	2 467 724
Kenya	217 315	1 870 375
Maroc	62 033	1 869 149
Nigéria	371 341	1 363 358
Rwanda	92 800	847 302
Angola	131 403	806 552
Ethiopie	66 933	743 153
Ouganda	37 754	162 151

2.5.3. Importance économiques en Algérie

La pomme de terre est l'un des produits les plus importants pour l'alimentation de la population algérienne : elle occupe la deuxième place après le blé. Après que *Solanum tuberosum* L. fut introduite en Algérie au milieu XVIème siècle, l'essentiel de la production était expédié en France. En 1962, lorsque le pays acquit son indépendance, il produisait 250 000 tonnes par an et en exportait environ le tiers. Depuis, la pomme de terre est devenue une des principales cultures destinées à la consommation domestique et en 2006, la production a atteint le chiffre record de 2,18 millions de tonnes. La superficie cultivée est de 100 000 ha, et la pomme de terre peut être plantée et récoltée dans n'importe quelle région, en fonction des saisons. La pomme de terre est surtout cultivée sur la côte méditerranéenne, qui jouit d'un climat tempéré propice à sa culture tout au long de l'année. La production en 2012/2013 toute catégorie de pommes de terre confondues se situe autour de 4,5 millions de tonnes dont 0,45 millions de tonnes de semences pour une superficie de l'ordre de 125.000 hectares (Fig. 2). Le rendement moyen en Algérie, toutes tranches de culture confondues, se situe autour de 28 tonnes par hectares, avec des records pouvant atteindre 60 tonnes par hectare. Les principales zones de production de pomme de terre en Algérie sont; El-oued, Ain-Defla, Mascara et la wilaya de Mostaganem.

Tableau 3. Evolution de la production, superficie et rendement de la pomme de terre en Algérie durant la période allant de 2006 à 2018 (FAOSTAT, 2020).

Année	Superficie (hectares)	Production (tonnes)	Rendement (Qx /ha)
2006	98 825	2 180 961	220,6
2007	79 339	1 506 859	189,9
2008	91 841	2 171 058	236,3
2009	105 121	2 636 057	250,7
2010	121 996	3 300 312	270,5
2011	131 903	3 862 194	292,8
2012	138 666	4 219 476	304,3
2013	161 156	4 886 538	303,2
2014	156 179	4 673 516	299,2
2015	153 313	4 539 577	296,1
2016	156296	4758137	306 ,1
2017	156296	4606403	309,7
2018	149665	4653322	310,9

2.5.4. La production de La pomme de terre Ain Defla.

Superficie Agricole Totale in Ain Defla est 235.611 Ha avec Superficie Agricole Utile 181.676 Ha La superficie totale plantée pour les pommes de terre en 2019/2020 s'élevait à 13,850 hectares et la superficie des semences étaient de 9 370 hectares. Environ 4,495836 quintaux et 2,279486 pour les semences ont été produits. La superficie de la pomme de terre de semence a connu une diminution de 3150 Ha par rapport à la campagne précédente, alors que celle de la consommation a augmenté de 592.9 Ha Quant à la saisonnalité, les superficies cultivées s'élevaient à environ 7.700 hectares et 5.570 hectares de semences, ces dernières ont produit 2.852.019 quintaux. Quant aux semences, la production s'est élevée à 1.175.669. La superficie cultivée pour la production arriéré saison s'élevait à 6.150 hectares et 3.800 hectares pour les semences, qui ont produit environ 1643817 quintaux, tandis que pour les semences, 703817 quintaux ont été produit (DSA 2021).

Chapitre II Généralités sur le stress hydrique et culture pomme de terre

Tableau 04 : Superficie cultivée et la production dans consommation et multiplication l'état pour l'année 2019/2020(saisonnier et non saisonnier).

Arrière- saison					
Superficie récoltée(Ha)			Production(Qx)		
Consommation	Multiplication	Total	Consommation	Multiplication	total
1828	2672	4500	886580	697420	1584000
Saison					
Superficie programmée(Ha)			Prévisions production (Qx)		
Consommation	Multiplication	Total	Consommation	Multiplication	total
2000	5000	7000	1120000	1250000	1.370000

SOURCE : (DSA 2021)

Les variétés	Saison	La variété	Arrière saison
Spunta	3534	Spunta	1597,5
Kondor	52 ,5	Kondor	22
Bartina	518,5	Bartina	176 ,5
Désirée	105	Désirée	55
Kuroda	51,5	Kuroda	101
Synergie	112	Argos	6
atlas	95	mou phis	30
Arizona	397	évolution	32
Floris	4	Faluka	-
Elime do	-	royal	160
Manitou	106	synergie	137
Memphis	-	Sarpomira	54
Royal	167 ,5	Floris	46
Yona	-	Rodolphe	320
Fabula	21	manitou	161
Argos	67	Arizona	936
Cimeg	22	Senna	54

Gronos	10	Amorosa	
--------	----	---------	--

Source : (DSA, 2021).

2.6. Variétés de la pomme de terre.

Bien que les pommes de terre cultivées dans le monde entier appartiennent à la même espèce botanique, *Solanum tuberosum*, il existe des milliers de variétés, qui sont très différentes de par leur taille, leur forme, leur couleur, leur usage culinaire et leur goût (Diouf, 2009).

2.6.1. Pomme de terre primeur :

Limiter le nombre de tubercules au profit de leur grosseur et d'une extrême précocité, les principales variétés utilisées sont neola, Diamant, Roseval, Yasmina, Timate et Charlotte...etc.

2.6.2. Pomme de terre plant :

Nombre élevé de tubercules de calibre moyen et d'une bonne Précocité.

2.6.3. Pomme de terre de consommation (marché du frais) :

Un nombre élevé de Tubercules d'un calibre moyen à grand, sans toutefois dépasser le calibre supérieur. Les variétés les plus utilisées sont Désirée, Spunta, Diamant, Lisetta et Kondor.

2.6.4. Pomme de terre de consommation (transformation industrielle) :

Un rendement Élevé en tubercules et amidon (Belguendouz, 2012). En Algérie les variétés inscrites aux catalogues sont: Spunta (B), Fabula(B). Nicola (B), Diamant (B), Timate (B), Atlas (B). Bartina (R), Désirée(R), kondor(R) (ITCMI, 2010). B=Blanche, R=rouge. (Anonyme, 2010).

2.7. Exigences écologiques de la pomme de terre:

2.7.1 Exigences climatiques :

La pomme de terre est une plante rustique qui est susceptible de se développer dans, des régions variées et dans des milieux forts différents mais sa préférence est aux conditions écologiques assez précises, c'est sous le climat tempéré humide qu'elle réussit le mieux et assure les meilleures récoltes .(Laumonier, 1979)

2.7.1.1. Température

Elle influence beaucoup le type de croissance. Les hautes températures stimulent la croissance des tiges; par contre, les basses températures favorisent davantage la croissance du tubercule (Rousselle et al. 1996).

Chapitre II Généralités sur le stress hydrique et culture pomme de terre

La pomme de terre est très sensible au gel. Le zéro de végétation est compris entre 6 et °C8. Les températures optimales de croissance des tubercules se situent aux alentours de 18°C le jour et 12°C la nuit. Une température du sol supérieure à 25°C est défavorable à la tubérisation (Toumi, 2014).

2.7.1.2. Lumière

La pomme de terre est une plante héliophile. La croissance de la pomme de terre est favorisée par la longueur du jour élevée (14 à 18h). La tubérisation est plutôt favorisée par des jours courts (**Inférieur à 12h**) (CHABBAH, 2016).

2.7.1.3. Humidité

La pomme de terre est une culture exige une humidité abondante et régulière. La plante a besoin de grandes quantités d'eau, parce que 95% de l'eau absorbée par les racines passent dans l'air par transpiration (ABD EL MONAIM, 1999). Dans des meilleures conditions, la pomme de terre utilise 300 grammes d'eau pour former un gramme de matière sèche en période de forte tubérisation. C'est jusqu'à 80 m³ d'eau par hectare et par jour qui peuvent lui être nécessaires (CHERIER et REZZAG, 2017).

2.7.2. Exigences édaphiques

2.7.2.1. Structure et texture du sol :

La plupart des sols conviennent à la culture de la pomme de terre à condition qu'ils soient bien drainés et pas trop pierreux. Les sols préférés sont ceux qui sont profonds, fertiles et meubles. En général, la pomme de terre se développe mieux dans des sols à texture plus ou moins grossière (texture sablonneuse ou sablo-limoneuse) que dans des sols à texture fine et battante (texture argileuse ou argilo-limoneuse) qui empêchent tout grossissement de tubercule (Toumi, 2014).

2.7.2.2. Potentiel hydrogène (pH)

Dans les sols légèrement acides ($5,5 < \text{pH} < 6$), la pomme de terre peut donner des bons rendements. Une alcalinité excessive du sol peut causer le développement de la galle commune sur tubercule (BAMOUEH, 1999).

2.7.2.3. Salinité

La pomme de terre est relativement tolérante à la salinité par rapport aux autres cultures maraîchères. Cependant, un taux de salinité élevé peut bloquer l'absorption de l'eau par le système racinaire (Bamouh, 1999). Lorsque la teneur en Cl^- est élevée, le point de flétrissement est atteint rapidement. On peut réduire la salinité d'un sol en le lessivant avec une eau d'irrigation douce (CHERIER et REZZAG, 2017).

2.7.3. Exigences hydriques

Les besoins en eau de la pomme de terre varient au cours du cycle végétatif. Ils sont surtout importants au moment de l'initiation des tubercules. Un stress hydrique se manifestant à ce stade

peut entraîner une réduction du nombre d'ébauches formées par plante, consécutive à une réduction du nombre de stolons formés par tige (Rousselle et al. 1996).

Chapitre III

**Présentation générale de la zone
d'étude**

1.1. Situation géographique.

La plaine de Khemis Miliana appartient aux sous bassins du Haut Cheliff n°: 01-15, 16 et 17, Comme le montre la **Figure 01**, elle couvre une superficie de 359 Km² et un périmètre de 159 Km, caractérisée par une altitude moyenne de 270 m. Elle constitue l'un des plus grands réservoirs d'eau souterraine de la région. Elle est située entre les latitudes (36°18' - 36°6') N et les longitudes (2°-2°27') E, limitée au Nord par le massif du Zaccar (1576 m), et au Sud par les premiers reliefs du l'Ouarsenis, on y pénètre l'Est par le seuil de Djendel, et on en sort l'Ouest par le seuil de Doui (Meziane and Bong, 2013).

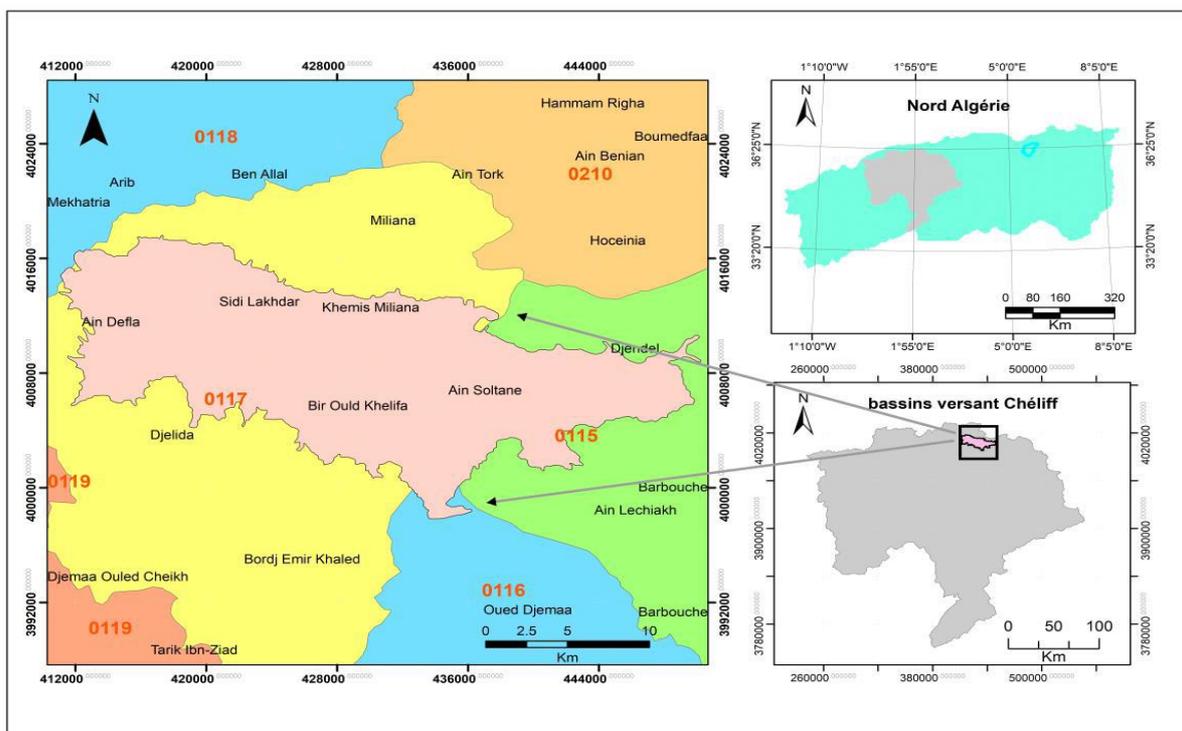


Figure 01 : Carte de localisation de la zone d'étude.

1.2 : Habitat :

La population dans la plaine de Haut Cheliff à la fin de 2011 est estimée de 248 178 habitants avec un taux d'accroissement de 1,3%. Dont 82 ,55% sont concentrés agglomérée et 17,45% uniquement en zone rurale. En 2015 la population a passé aux 528 227 habitats, avec un taux d'accroissement de 8%, avec ce dernier cette population peut atteindre les 609 980 habitas à l'horizon 2020.

Cette population est concentrée surtout dans les agglomérations qui sont situées au Nord de la plaine, les plus importantes sont respectivement d'Est en Ouest : Djendel, Ain Sultan, Khemis Miliana, Sidi Lakhdar et les Aribes, tandis qu'au Sud de la plaine la densité des agglomérations est minime et moins dense, les plus importantes agglomérations sont Djelida et Bire Oued Khalifa. (SOURCE : DLEP)

1.3. Relief :

La plupart des facteurs météorologiques (précipitations, températures) et hydrologiques sont en fonctions de l'altitude, d'où l'importance de connaître la répartition des surfaces en fonction de l'altitude. La répartition des altitudes d'élévation est représentée ci-dessous :

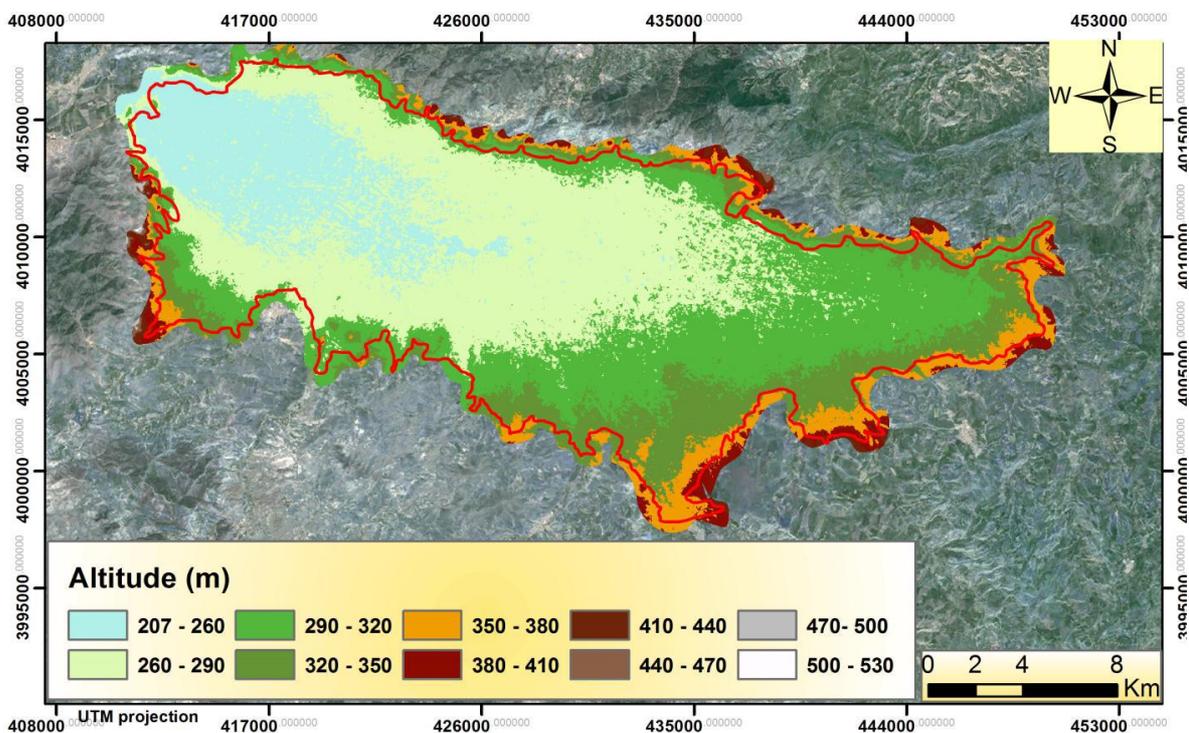


Figure 02 : Représentation des altitudes d'élévation de la Plaine de Khemis Milian

La plaine est caractérisée par une altitude moyenne de 300 m, une altitude maximale de 529 m, tandis que l'altitude minimale a été signalée de 207 m.

1.4.Réseau hydrographique :

La plaine du Haut Chélif située entre les montagnes du Zaccar et Dahra au Nord et l'Ouarsenis au Sud est une région principalement à vacation agricole, traversée par l'oued le plus

important d'Algérie " l'Oued Chélif ". Dans la plaine du Haut- Chélif, Oued Chleff partage ce périmètre en deux rives : la rive droite couvre 11303 ha, tandis que la rive gauche ne fait que 9730 ha. Les principaux Oueds qui convergent vers la plaine sont :

- **Oued Souffay** : Qui draine le secteur Nord-est des monts du Zaccar et reçoit les eaux Ruisselée de la ville de Khemis
- **Oued Boutane** : Qui collecte des eaux provenant du secteur Nord du Zaccar, puis Traverse la plaine ou il présente, par endroits, des intercommunications avec la nappe alluviale Avant de rejoindre l'Oued Chleff à l'Ouest de la plaine.
- **Oued Deurdeur** : qui prend sa source dans les amonts d'Ouarsenis au Sud du secteur D'étude. Il traverse la plaine sur plusieurs Kilomètre avant de confluer avec l'Oued Chélif.
- **Oued Harreza** : est également un Oued du Sud (Ouarsenis), il est caractérisé par un Débit élevé du fait de l'impluvium. Dans la partie aval, il s'écoule dans la plaine ou il présente Un inféroflux en relation avec la nappe alluviale et rejoint plus en aval l'Oued Chleff.
- **Oued Massine** : sa direction d'écoulement est SSE-NNO, il alimente la partie sud de la Plaine.

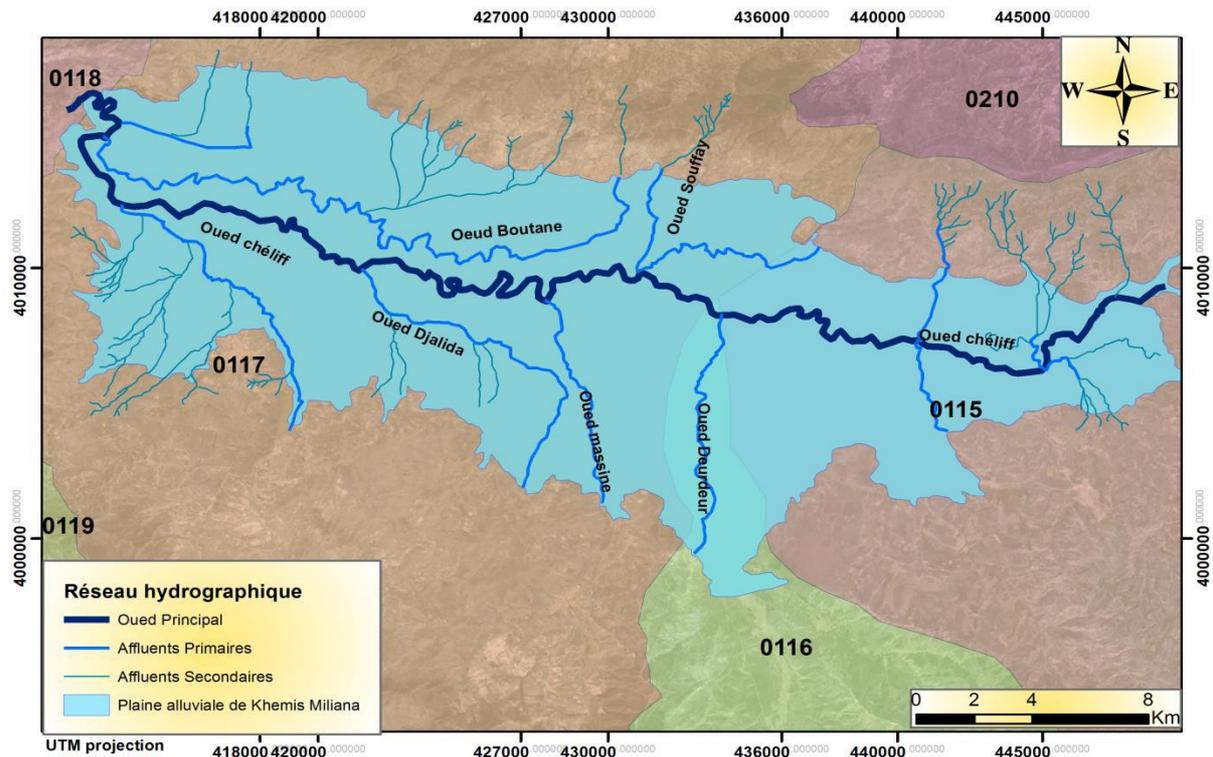


Figure 03 : Réseau hydrographique de la Plaine de Khemis Miliana

1.5. Les ressources en eaux superficielles

Le périmètre du Haut Chélif développé entre Djendel à l'amont et Ain Defla à l'aval est essentiellement irrigué par les seuls barrages de Ghrib et de Deurdeur, les lachures de Harreza se font en aval des stations de pompage qui assurent l'acheminement des eaux dans les réseaux d'irrigation.

1.1.5. Barrage Ghrib

Le barrage Ghrib est implanté sur l'Oued Cheliff. Il est situé dans la commune de l'Oued Chorfa (Wilaya de Ain Defla). Il alimente le réseau d'irrigation de la plaine du Haut Cheliff et alimente trois wilayas (Alger, Médéa et Ain Defla) en eau potable, sa capacité est de 186.320 Hm³ avec 82 Hm³ de volume régularisé (Djezzar M, 2008)

1.2.5. Barrage Harraza

Il a été mis en eau en 1984, sa capacité est de 76.650Hm³, il sert de régulateur lors des étiages de l'Oued Cheliff (Djezzar M, 2008). Actuellement il sert comme ouvrage de stockage des eaux qui sont soit pompées à partir de l'Oued Cheliff à l'aide de la station de pompage Khemis II ou dérivées de l'Oued Deurdeur a l'aide du seuil de Kaf El Agab

1.3.5.Barrage Deurdeur :

Il est construit en 1980 à 1984, sur l'Oued Deurdeur, la fonction (l'usage) de ce barrage est un ouvrage d'alimentation en eau d'irrigation, industrie et alimentation en eau potable. La capacité est de 105.120 Hm³ avec 44Hm³de volume régularisé.

2.L'étude climatologique :

La connaissance exacte des différents paramètres caractérisant le climat de la zone étudiée est indispensable car ils nous permettront de mieux cerner les contraintes naturelles susceptibles de compromettre le développement de l'agriculture (Dut hi, 1971).

Les stations climatiques existantes, susceptibles d'être considérées comme représentatives de la région d'étude, et possédantes des données fiables sont celles de HARRAZA et l'ITGC. Dont les caractéristiques sont portées dans le tableau suivant

Tableau 05 : Caractéristiques géographiques de la station de Harraza

Station	Code	X (Km)	Y (Km)	Z (m)	Pm mm
Harraza	01-17-18	455.350	321.400	315	373.52

Les données de l'humidité et d'ensellement sont celles de la station ITGC dont les caractéristiques sont les suivants : Longitude (2.14°E), latitude (36.16°N), l'altitude (289).

2.1. Précipitation

On dispose de données pluviométriques sur une période de 27 ans, les données disponibles relatives à ces stations nous ont permis de caractériser notre région. Du point de vue apport en eau météoriques et particulièrement pour la période (1987-2018).

2.1.1. Etude de la pluviométrie annuelle

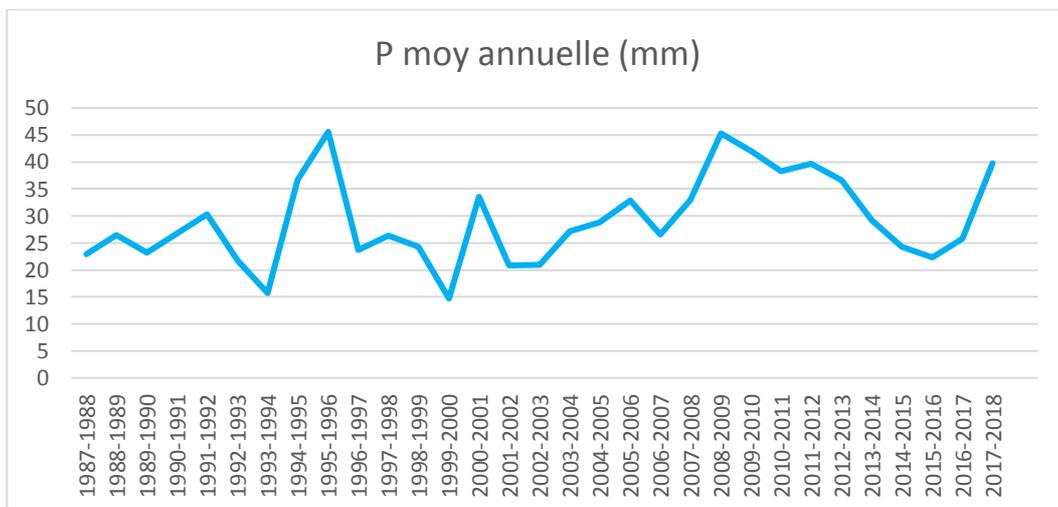


Figure 02: Evolution des précipitations moyennes annuelles (1987/2018)

La variation des précipitations annuelle au niveau de station Harraza durant la période allant de 1987 à 2018 indique que :

- la précipitation moyenne annuelle est de 350.54mm.

-La valeur minimale est de 176.6 mm a été enregistrée durant l'année 1999-2000.

-La valeur maximale est de 543.9 mm a été enregistrée durant l'année 2008-2009.

2.1.2. Etude de la pluviométrie moyenne mensuelle :

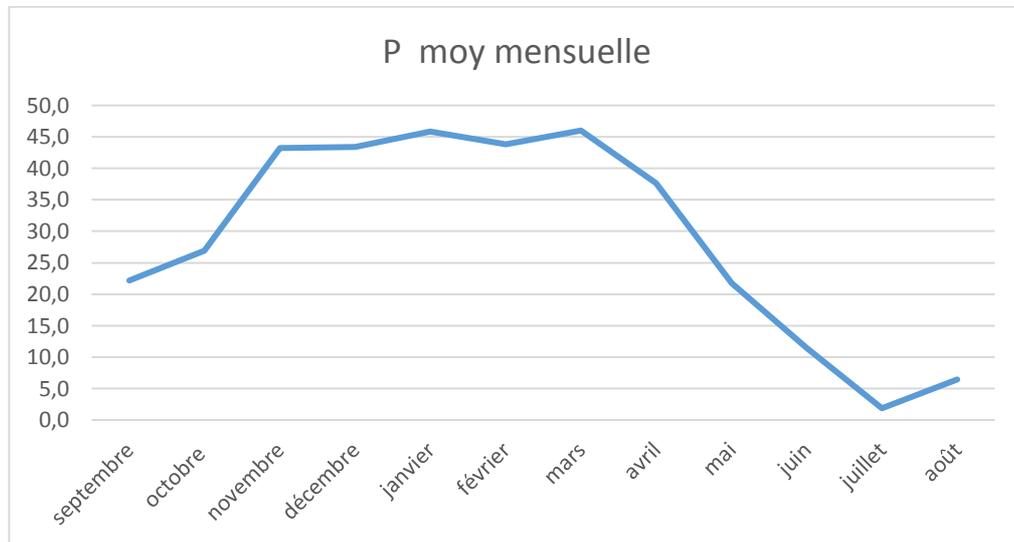


Figure 03 : Evolution des précipitations moyennes mensuelles (1987-2018)

L'analyse des précipitations moyennes mensuelles nous a permis de constater que la répartition est caractérisée par deux saisons bien distinctes :

- Une saison humide d'octobre en mai, où la pluviométrie atteint en moyenne 85% des précipitations totales annuelles, avec un maximum enregistré en mois de novembre (45.36 mm).
- Une saison sèche qui dure quatre (04) mois : de juin à septembre, avec un minimum de 2.23 mm en juillet

Le passage vers la saison sèche s'effectue au début du mois de Mai, et la reprise de la saison humide, se fait à la mi-octobre. La pluviométrie atteint son maximum au mois de novembre, tandis que les précipitations sont très faibles ou presque nulles aux mois de juillet et août.

2.2. Température

Les températures extrêmes et moyennes de la région d'étude de (1987-2015) sont représenté dans le tableau suivant :

Tableau 06 : Températures extrêmes et moyennes mensuelles en °C (1987-2018)

	sept	oct.	nov.	déc.	janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	Aout
T_{e min}	16,9	12,3	7,1	4,2	3,3	4,1	7,0	8,3	10,8	15,7	20,8	21,2
T_{moy}	25,0	20,5	14,2	10,4	9,4	10,5	13,2	15,6	20,3	25,0	29,4	29,6
T_{max}	35	29,814	23,11	17,641	15,866	17,886	23,145	24,296	30,738	36,869	37,921	38,621

Avec :

T_{moy} : moyenne mensuelle des températures.

T_{min} : moyenne mensuelle des températures minimales.

T_{max} : moyenne mensuelle des températures maximales.

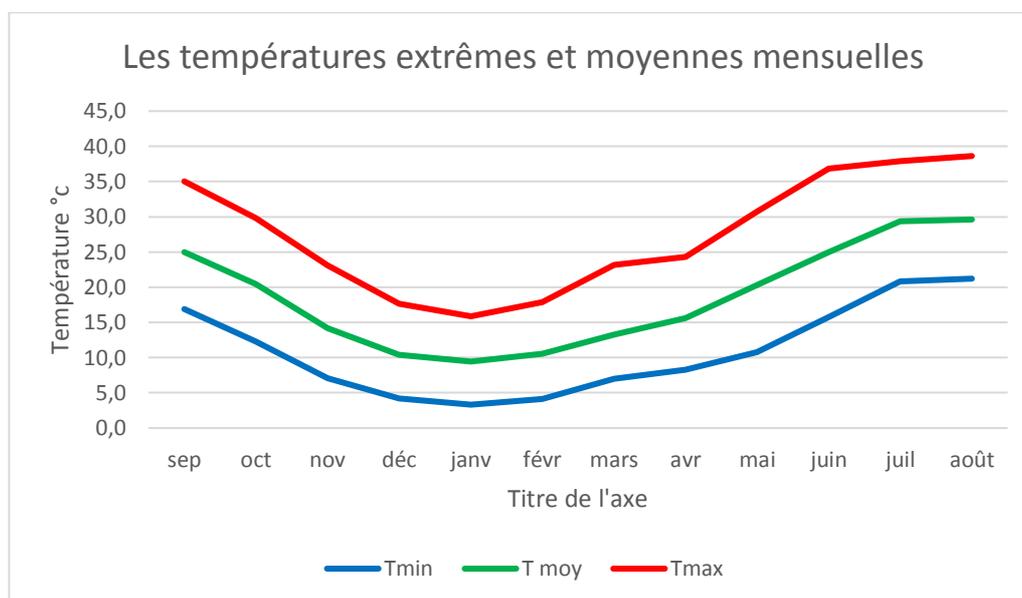


Figure04 : Les températures extrêmes et moyennes mensuelles (1987-2018)

La moyenne des températures du mois le plus froid est de 3,3 °C en janvier, celle du mois le plus chaud est de 38,61°C en août.

Nous distinguons deux périodes dans l'année : une saison froide de novembre à avril et une saison chaude qui s'étend de mai en octobre.

2.3. Evaporation

L'évapotranspiration est un facteur important dans le bilan hydrologique. C'est un paramètre essentiel pour l'évaluation des besoins en eau des cultures, et par conséquent pour la demande en eau à prendre en compte dans la planification (AithassouL, 2013)

Tableau 07: L'évaporation moyenne mensuelle en mm (1987-2018)

Mois	sept	oct.	nov.	déc.	janv.	févr.	mars	avril	mai	Juin	juil.	août
Evaporation (mm)	197,4	131,9	72,1	50,2	43,2	59,3	89,7	107,4	158,4	225,7	301,7	282,4

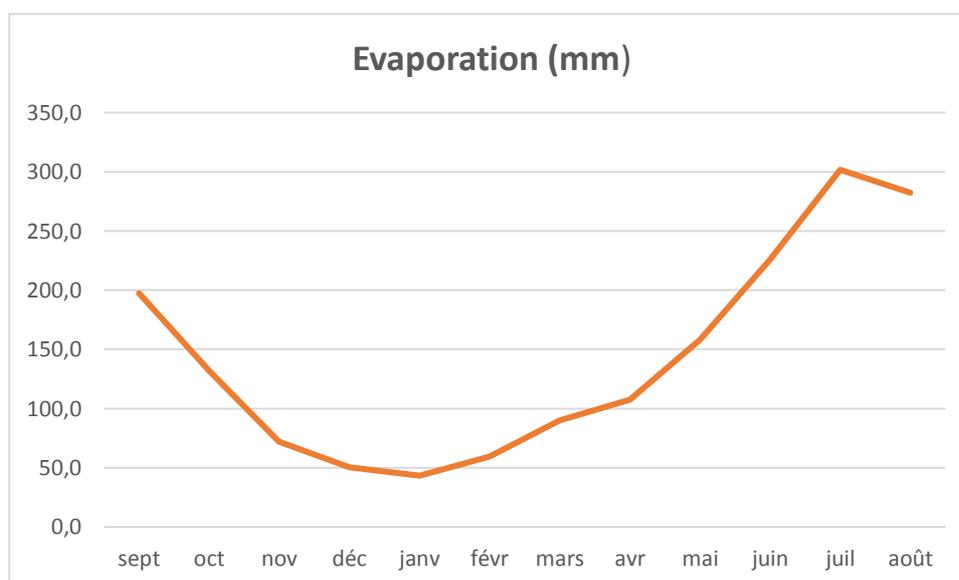


Figure05 : L'évaporation moyenne mensuelle (1987-2018)

D'après le tableau :

-La valeur maximale de l'évaporation est enregistrée dans le mois de juillet, elle atteint 301.7mm.

-La valeur minimale de l'évaporation est enregistrée dans le mois de janvier, elle est de 43.2mm.

2.4. Le vent

Le vent a une influence directe sur les sols, la végétation et d'autres facteurs tels que la précipitation et évapotranspiration. Il intervient aussi dans le choix du système d'irrigation. L'étude de vent est indispensable pour l'estimation des besoins en eaux d'irrigation ; il convient de connaître leur répartition mensuelle, leur vitesse, leur fréquence et leur direction (André H, 2005).

L'existence de hautes et de basses pressions est à l'origine de vent, on le caractérise par sa direction et la vitesse de sa composante horizontale (M. Vilain ; 1987).

Particulièrement dans les régions où soufflent des vents réguliers, le vent est un agent d'évaporation qui risque d'augmenter les dégâts causés par l'échaudage. Il peut assurer le transport des semences de mauvaises herbes ou également favoriser la verse des céréales (J.Eliard, 1987).

Le vent est un des facteurs qui peuvent intervenir dans la pollinisation (l'autopollinisation passive).

Le tableau ci-dessous représente les valeurs mensuelles de la vitesse moyenne du vent en km/h de (1987/2018).

Tableau 08 : Vitesse moyennes mensuelles du vent en Km/h (1987-2018)

Mois	sept	oct.	nov.	déc.	janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août
Vitesse du vent (km/h)	2,88	2,68	3,09	3,33	3,88	3,90	3,31	2,89	3,31	2,89	2,89	3,12

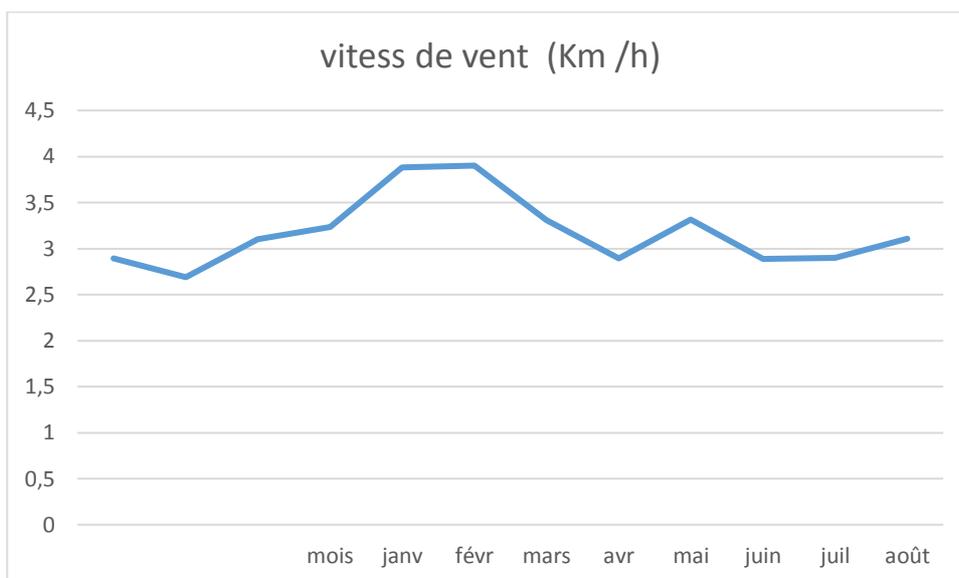


Figure 06 : Vitesses moyennes mensuelles du vent (1987-2018)

D'après le tableau :

La vitesse maximale est de 3,90 km/h, elle est observée au mois de février.

La vitesse La minimale est de 2.68 km/h, elle est observée au mois d'octobre.

2.5. Humidité relative

C'est le pourcentage de vapeur d'eau dans l'air par rapport à celle qu'il pourrait contenir à la même température. Elle nous ressorte une approche sur l'état hygrométrique de l'air (D.Soltner; 1984).

Le tableau suivant représente l'humidité relative moyenne mensuelle au niveau de la station ITGC pour la période (1975-2006).

Tableau 09: d'humidité relative (%) de la station ITGC de Khemis Miliana (1975-2006)

Mois	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avril.	Mai.	Juin.	Juil.	Août.	Moy
H (%)	34.3	65.2	72.7	70.4	71.5	70.2	59.2	54.6	55.3	51.1	51.9	66.1	60.2

D'après le tableau

-La valeur maximale de l'humidité relative moyenne mensuelle est observée au mois de novembre avec une valeur de 72.7%.

-La valeur minimale est observée durant le mois de septembre avec une valeur de 34.3%.

-L'humidité relative moyenne de la région d'étude est autour de 60 %.

2.6. Synthèse climatique

Pour restituer le caractère global du climat d'un lieu on utilise des indices ou des représentations graphiques pour les éléments climatiques considérés comme déterminants. Les indices climatiques sont plus adaptés pour caractériser le climat général. Par contre les représentations graphiques permettent de traduire les régimes climatiques (M. Vilain ; 1987)

2.6.1. Diagramme ombrothermique de baignoles et gaussen

Le diagramme ombrothermique de Gaussen est un graphique climatique qui représente les variations mensuelles, sur une année, des températures et des précipitations. Il est principalement adapté aux climats relativement tempérés et donc aux latitudes moyennes de l'hémisphère Nord. Il fut conçu par le botaniste Henri Gaussen (1953) afin de faire apparaître les périodes ayant une influence favorable ou défavorable sur la végétation en fonction de l'évapotranspiration. Bagnouls et Gaussen (1953) ont caractérisé un mois sec par la relation :

$$P \leq 2T, \text{ avec : } T = (M+m)/2.$$

Avec :

M : Température maximale

m : Température minimale

Le cumul des mois secs constitue la saison sèche.

Quand la ligne des précipitations est en dessous de celle des températures, le mois est sec. Ces diagrammes permettent de calculer très facilement le nombre des mois secs, les saisons sèches et de comparer d'une manière élégante les régions à climat semblable (André H, 2005).

D'après Gaussen, on a les climats suivants :

- Désertique : plus de 300 jours secs.
- Subdésertique : de 200 à 300 jours secs.
- Tropical a une saison sèche ou a deux saisons sèches (on fait la somme des deux) : de 100 à 200 jours secs.
- Subéquatorial ou tropical atténué : moins de 100 jours secs.
- Équatorial : pas de jours secs

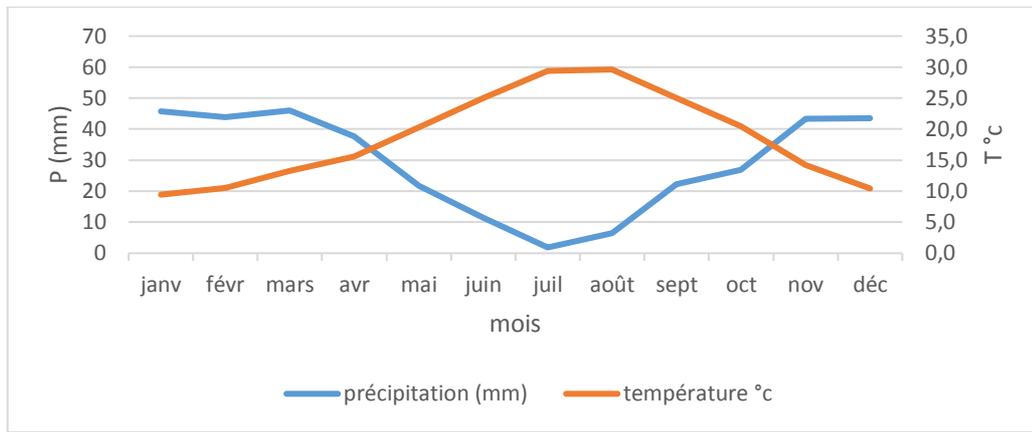


Figure08 : Diagramme de Gaussen pour la plaine d'El Khemis

Il ressort que pour la station de Harraza, **la période sèche** s'étale de la fin Avril jusqu'à le mois d'octobre, soit 6 mois pendant lesquels l'irrigation est indispensable pour compléter les besoins en eau des cultures.

2.6.2.Indice d'aridité de De Martonne

Cet indice permet de caractériser le pouvoir évaporant de l'air à partir de la température

IDM = P/(T+10) (De Martonne.1926)

IDM : Indice de De Martonne ;

P : Précipitation cumulée annuelle en mm ;

T : Température moyenne annuelle en °C.

Donc : IA=350.54/29.21+10=22

Tableau 10 : Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice de De Martonne

Valeur de l'indice	Type de climat
0 < IDM < 5	Désertique
5 < IDM < 10	Aride
10 < IDM < 20	Semi-aride
20 < IDM < 30	Semi-humide
30 < IDM < 55	Humide

D'après les données de la station météorologique, on a P=350.54mm et T=29.21°C, donc la valeur de IDM est égale à 22 qui nous informe que notre région est dominée par un climat de type semi-aride, et donc l'irrigation est souvent indispensable.

3. Contexte géologique

La plaine de haut Chélif forme un synclinal d'orientation ouest-est dans l'Atlas Tellien. La succession stratigraphique dans la zone d'étude des formations plus anciennes aux formations récentes est la suivante (Bouderbala and Gharbi, 2017).

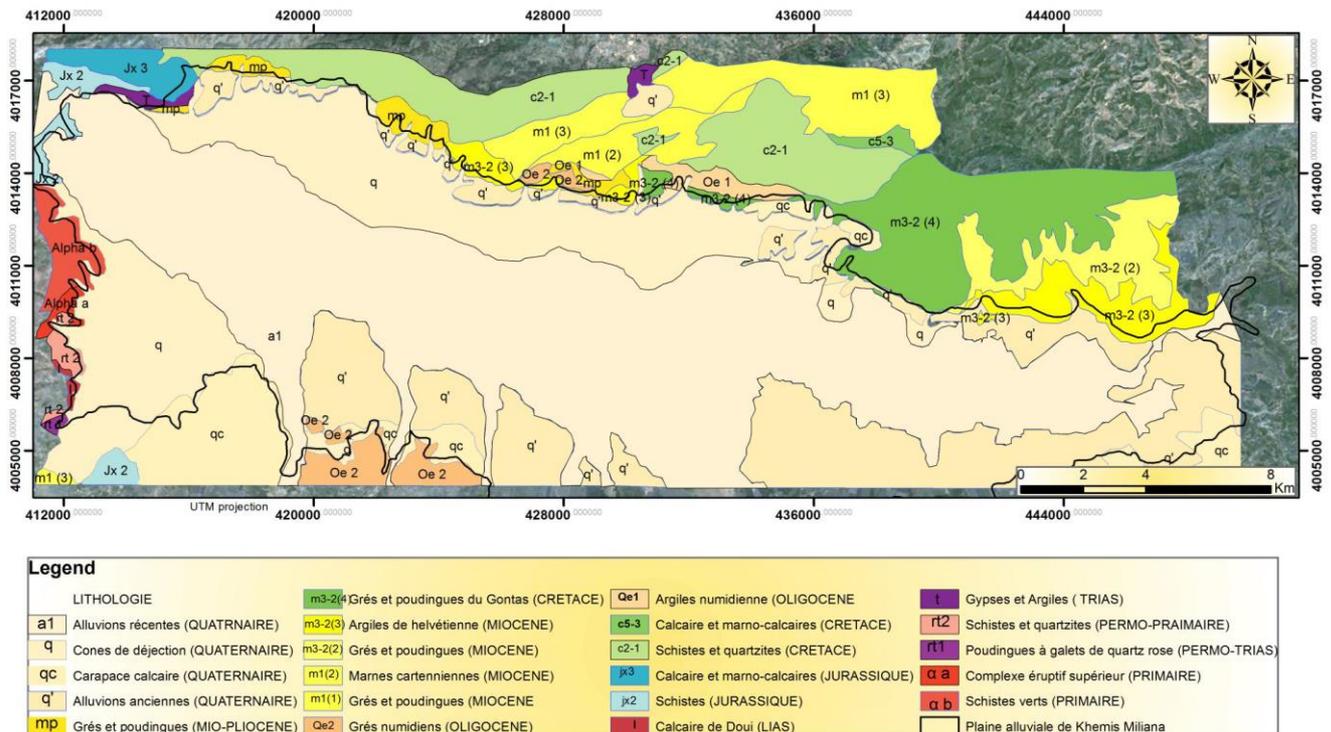


Figure 09: Carte géologique de la plaine du Haut Cheliff. (Perrodon, 1957).

Le primaire est observé dans le massif de Zaccar et de Doui, et il est formé par l'alternance de schiste noir, d'argile et de quartzite. Il est surmonté par le Trias qui se caractérise par des formations massives de gypse et de dolomite, observées dans le Montagne Ouarsenis. Le Jurassique du massif du Zaccar est représenté par le calcaire, la dolomite et d'autres roches carbonatées. Cependant, les formations jurassiques du massif de Doui sont principalement constituées de calcaire dolomitique. L'épaisseur de Jurassique peut atteindre 1000 m. Les affleurements crétacés sont observés sur les bords latéraux de la plaine, et ils sont principalement représentés par une haute série de schistes néocomiens d'une épaisseur d'environ 1000 m et un schiste gris alternant avec des bancs de quartzite d'Albain-Aptien, d'une épaisseur proche de

1000 m, et il est suivi par le calcaire jaunâtre du Sénonien. La formation miocène de 300 m d'épaisseur commence par le Miocène inférieur qui est essentiellement formé de marne bleue et d'argile, suivi du Miocène moyen représenté principalement par l'argile, le marne et quelques passages de grès et de conglomérats. Le Mio-Pliocène est formé principalement de calcaire, de grès, de conglomérat et d'argile; On l'observe surtout dans le montagne Gontas, avec une épaisseur d'environ 100 m.

Les formations quaternaires sont principalement représentées par les anciens dépôts alluvionnaires formés de conglomérat et de galets. La croûte calcaire est formée par le tuf calcaire blanchâtre, compact ou pulvérulent ; il est spécialement développé dans la limite sud de la plaine. Les cônes de dépression alluviaux sont développés sur les pentes dans la limite de la plaine. Les dépôts alluviaux récents sont formés de galets, de gravier, d'argile et de limon recouverts d'un sol organique.

4. contexte hydrogéologique

L'aquifère principal de la plaine du Haut-Cheliff est formé de dépôts alluvionnaires, y compris des formations de galets, de gravier, de sable et d'argile, dont l'épaisseur peut atteindre 150 m. C'est un aquifère localement confiné, car il est recouvert de limon et d'argile en surface, de 5 à 20 m d'épaisseur au centre de la plaine. Nord-est du mont Gontas et au Sud-est de la ville de Djendel. Dans cette zone, plusieurs puits et forages ont été forés et ont montrés une bonne qualité des eaux souterraines et qui peuvent atteindre 200 m de profondeurs (Bouderbala, 2017).

Le système aquifère dans cette plaine peut être considéré comme des systèmes aquifères multicouches. La continuité hydraulique entre l'aquifère alluvial et l'aquifère du Mio-Pliocène n'existe que dans les limites de la plaine où il y a un contact entre les deux aquifères sans couche imperméable entre eux ; Cependant, au centre de la plaine, il y a une couche d'argile épaisse entre les deux aquifères. Nous notons ici que nous nous intéressons uniquement à l'aquifère alluvial quaternaire

Les eaux souterraines de cet aquifère alluvial s'écoulent vers le centre de la plaine où se situe l'axe de drainage principal, qui coïncide avec l'oued Cheliff, avec un écoulement principal d'est en ouest. La profondeur de la nappe phréatique varie de 5 m.

Dans la zone ouest (près des villes de Djelida et Arib) à 30 m dans la zone est (près de la ville de Djendel), tandis que dans la partie centrale de la plaine la profondeur des nappes phréatiques est d'environ 10 m (Bouder bala and Gharbi, 2017).

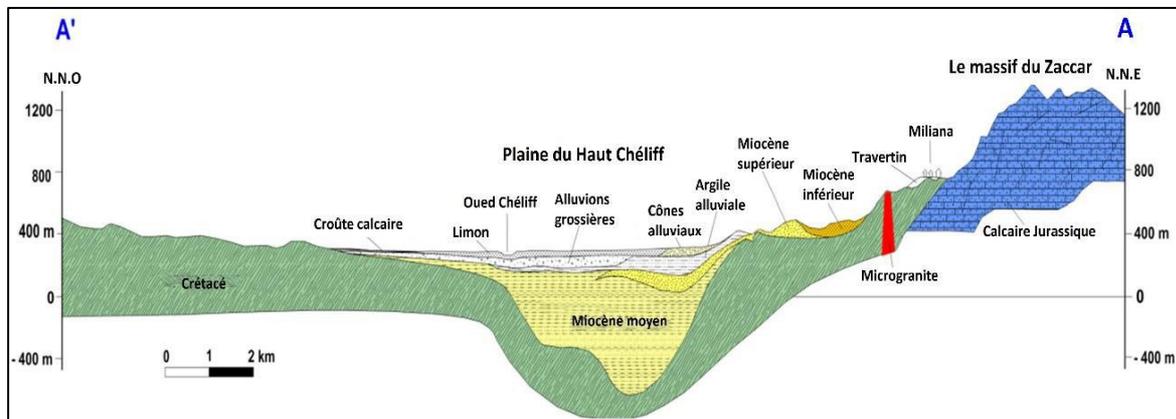


Figure 10 : Coupe transversale de la plaine du Haut Chélif (ANRH, 1997)

Conclusion

La plaine d'El Khemis est caractérisée par des faibles précipitations, irrégulières et aléatoires. Le diagramme Ombrothermique fait ressortir une période sèche étalée du mois de mai jusqu'au mois d'octobre et une période humide qui débute à partir du mois de novembre jusqu'au mois d'Avril. De ce fait, la zone d'étude est classée d'après l'indice d'aridité de De Martonne dans l'étage bioclimatique semi-aride.

Le climat est de type méditerranéen avec un caractère de continentalité marquée aux étés très chauds et hivers froids et rigoureux avec un printemps écourté et automne très bref (Claus et Legopil, 1972). Notons que les précipitations tombent sous forme d'averses intenses et causent des ruissellements importants.

De ce fait, on peut dire que le climat régnant sur la région d'étude est favorable à toutes les cultures et la nécessité d'une irrigation pendant la période sèche de 06 mois allant de mai à octobre

Chapitre IV

Matériel et Méthode

Introduction :

La caractérisation des sols et la compréhension de leur dynamique actuelle nécessitent des observations et des mesures de terrain ainsi que des mesures et des analyses en laboratoire.

1.Travaux de terrain**1.1.Présentation du site expérimental**

Une expérimentation de terrain a été menée durant la saison 2022 dans le site expérimental qui se situe au niveau de l'université Djilali Bonamia –Khemis Miliana, les caractéristiques géographiques de la parcelle d'étude sont les suivantes ;

Tableau 11 : Tableaux des Caractéristiques géographiques de la parcelle d'étude .

Wilaya	Commune	Périmètre(m)	Superficie (m ²)	Latitude	Longitude
Ain de	Khemis Miliana	106	682	15/40 Nord	13/13 EST

1.2.Dispositif expérimental

Notre dispositif expérimental est du type bloc aléatoire avec deux facteurs de classification (F1 et F2)

Le facteur 1 représente les deux traitements variétaux Spunta (V1) et Serpo Mira (V2).

Le facteur 2 représente les trois régimes hydriques appliqués T100%, T80%, T65%.

1.2.1.Caractéristique de dispositif expérimentale :

- Nombre de variétés 2 (spunta et sarpo mira)
- Nombre de plants 720 plants /variété
- Nombre de billons par bloc 4
- Nombre de répétition 3
- Nombre de tubercule par billons 20
- Longueur du billon 6m

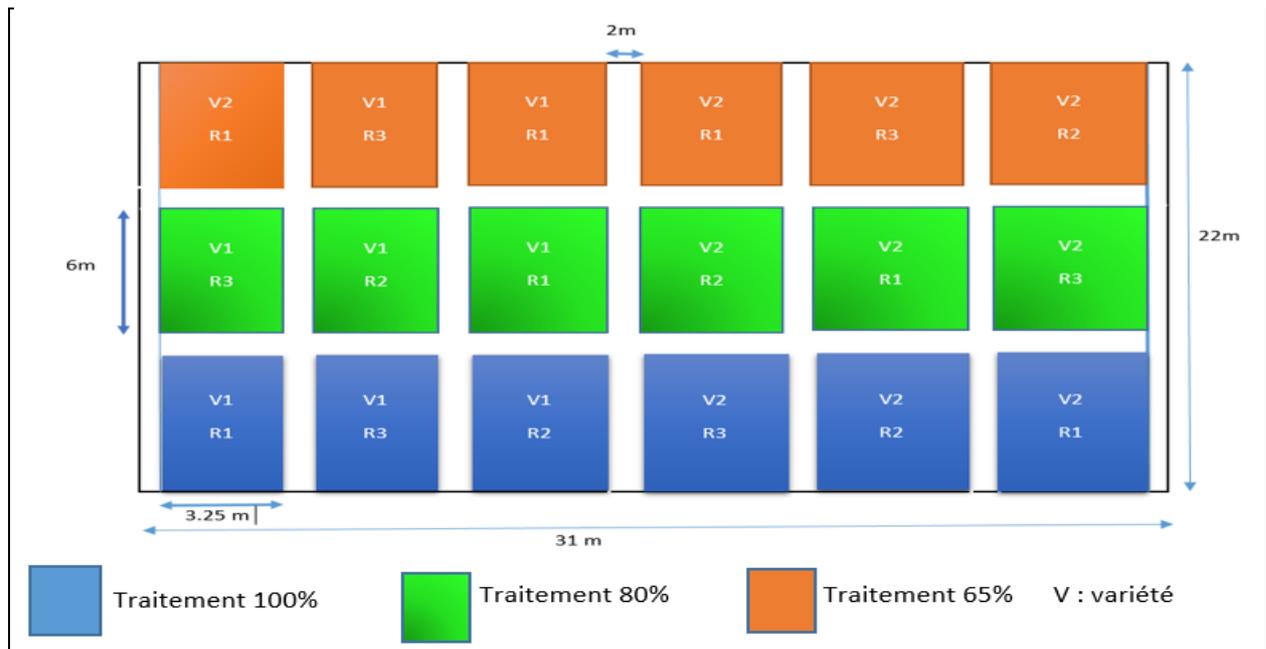


Figure 01 : Schéma représente le dispositif expérimental.

1.3.Echantillonnage du sol :

Pour que le sol prélevé soit représentatif, nous avons divisé la parcelle d'étude en trois parties, Au niveau de chaque partie nous avons effectué deux prélèvements : le premier à 20 cm et le deuxième à 40 cm de profondeur (Figure 2).

Les échantillons prélevés sont conservés dans une glacière et acheminés au laboratoire. Après deux jours de séchage, ils sont tamisés à 2 mm.

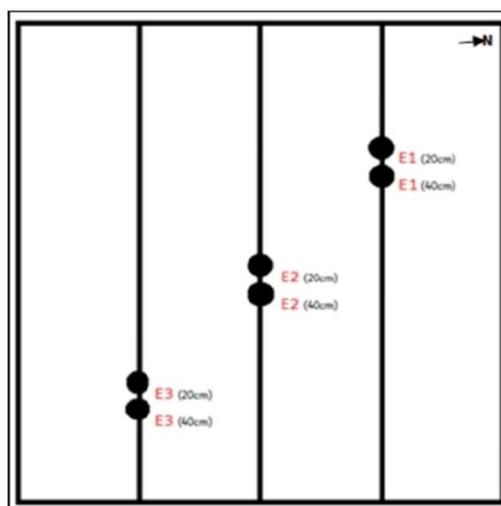


Figure 02: Plan d'échantillonnage

1.4. Condition de déroulement de l'essai :

1.4.1. Le travail du sol :

On a commencé le travail du sol par un nivelage du sol par passage d'une charrue à disques, cette opération a eu lieu le (20/02/2022). Ensuite, on a réalisé un labour du sol (superficielle 20 à 30 cm) par passage d'une charrue à disques le 23/02/2022.



Figure 02: Travail du sol (Hadouche et Semai 2022)

1.4.2 : Buttage :

Le buttage favorise la tubérisation, évite le verdissement des tubercules et facilite-le arrachage. Il limite aussi les risques de contamination des tubercules par le mildiou

Le buttage doit suffisamment précoce pour ne pas perturber la tubérisation et limiter ainsi la précocité ou le rendement, mais suffisamment tardif puisqu'il sera la dernière façon de nettoyage du sol (SOLTNER, 1979). Cette opération a eu lieu le 23/02/2022.

Il a l'avantage de ramener de la terre meuble autour des plants, d'accroître le nombre et la vigueur des racines. Mais on lui reproche de favoriser le dessèchement du sol et de nuire ainsi à une bonne alimentation en eau des plantes. (MOULE, 1972).



Figure 03: Travail du sol (battage)(Hadouche et Semai , 2022)

1.4.3 : La plantation :

La plantation est réalisée le 27/02/2022. Elle est effectuée manuellement, les tubercules seront disposés en rangs, espacés de 70 à 75 cm et placés tous les 30 cm sur le rang, à 7 cm de profondeur utilisant des tubercules germés de 28-35 mm, un hectare de culture nécessite environ 2000 à 2400 Kg de semence (REGUIEG, 2008).

Pour obtenir une culture homogène, les tubercules doivent être plantés à une profondeur uniforme. La profondeur de plantation dépend du type de sol, des conditions climatiques et de l'âge physiologique des plants. La plantation superficielle (5 à 6 cm) est préférée dans un sol lourd et humide, où les tubercules mère risquent de s'épuiser avant que les germes puissent atteindre la surface du sol. Inversement, pour les sols à texture légère où les risques de dessèchement sont à craindre, une plantation profonde est conseillée (10 cm environ). (BAMOUEH, 1999).



Figure 04: La plantation (Hadouche et Smai 2022)

1.4.4. Binage

Coté soin, quelques binages seront nécessaires pour éliminer les mauvaises herbes qui se développent entre les sillons, Le binage sera suivi l'apport de complément en azote (REGUIEG, 2008). Cette opération est réalisée le 10/04/2022.



Figure 05: Le binage (Hadouche et Semai 2022)

1.4.5. Le désherbage manuel :

Le désherbage a été effectué manuellement et continuellement de temps à autre dès qu'il a eu apparition de mauvaises herbes.



Figure 06 : Le désherbage (Hadouche et Semai 2022)

1.4.6. La fertilisation :

La fertilisation consiste à apporter les fertilisants aux plantes sous forme d'engrais simples ou composés elle a pour rôle d'assurer à la plante une alimentation correspondante à ses besoins en complétant les fournitures du sol. A ce nous utilisons l'engrais NPK 15/15/15.20 kg

1.4.7: Choix de système d'irrigation à installer

Aujourd'hui, avec la hausse du coût de l'énergie et la restriction de l'usage de l'eau, le goutte à goutte est souvent présenté comme la solution idéale. Il existe des différents modèles de produits et différents accessoires et pour choisir on a pris en considération les critères suivants :

- Le besoin en eau des plantes
- La nature du sol (texture, structure)
- Le dénivelé de la parcelle
- La taille de la parcelle
- La durée d'utilisation du matériel
- Les débits et pressions
- Le mode d'utilisation : goutte à goutte enterré ou goutte à goutte de surface
- Les schémas de plantation

Notre choix s'est porté sur la goutte à goutte annuel qui représente une gaine à paroi fines. Elle est limitée par une faible pression d'utilisation, et plutôt adapté aux terrains plats. Son utilisation est limitée à une année de production. La gaine demande une attention particulière lors de la

pose, pour éviter les frottements au sol. Elle demande également une filtration et un contrôle de pression bien mené.



Figure 07 : Installation de réseau d'irrigation (Hadouche et Semai 2022)

1.4.7.1. Caractéristiques du réseau d'irrigation installé :

- Nombre de porte rampe : 3.
- Longueur de porte rampe : 32 m.
- Nombre de rampe : 72.
- Longueur de la rampe : 6m.
- Espace entre deux rampes : 70 cm
- Nombre de goutteurs par rampe : 40 goutteurs.
- Débit de goutteur : 1.5l/h.

1.4.7.2. Calcul des besoins en eau des cultures

La détermination des besoins en eau d'une culture nécessite la connaissance de divers paramètres les données d'occupation et la répartition culturelle dans le périmètre ainsi que les données climatiques et pédologiques de la région.

1.4.7.3. Etude des pluies annuelles

Pour l'étude des pluies, nous avons exploré un échantillon de données pluviométriques de la station de Harraza, les données d'observation ont été collectées sur une période de (27) ans.

1.4.7.4. Ajustement statistique des pluies

Les données de pluies annuelles sont souvent ajustables à des lois statistiques nombreuses, ceci est dû à la faible variabilité interannuelle pour certaines stations (Touaibia B., 2015).

Les lois d'ajustement les plus utilisées dans le cas des pluies annuelles sont :

- Loi de Gauss ou loi normale.
- Loi de Galton ou loi log–normale.

1.4.7.5. Choix du type de loi

Ces critères de choix sont liés à un ajustement graphique d'abord et ensuite à un test d'adéquation. L'allure des points sur du papier à probabilité nous permet d'accepter ou de rejeter la loi (toute sinusite, mauvaise courbure ou cassure de pente est considérée comme un mauvais ajustement) (Touaibia B., 2015). Pour les calculs on a utilisé le logiciel « Hyfran ».

1.4.7.6. Test de validité de l'ajustement à la loi choisie

La loi choisie pour ajuster la distribution statistique de l'échantillon, ne représente qu'approximativement l'échantillon étudié, l'erreur commise en adoptant une loi donnée est une erreur d'adéquation. Et puis, on compare l'adéquation de ces lois afin d'adopter le meilleur ajustement. L'un des tests le plus employé, est le test du Khi carré (χ^2).

$$\chi^2 = \sum \frac{(n_i - v_i)^2}{v_i}$$

$$\lambda = K - 1 - P$$

Avec :

P : Nombre de paramètres, dont dépend la loi de répartition (P=2).

On cherche dans la table de Pearson la probabilité de dépassement correspondante au nombre de degré de liberté, définie ci-dessus par.

- On calcule χ^2 .
- On calcule le nombre de degré de liberté γ .
- On détermine $\chi^2_{\text{théorique}}$ sur la table de Pearson.

Avec : $\chi^2_{\text{théorique}} = g(\gamma, \alpha)$

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.05$ si et seulement si :

$$\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$$

(Touaibia B, 2015)

Après le choix de loi la plus adéquate, nous On passe à l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région.

1.4.7.7. Détermination de l'année de calcul

Après le choix de loi la plus adéquate, nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région.

Pour l'estimation de l'année sèche de fréquence de 80% ; on utilise la formule suivante :

$$P_i 80\% = P_{\text{moy de chaque mois}} \times \frac{P_{\text{théorique (80\%) Annuelle}}}{P_{\text{théorique (50\%) Annuelle}}}$$

Avec : i : mois

1.4.8. Calcul de l'évapotranspiration de référence

On a utilisé le logiciel CROPWAT V.8 pour calculer l'évapotranspiration de référence ET_0

1.4.9. Evaporation maximale de culture (ETM)

$$ETM = KC \cdot ET_0$$

KC : Coefficient culturaux dépend du type de la culture et de son stade de développement

1.4.10. Réserve facilement utilisable (RFU)

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) * Y * Z * d_a$$

Avec :

Y : Degré de tarissement égal à 2/3

Da : Densité apparente (1.7)

Z : Profondeur d'enracinement (mm)

H_{cc} : Humidité à la capacité au champ, On prend (27)

H_{pf} : Humidité au point de flétrissement, On prend (13)

1.4.11. Calcul de la pluie efficace

$$P_{\text{eff}} = 0.8 * P_{\text{moy}}$$

Avec :

P_{eff} : Pluie annuelle efficace en (mm/mois).

P_{moy} : Pluie moyennes en (mm/mois).

1.4.12. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures

Le calcul des volumes d'eau à apporter par irrigation est réalisé en effectuant période par période le bilan :

$$B_i = ETM - (P_{\text{eff}} + K * RFU_{i-1})$$

P_{eff} : Pluie efficace en mm.

i-1 : Le mois précédent

RFU : Réserve du sol assimilée à la réserve facilement utilisable disponible au début de la période.

K : Un coefficient généralement égal à 1/2 ou 1/3

L'irrigation est faite lorsque B_i (bilan hydrique) > 0

1.4.13. Calcul des besoins brut

C'est le volume d'eau d'irrigation exprimé en mm par jour, nécessaire en pratique (compris les pertes et les besoins de lessivage mais à l'exclusion de la contribution des autres ressources).

$$B_{\text{brut}} = B_{\text{net}} \times E_f$$

Avec : E_f : l'efficacité du réseau (90%).

1.5. Suivre de l'état hydrique du sol par méthode gravimétrique :

C'est la méthode classique pour mesurer l'humidité pondérale basé sur le principe de double pesées, à l'aide d'une tarière on prélève un échantillon de sol qui soumis à une température élevée en pratique dans une température constante à 105°C pendant 24h ceci permet de sécher l'échantillon, donc la teneur en eau et donnée par :

$$WP(\%) = \frac{Ph - Ps}{Ps} * 100$$

La teneur en eau volumétrique est obtenue en multipliant Wp par la densité apparente du sol :

$$Wv(\%) = Wp * da$$

Da : est la densité apparente du sol.

1.6. Suivre des caractéristiques morphologiques des cultures :

On a pris quelques échantillons sur l'ensemble de la parcelle pour faire le suivi de l'état morphologique des cultures. Les paramètres étudiés sont les suivants :

- Longueur (Rameau + Feuille).

- Longueur de la tige.

- Nombre de ramification.

- Nombre de tige par plant.

- La surface foliaire.

- Nombre de tubercule par plant.

- Poids de tubercule par plant.

-Surface foliaire

La surface foliaire (LA) a été déterminée à l'aide de l'équation suivante :

$$LA = Lx l x 0,55$$

Avec :

L : La longueur de la feuille à l'attache de la feuille à la tige

L : La largeur maximale de la feuille

0,55 est constante

La feuille a été séchée pendant trois jours à 60°C et la surface foliaire spécifique (SLA) a été calculée par l'équation :

SLA = LA/poids sec des feuilles.

1.7. La caractéristique de la pomme de terre

1.7.1. Les caractéristiques de pomme de terre spunta.

Description

Origine génétique : Béa X U.S.D.A. 96-56

Obtenteur(s) : J. OLDENBURGER - (PAYS BAS)

Inscription au : Catalogue français (1967)

Type : Liste A

Catégorie : Consommation

Maturité : Demi-précoce

Caractères descriptifs

Tubercule : Oblong allongé, régulier, yeux très superficiels, peau jaune,

Chair jaune.

MGerme : Violet, conique, pilosité moyenne.

Plante : Taille haute, port dressé, type rameux.

Tige : Entrenœuds faiblement pigmentés, nœuds non pigmentés, aux ailes

Développées, rectilignes et ondulées.

Feuille : Vert franc, peu divisée, mi-ouverte ; foliole moyenne, ovale arrondi

($I = 1,61$) ; limbe cloqué.

Floraison : Assez abondante.

Fleur : Blanche, bouton floral partiellement pigmenté.

Fructification : Très rare.

Caractères cultureux et d'utilisation

M Rendement : 111 % de Bintje.

Calibrage : Proportion de gros tubercules : très forte.

Sensibilité aux maladies :

Mildiou du feuillage : Moyennement sensible.

Mildiou du tubercule : Moyennement sensible.

Galle verruqueuse : Non attaquée.

Gale commune : Assez sensible.

Virus X : R.A.S.

Virus A : Résistante.

Virus Y : Assez peu sensible.

Enroulement : Sensible

1.7.2. Les Caractéristique de la pomme de terre (sarpo mira)

Conservation : Plus de 7 mois

Récocité : Tardive

Peau : Rouge

Chair : Jeune claire

Age : +60 ans

Origine : Europe

Description :

La (sarpo mira) est un variété danoise (danespo), d'origine hongroise et développées par l'université du pays de galle (GB) qui semble présenter une résistance à toutes les forme de mildiou connues

La variété a été inscrite au catalogue anglais en octobre 2002. elle est commercialisée là-bas comme pomme de terre de consommation pour la culture biologique et pour les jardiniers.

LA SARPO Mira (sarpo : contraction de « sarpo », du nom de l'institut agronomique sarvari en hongrie, et de « po » pour « potato » ou « pomme de terre ») est une variété mi-tradive à peau rouge, farineuse et à chaire jaune pâle à blanc, avec des tubercules long-oval . c'est une variété mixte (conso /transformation), avec de bonne aptitude à la conservation (son repos végétatif est long) .

Résistance :

Feuillage : Assez important

Gale commune : Moyennement sensible

Mildiou (feuillage) :Très bonne résistance irrigation : précoce et régulière bonne résistance à la sécheresse conservation : bonne (dormance longue).

7 pour la jambe noire : Moyennement sensible

9 pour le pvv (virus Y) : Très bonne résistance

-4 pour la gale commune : Sensible

2. Les travaux sur le laboratoire

2.1. Suivi de l'état hydrique du sol

Humidité du sol : Prélever trois échantillons de sol à l'état humide à une profondeur de (20cm-40cm) pesent 30g de sol faire passer à l'étuve à 105 °C pendant 24h et refaire l'opération de prise du poids .

La différence entre les deux poids donne le volume d'eau présent dans le sol.

Les formules utilisées dans les calculs sont comme suit

Humidité du sol $P = \frac{(Ph - Ps)}{Ps} \times 100$

Avec : ph= le poids humide de l'échantillon.

Ps =Le poids sec de l'échantillon après le séchage dans l'étuve à 105°C.



Figure 08 : Mesures d'humidité du sol (Semai et Hadouche 2022)

2.2. Analyse chimique du sol :

2.2.1. Conductivité électrique

• Réactifs et appareillage :

- Eau distillée
- KCL (0.02N)
- Balance, agitateur mécanique
- Bêchers de 100 ml

• Mode opératoire : (Extrait au 1/5)

- Peser 20 g de terre (2mm) dans un bécher de 100 ml et ajouter 100 ml d'eau distillée
- Agiter 1 heure avec un agitateur mécanique
- Laisser reposer demi-heure (ou bien faire le filtrage)



Figure 09 : Mesures conductivité électrique (Semai et Hadouche 2022).

*Pour l'étalonnage de l'appareil : On met le KCL (0.02N) à l'étuve, on mesure la température jusqu'à 25 0C.

$CE = CE3 \times f(t)/k$
$K = CE1 \times f(t)/CE2$

CE3 : CE de la solution à analyser lu l'appareil à la température (t).

CE1 : valeur de la solution KCL lue sur l'appareil à la température T.

CE2 : CE de KCL (0.02 N à 25 c°. Elle est égale à 2.76.

La valeur $K < 1$

F(t) : Coefficient de correction de l'effet de la température.

K : Constante.

2.2.2. Calcul de la CE3 (de la solution à analyser)

Elle est lue sur l'appareil à la température (t).

Tableau 12: Interprétation des valeurs de la conductivité électrique de l'extrait de la pâte saturée à 25 C à 25°C (USSSI, 1954).

Echelle américaine	Non salé	Peu salé	Salé	Très salé	Extrêmement salé
CE (mmhos/cm) à 25°C	<2	2à4	4à8	8à16	>16

2.2.3. Analyse de pH eau et pH KCl :

• Réactif et appareillage :

- KCL 0.1 n
- Balance
- Bécher de 100 ml, éprouvette de 50 ml
- Tube en verre ou agitateur magnétique

.Mode opératoire :

PH eau :

- On pèse 20g du sol (0.2mm)
- On le met dans un bécher et on ajoute 50 ml d'eau distillée.- On agite pendant 5 min dan un Agitateur rotatif.
- On passe au pH-mètre et on lit le résultat



. **Figure10** : Dosage de pH (Semai et Hadouche 2022)

PH KCL :

- On ajoute à la solution du pH eau 3.72 g de KCL.
- Agiter à l'agitateur rotatif pendant 5 min.
- On passe au pH-mètre et on lit le résultat



Figure 11 : Analyse de PH KCL (Semai et Hadouche 2022).

*Pour étalonner l'appareil, on mesure la température de l'air et on règle la température de l'appareil.

Tableau 13 : Echelle de classification du pH de la solution du sol

<i>pH</i>	5-6.5	<3.5	3.5-4.2	4.2-5	6.5-7.5	7.5-8.57	<8.7
Classes	Hyper acide	Très acide	Acide	Faiblement acide	Neutre	Basique	Très basique

2.2.4. Dosage de la matière organique (Méthode Anne)

Pour l'échantillon :

On met 1 g de sol (0.2 mm) dans un bécher

On ajoute 10 ml de K₂Cr₂O₇ (Dichromate de potassium) + 20 ml d'acide sulfurique concentré.

On mélange la solution et on laisse reposer 30 minutes

Pour le témoin :

Dans un bécher on met 10 ml de K₂Cr₂O₇ + 20 ml d'acide sulfurique concentré

Laisser reposer 30 minutes.

Mettre chaque préparation dans des fioles de 250 ml et compléter avec l'eau distillée.

Prélever 20 ml de chacun des béchers (échantillons et témoin) et ajoute 1 ml de H_3PO_4 + 3 gouttes de diphénylamine et agiter pendant 5 minutes dans un agitateur rotatif.

Titrage :

On titre avec le sel de mohr à 0.2N, on le met dans une burette de titrage

On titre les solutions jusqu'à ce qu'il y a virage du bleu foncé vers le vert- On prend le volume descend sur la burette pour le témoin et aussi pour les échantillons

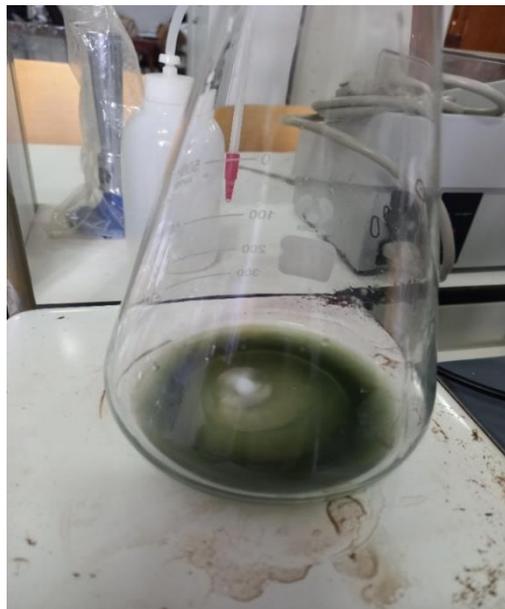


Figure12 : Dosage de la matière organique (Semai et Hadouche 2022).

$$\% C = (V \text{ témoin} - V \text{ échantillon}) * 0.615/p$$

P : poids du sol égale 1 gramme.

$$\% MO = \% C * 1.72$$

C% : Le pourcentage du carbone oxydé.

MO % : Le pourcentage du Matière organique.

2.2.5. Dosage de (Ca^{2+} et Mg^{2+}) par complexométrie :

A-Préparation de la solution du sol :

• Réactifs et appareillage :

- Eau distillée

- Balance, agitateur mécanique
- Bêchers de 100 ml

• Mode opératoire :

- Peser 20 g de terre (0.2mm) dans un bécher de 100 ml et ajouter 100 ml d'eau distillée.
- Agiter pendant 2 heures avec un agitateur mécanique.
- Laisser reposer pendant 2 heures ou faire le filtrage.

B- Réactifs et solutions titrantes :

- EDTA
- NaOH à 2N.
- Tampon ammoniacal avec : 54 g de NH_4Cl
350 ml de NH_4OH à 25 % (315 ml si à 28 %)
 H_2O distillée. Q.q.p.11
- Murexide (purparate d'ammonium). Indicateur spécifique de Ca.
- Noir Eriochrome T (NET).

C- Modes opératoires :***Dosage de Ca^{2+} :**

- Prélever 50 ml de la solution du sol.
- Ajouter 3 ml de NaOH à 2 N
- Ajouter la murexide (quelques grains). On obtient une couleur rose bonbon.
- Verser l'EDTA à N/50, jusqu'à passage à une couleur violet pourpre. Soit Vv ml.

***Dosage de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ (Dureté totale) :**

- Prélever 50 ml de la solution du sol.
- Ajouter 5ml du tampon ammoniacal.
- Ajouter l'indicateur de concentration : quelques grains de Noir Eriochrome T pour avoir une couleur rouge vineux. Titrer immédiatement.
- Verser l'EDTA à N/50 jusqu'à obtention d'une couleur bleu cobalt. Soit Vv.

2.2.6. Le dosage de phosphore**Préparation des réactifs**

- Solution standar de phosphate
- Acide sulfurique
- Solution de molybdate d'ammonium
- Tartrate de potassium et d'antimoine

-Solution d'acide ascorbique

-Solution mixe

Mode opératoire:

Une série de 250 béchers en verre a été préparée. Pipeter 50 ml de diverses solutions de travail de phosphate dans chaque verre. Une goutte de phénolphtaléine a été ajoutée au verre. Si la solution vire au rose-rouge, une quantité d'acide sulfurique 5 N est ajoutée à la solution jusqu'à ce que la couleur rose disparaisse. Ensuite, 8 ml de solution mélangée ont été ajoutés à chaque verre. Les solutions ont été conservées à température ambiante pendant environ 30 min. Les absorbances des solutions ont été mesurées à 890 nm contre une solution à blanc

2.2.7. La mesure de Potassium (K^+) et de Sodium (Na^+) a été réalisée à l'aide d'un photomètre à flamme :

***Dosage du sodium (Na^+) par spectrophotométrie d'émission de flamme :**

A-Réactifs :

-Peser 2.54 g de chlorure de sodium séché pendant une heure dans une étuve à 105°C.

-Dissoudre cette même quantité dans de l'eau distillée et compléter à 11. Cette solution a une concentration de 1000 mg/l de sodium.

-Conserver cette solution dans une bouteille en plastique

-Par dilution, préparer quotidiennement une solution de 10 mg/l, en 1 ml de la solution précédente dans 100 ml d'eau distillée.

B-Mesure :

-Faire passer le blanc (H_2O distillée) 3 fois

-Faire passer en photomètre à flammes la solution d'étalonnage de 10 mg/l, 3 fois.

-Faire passer le blanc et après les échantillons, si la concentration en Na^+ est supérieure à 10 mg/l, procéder à la dilution de l'échantillon, la concentration correspondant aux extinctions X facteurs de dilution.

Erreur absolue estimée : ± 1.15 mg/l

***Dosage de Potassium (K^+) par spectrophotométrie d'émission de flammes :**

A-Réactifs :

-dissoudre 1.907 g de KCl (ayant été séché à 105°C pendant 1 heure de temps) dans un litre d'eau distillée. Cette solution a ainsi une concentration égale à 1000 mg/l de Potassium K^+ .

Soit $C_1 = 1000\text{mg/l}$, la solution doit être stockée dans une bouteille en plastique.

A partir de C_1 préparer quotidiennement une solution de 10 mg/l en prélevant 1 ml q.S.p.100.

B-Mesure :

-Faire passer le blanc (H_2O distillée), ça doit afficher "0.00"

-Faire passer la solution de 1 mg/l trois fois et ça doit afficher "10".

-Faire passer ensuite les échantillons orant passer le blanc. Si la concentration en Potassium dépasse 10 mg/l , procéder à la dilution de l'échantillon.



Figure 13 : Dosage de K^+ par spectrophotométrie d'émission de flammes (Semai et Hadouche 2022)

2.2.8. Dosage de calcaire total (calcimètre de BERNARD) :

-Remplir l'ampoule d'eau salée (NaCl (300g/l) +eau) de manière à ce que le niveau de la burette soit au niveau du zéro (pour ce la on fait correspondre les deux niveaux d'eau dans la burette et dans l'ampoule).

-Peser une quantité de $0,3\text{ g}$ de CaCO_3 dans un erlen qui correspond au bouchon de la calcimètre.

-Remplir le petite tube à $3/4$ de HCl à ($0,5\text{ N}$) dilué que l'on place dans l'erien.

-Boucher soigneusement l'erien avec le bouchon de la calcimètre.

-Décrocher l'ampoule, faire correspondre les deux niveaux, faire la lecture du volume descend au niveau de la burette (V_0).

-Renverser l'acide (HCl) sur le CaCO_3 et on agite pour favoriser la réaction (dégage le CO_2).

-Attendre la stabilisation le niveau de l'eau dans la burette.

-Décrocher l'ampoule et faire correspondre les deux niveaux. faire la lecture sur le volume de l'eau descendre sur la burette (V_1) (volume de CO₂ Dégagé).

-Analyse de l'échantillon:

-On procède de la même manière en remplaçant le calcaire pur par (1 g de sol 0,2mm). et on note le volume de CO₂ dégagé (V1).

-Expression des résultats:

$$\% \text{CaCO}_3 = 100 \times \frac{V_{\text{échan}} \times 0,3}{V_{\text{témoin}} \times P}$$

- $V = V_1 - V_0$.

-V : volume de CO₂ dégagé par CaCO₃ gramme dans le poids de sol.

- V : volume de CO₂ par 0,3 gramme de CaCO₃.

- P : poids de sol égale 1 gramme.

-Interprétation:

- **Tableau 14** : Normes d'interprétation du calcaire total.

Teneur en calcaire total (%).	Type de sol.
< 1	sol non calcaire
1 – 5	sol peu calcaire
5 – 25	sol modérément calcaire
25 – 50	sol fortement calcaire
50 – 80	sol très fortement calcaire
> 80	sol excessivement calcaire



Figure 14: Dosage de calcaire total (calcimètre de BERNARD) (Semai et Hadouche 2022).

2.3. Analyse physique du sol

2.3.1. Granulométrie (Pipette de ROBINSON)

Réactifs et appareillages utilisés

- Eau oxygénée, H_2O_2 à 6 %
- Pyrophosphate de sodium, $Na_4P_2O_7 \cdot H_2O$
- Agitateur mécanique, balance, étuve, 1 bec BUNSEN
- Tamis de 0.05 mm, 0.2 mm et 20 mm
- 1 bécher de 1 l
- 2 éprouvettes de 50 ml (ou 100 ml)
- 1 flacon de 1 l avec bouchon en caoutchouc
- 3 petites boîtes métalliques pour prélèvement

Mode opératoire

• Premier jour :

- On tamise le sol avec un tamis de 2 mm pour séparer les éléments grossiers et fins
- On prend 10 g de sol fin (2mm) dans un bécher

Destruction de la matière organique :

- Verser dans un même bécher 50 ml de l'eau oxygénée à 30 %
- Laisser macérer pendant une nuit (on le met dans un grand bécher)

• Deuxième jour :

- On chauffe le bécher sur agitateur à température 100 °C jusqu'à disparition de la mousse.
- On ajoute 20 ml d'eau oxygénée (on ajoute ces gouttes après l'échauffement de bécher).
- L'opération est terminée lorsqu'il y a arrêt de l'effervescence.

Disparition des éléments argileux :

- On ajoute le contenu dans un grand bécher + 40 ml d'héxamétaphosphate à 4 %.
- Agiter pendant 2h dans l'agitateur mécanique à une vitesse de 30 à 50 tours / min.
- Mettre un entonnoir avec tamis de 0.05mm sur le cylindre et tamiser la suspension.
- Laver avec de l'eau distillée jusqu'à ce que toutes les particules < 0.05 mm passent à travers le tamis dans le cylindre.
- Remplir le cylindre avec l'eau distillée jusqu'au trait ajusté au 1000 ml (1L).
- Mettre le sable : restant dans le tamis dans une capsule de poids connu et sécher dans l'étuve à 150 °C pendant 15 heures.



Figure 15: Analyse granulométrique avec pipette de Robinson (Semai et Hadouche 2022)

Sédimentation et prélèvement :

- Mesure de la température des solutions qui se retrouvent dans le cylindre.

• Mesure à la pipette de Robinson :

- Avant de commencer les mesures, il faut agiter plusieurs fois avec un pied spécial.

- Pour la fraction totale < 0.05 mm (LG + LF + A + sels solubles) on agite le cylindre et on prend immédiatement un prélèvement de 10 ml du milieu du cylindre. Dans une capsule (avec couvercle) d'un poids connu.

- Pour la fraction < 0.02 mm (LF + A + sels solubles) on agite le cylindre et on prend un prélèvement à 10 cm après 4min 40 sec. Dans une capsule (avec couvercle) d'un poids connu.

- Pour la fraction < 0.002 mm (Argile + sels solubles) on agite 10 fois par le pied le cylindre et on prend un prélèvement à 6 cm qui correspond à la température de solution après 4h et 39min. Dans une capsule (avec couvercle) d'un poids connu.

- On met ces capsules du poids connu dans l'étuve à $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant 15 heures pour le séchage.

- On laisse refroidir également le sable et on le pèse. Ensuite, on tamise à sec à l'aide de deux tamis superposés de 0.250 mm et 0.045 mm.

- On récupère les deux quantités dans les capsules de poids connu et on pèse ces capsules pour déterminer le sable fin (SF) et le sable grossier (SG).

Les calculs :

$$\%A = (a \times b) / (p \times v) \times 100$$

$$\%LF = (b-a) \times v / (p \times v) \times 100$$

$$\%SF = c/p \times 100$$

$$\%SG = d/p \times 100$$

$$\%LG = 100 - (\%A + \%LF + \%SF + \%SG)$$

-a (grammes) : Poids de l'argile prélevé et pesé à sec.

-b (grammes) : Poids de (Limon fin + Argile) prélevé et pesé à sec.

-c (grammes) : Poids de sable fin prélevé et pesé à sec.

-d (grammes) : Poids de sable grossier prélevé et pesé à sec.

-v (grammes) : Volume de la pipette de Robinson = 10 ml.

-V : Volume total de l'allonge égale 1000 ml.

Tableau 15: Répartition des différents types de textures en fonction de diamètre des particules.

Le diamètre des particules mm	Type de texture
< 0.002	Argile
0.002 à 0.02	Limono fin
0.02 à 0.05	Limono grossier
0.05 à 0.2	Sable fin
0.2 à 2	Sable grossier

2. Densité apparenté :

Un cylindre de volume V connu est introduit entièrement dans le sol en préservant la structure De ce dernier. Le sol contenu dans le cylindre est ensuite séché à 105°C à l'étuve, puis son poids est déterminé par pesée. La densité apparente (Da) est obtenue par le rapport $Da = P/V$.



Figure 17: Analyse de Densité apparenté (Semai et Hadouche 2022).

3. Porosité total :

La porosité exprimée en % du volume du sol non occupé correspond à l'ensemble des vides du Sol non occupé par les substances solides. Elle est déduite de la densité apparente par la formule $P = (1 - D_a / D_r) \times 100$ Où 2,65 représente la densité réelle moyenne d'un sol séché désagrégé. Les normes d'interprétation de la porosité d'après le Mémento de l'Agronome (1993) sont Consignées dans le tableau ci-après.

Tableau 16 : Norme d'interprétation de la porosité (mémento d'agronomie, 1993)

Porosité (%)	35	35-40	40-45	45-50	50-55
Appréciation	très mauvais	Mauvais	médiocre	bonne	très bonne

2.4. Analyse chimique d'eau d'irrigation .

2.4.1=La formule de conversation mg en meq :

$$\text{meq} = \text{mg} / \text{poids atomique} \times \text{Valence}$$

Tableau 17 : Conversation :mg en meq.

Minéraux	Poids atomique	Valence
Ca ²⁺	40	2
Mg ²⁺	24,3	2
Na ²⁺	23	1

2.4.2. Calculer le SAR :

SAR : $\text{Na} / \sqrt{1/2(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})}$. Exprimé en **meq/l**.

Tableau 18: Interprétation de SAR.

L'échelle	0-3	3-6	6-9	Au-delà 9
Type d'eau	Très bonne qualité	Bonne qualité	Qualité médiocre	Très mauvaise qualité

Chapitre V

Résultats et discussion

1 : Caractérisation du sol de la parcelle

1.1. Résultats des caractéristiques physiques du sol

1.1.1 : Granulométrie

Les résultats de l'analyse granulométriques du sol étudié à différentes profondeurs sont présentés dans la figure suivante :

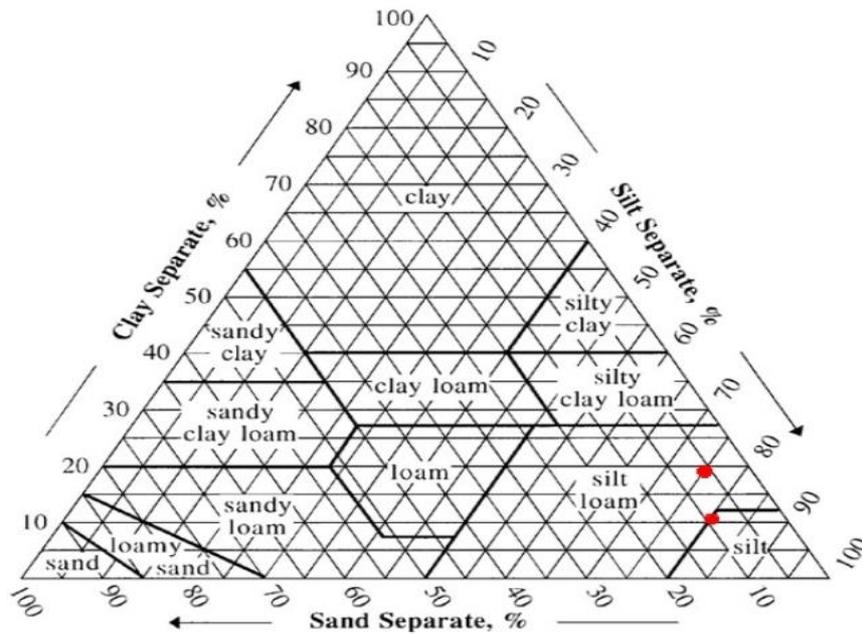


Figure 01: La classe texturale présentée sur le triangle de texture USDA.

Les résultats de l'analyse granulométrique montrent que le sol est **limon-argileux**. une distribution des fractions solide à savoir une faible variation teneur en sable comprise entre 7.4 et 10.27 %, en argile entre 10-18 % et en limon entre 74-79 %.

La proportion en limon est la plus importante dans tous les niveaux de mesure.

1.1.2. Densité apparente et porosité

Tableau 19: Résultats de la densité apparente et de porosité du sol à 20 cm et à 40 cm de profondeur

Point d'échantillonnage	Profondeur (cm)	Da (g/cm ³)	Porosité %
Point 1	20	1.53	42.26
	40	1.82	31.32
Point2	20	1.43	46.03
	40	1.84	30.56
Point3	20	1.51	42.79
	40	1.79	32.45

Pour l'ensemble des mesures réalisées au niveau des trois sites et à deux profondeurs différentes, la densité varie légèrement ; ses valeurs sont comprises entre 1.43% et 1.84 %.

Ces valeurs de densité apparente sont dues à l'abondance des particules limoneuses qui compactent et densifient le matériau (Duchauffour, 1977). Ce qui caractérise le sol de notre parcelle d'étude avec une dominance de texture limoneuse.

-Les valeurs de la porosité dans les différents points d'échantillonnage dans le premier horizon 0-20 cm sont comprises entre 42% et 46%. D'après les normes d'interprétation de la porosité (Mémento de l'Agronome, 1993), la porosité de l'horizon de surface est **médiocre**.

Les valeurs de la porosité dans le deuxième horizon 0-40 cm sont comprises entre 30% et 32%., le sol de cet horizon présente en général **une mauvaise porosité**.

La porosité faible d'un horizon peut entraîner une résistance mécanique plus importante à la pénétration des racines et il aura également un coefficient de perméabilité à l'eau nettement inférieur par rapport à un sol à porosité moyenne à élever.

1.2 : Résultat des caractéristiques chimiques du sol :**1.2.1 : PH et conductivité électrique****Tableau 20 :** Résultats des analyses chimique du sol ; pH , CE

Point d'échantillonnage	Profondeur (cm)	pH eau	pH KCl	CE (1/5) $\mu\text{s/cm}$
Point 1	20	7.65	7.61	210
	40	7.77	7.61	190.5
Point 2	20	8.19	7.63	174.8
	40	8.04	7.62	272
Point 3	20	7.93	7.69	262
	40	7.91	7.60	241

Les résultats du pH indiquent que le sol est **légèrement alcalin**. La conductivité électrique de la profondeur de 20 cm varie entre 174 et 262 $\mu\text{s/m}$ de l'extrait dilué 1/5. A 40 cm de profondeur la CE (1/5) varie entre 190 et 272 $\mu\text{s/m}$ de l'extrait dilué 1/5. Donc ces valeurs de conductivité électrique ont un effet négligeable sur le rendement des cultures, (**sol non salé**).

1.2.2 : Résultats d'analyse de la matière organique totale :**Tableau 21 :** Les teneurs en matière organique des échantillons étudiés

Point d'échantillonnage	Profondeur (cm)	MO%
Point 1	20 cm	2.8
	40 cm	3.08
Point 2	20 cm	1.48
	40 cm	2.8
Point 3	20 cm	2.75
	40 cm	2.3

Les résultats montrent que le sol présente **une teneur moyenne en matière organique**.

1.2.3: Analyse des éléments minéraux du sol :

Tableau 22 : Résultats des éléments minéraux dans le sol :

Point	Point 1		Point 2		Point 3	
Profondeur (cm)	20	40	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm
Ca²⁺ (mg /100g)	9.615	8.015	12.18	9.935	9.615	10.9
Mg²⁺(mg /100g)	3.455	4.22	3.26	6.91	6.335	2.11
Th (Ca²⁺/Mg²⁺) (mg /100g)	13.075	12.24	15.445	16.85	15.955	13.01
K+ (mg /100g)	1.925	2.485	4.165	4.165	1.365	3.045
Na²⁺ (mg/100g)	0	0.38	0.38	0	0.38	0
N2 (mg/100g)	450	500	550	550	900	600

1.2.4 : Interprétation des résultats de calcaire totale

Tableau 23 : Résultats des analyses de calcaire total.

Point d'échantillonnage	Profondeur	Taux de calcaire totale %
Point 1	20 cm	25.43
	40 cm	27.33
Point 2	20 cm	29.28
	40 cm	29

Les sols prélevés présentes pratiquement les memes teneurs en carbonne dans les deux profondeurs 2à cm et 40 cm. D'après les normes d'interprétation du calcaire totale le sol de notre parcelle est **fortement calcaire**

1.2.5 : Interprétation des résultats de phosphore.

Tableau 24 : Résultats des analyses de phosphore.

Point d'échantillonnage	Profondeur	P%
Point 1	20 cm	0.015
	40 cm	0.006
Point 2	20 cm	0.024
	40 cm	0.029
Point 3	20 cm	0.014
	40 cm	0.028

Les trois point d'échantillonnage présentent des valeurs différentes. D'après les normes d'interprétation du phosphore de sol de notre parcelle est **pauvre de phosphore**.

1.2.6. Resultants d'analyse d'eau d'irrigation.

	Ca ²⁺	Mg ²⁺	TH	Na ²⁺	K ⁺	P	cl-	So4 2
[c]mg /l	192.384	153.6	345.984	23.846	3.851	<0.2	13.8	3000

SAR : 0,31 meq/l

D'abri les normes d'interprétation de SAR d'eau d'irrigation **très bonne qualité**.

1.3. Ajustement statistique des Pluie .

1.3.1. Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss :

On a utilisé le logiciel **HYFRAN**, les résultats obtenus sont montrés dans le tableau

Tableau 25: Ajustement à la loi de Gauss

T = 1/q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement)			
P. Retour	Fréquence	Quantile	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
10	0.9000	460	26.1	409 – 511
5	0.8000	416	22.4	372 – 460
2	0.5000	332	19.2	295 – 370
1.25	0.2000	249	22.4	205 – 293

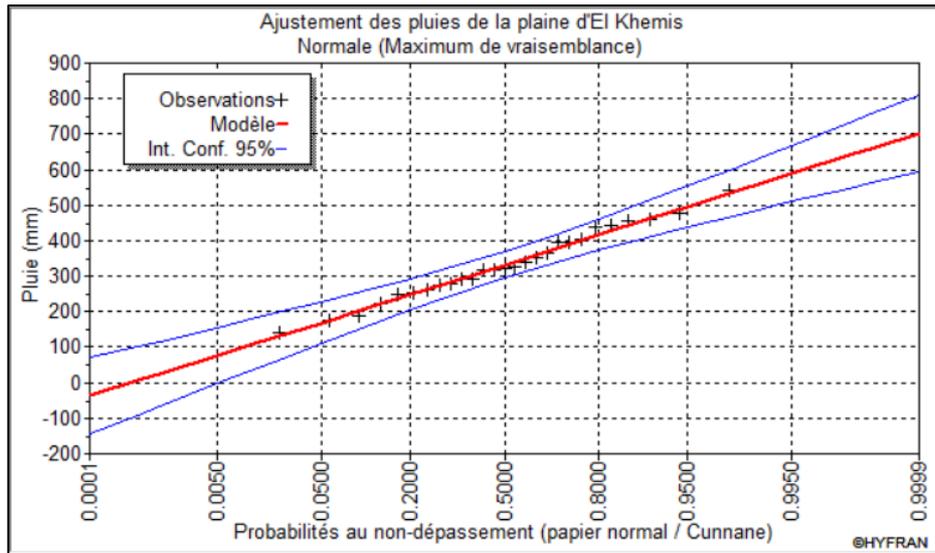


Figure 01 : Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss.

1.3.2. Ajustement des pluies annuelles à la loi de Galton.

Tableau 26: Ajustement à la loi log normale

T = 1/q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement)			
P. Retour	Fréquence	Quantile	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
10	0.9000	481	40.8	400 – 561
5	0.8000	417	30.4	357 – 476
2	0.5000	317	19.8	278 – 356
1.25	0.2000	241	17.6	207 – 276

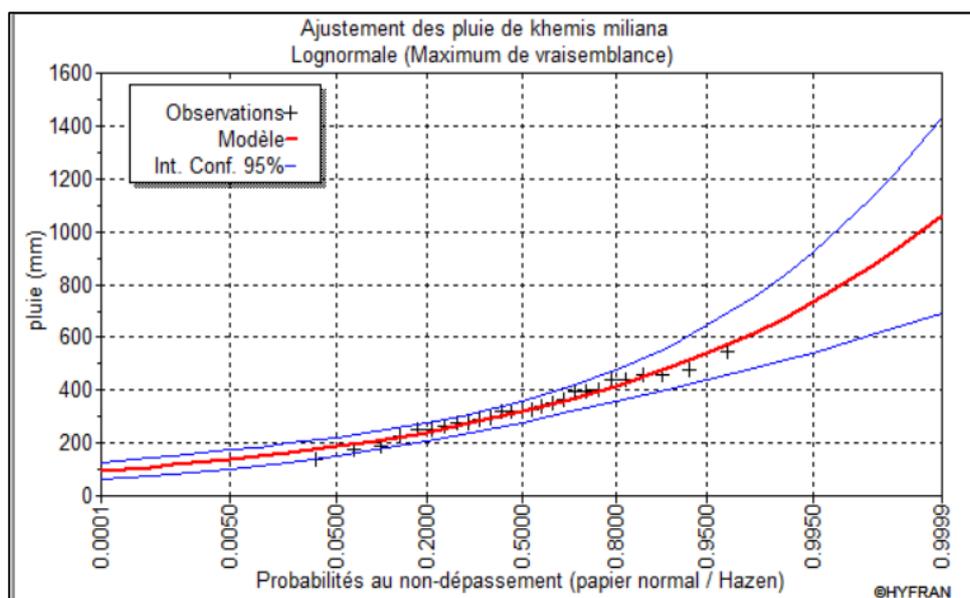


Figure 02: Ajustement des pluies annuelles à la loi log-Normale

1.3.3. Test de validité de l’ajustement à la loi choisie

Pour le calcul nous avons utilisé le logiciel HYFRAN

Tableau 27.: Test de validité des deux ajustements

Loi normale	Loi log normale
$\chi^2_{calculé} = 2.81$	$\chi^2_{calculé} = 0.74$
Degré de liberté $\gamma = 4$.	Degré de liberté $\gamma = 4$.
$\chi^2_{théorique} = 9.488$	$\chi^2_{théorique} = 9.488$

D’après le test de Khi carré, on déduit que la loi log-Normale s’ajuste mieux aux pluies annuelles par rapport à la loi log normale, ($\chi^2_{calculé} < \chi^2_{théorique}$).

1.3.4 Détermination de l’année de calcul :

Puisque la loi log-normale est la plus adéquate, on l’a utilisé pour l’estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région. On déduit les résultats suivants :

$P_{théorique\ 80\%} = 250\text{mm}$. $P_{théorique\ 50\%} = 300\text{mm}$.

Les pluies mensuelles utilisées pour le calcul et pour le dimensionnement du réseau d’irrigation sont présentées comme suit :

Tableau 28: Précipitation moyenne mensuelle de l’année de calcul

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc	Jan	Fév.	Mars	Avar	Mai	Juin	Juil.	Aout
$P_{moy80\%}$ (mm)	19.19	22.49	37.79	36.81	34.99	34.72	34.46	28.32	13.49	7.9	1.86	4.49

1.3.5. Calcul des besoins en eaux des cultures

L’évapotranspiration de référence ET_0 a été calculée à l’aide du logiciel **CROPWAT V.8**

Tableau 29: Evapotranspiration de référence.

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc	Jan	Fév.	Mars	Avar	Mai	Juin	Juil.	Aout
ET_0 (mm/ mois)	123.4 4	80.47	47.32	33.27	39.65	44.45	77.77	98.30	138.8 7	154.7 1	175.2 9	164.8 6

Tableau 30 : Besoins en eau d’irrigation de la pomme de terre.

mois	p moy (mm)	pluies eff	ET0	KC	ETM	RFU réelle	besoin net	besoin brute
septembre	23,03	15,35	123.44					
octobre	27	17,99	80.47					
Novembre	45,36	30,23	47.32					
Décembre	44,18	29,45	33.27					
Janvier	41,99	27,99	39.65					
Février	41,67	27,77	44.45					
Mars	41,36	27,57	77.77	0,5	38,885	7,93	7,35	7,737345
Avril	33,99	22,66	98.30	0,65	63,895	15,86	37,27	39,234129
Mai	16,79	11,19	138.87	1,15	159,7005	31,73	132,6455	139,635918
Juin	9,48	6,32	154.71	0,75	116,0325	31,73	93,8475	98,7932633
Juillet	2,23	1,48	175.29					
Août	5,39	3,59	164.86					

2. Suivi de l’état hydrique du sol

A : à 20 cm de profondeur

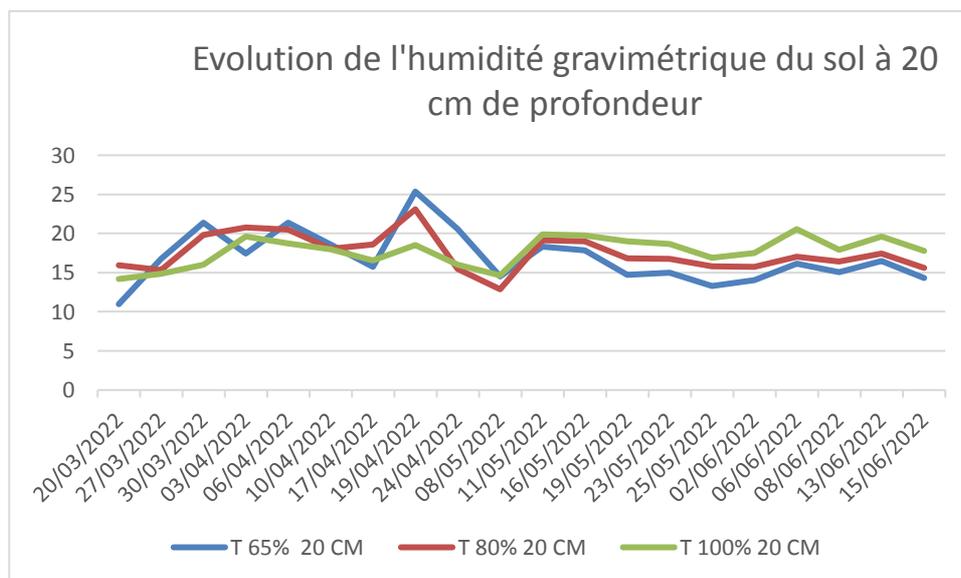


Figure 03 : Evolution de l’humidité gravimétrique du sol à 20 cm de profondeur

On remarque que la teneur en eau enregistré à 20 cm de profondeur dans le sol sur la période pluviale (du 20 mars au 8 mai) varie entre 14% et 25 % dans tous les traitements en fonction de la pluie et de la température de sol, comme les montres les graphes où elle augmente après chaque précipitation et diminue par la suite sous l’effet de la chaleur et de l’évaporation des couches superficielles, et atteint le pourcentage le plus élevé (25.35%) le 14/04/2022 au niveau du traitement T 65% d’ETM.

A partir du jour de déclenchement de l'irrigation déficitaire le 10/05/2022, on constate une augmentation progressive et inégale de la teneur en eau entre les traitements, pour le traitement T100% les pourcentages de la teneur en eau enregistrés sont considérés comme des valeurs très élevées par rapport aux valeurs enregistrées dans les autres traitements qui varient entre (25.54% et 16.9%), ceci est basé sur la quantité d'eau d'irrigation fournie à chaque traitement, la valeur la plus faible enregistrée au cours de cette période était de 13.32% (T65%) le 25/05/2022.

L'humidité varie beaucoup plus en surface, En effet, dans cette zone les effets conjoints des paramètres climatiques (évaporation directe du sol en plus de l'eau par la culture, apport d'eau par irrigation et pluie) se font sentir davantage.

B. à 40 cm de profondeur :

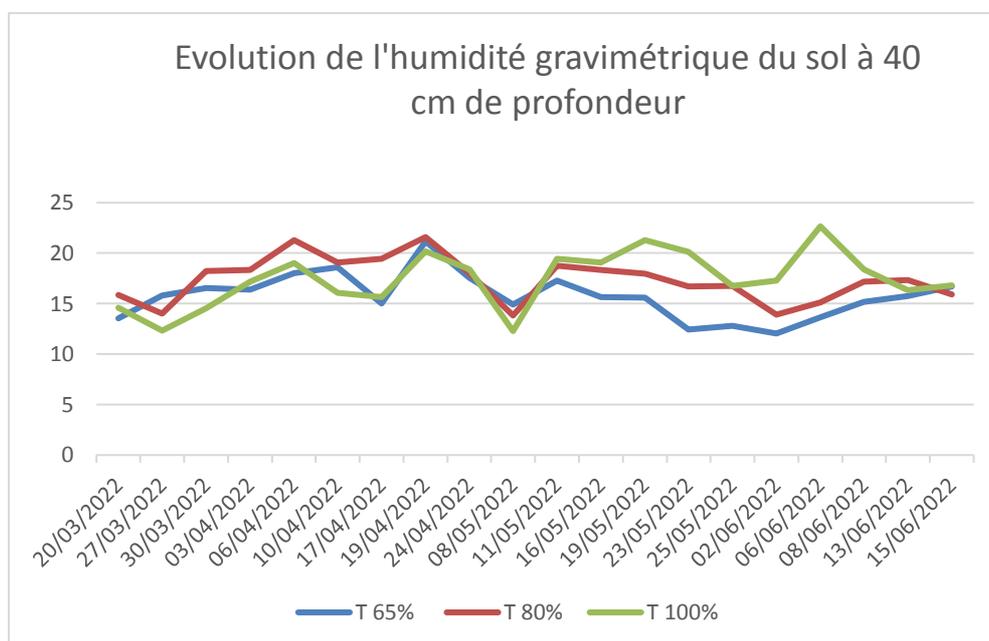


Figure 04 : Evolution de l'humidité gravimétrique du sol à 40 cm de profondeur

On remarque que la teneur en eau enregistrée au niveau de l'horizon 20-40 cm de profondeur dans le sol sur la période (20 mars au 8 mai) varie d'une manière similaire et faible en comparaison avec celle de 20 cm de profondeur, elle augmente après chaque période pluviale puis diminue sous l'effet de la chaleur et de l'évaporation et atteint le pourcentage le plus faible (12.28%) le 08/05/2022.

Pendant la période d'application de l'irrigation déficitaire à partir du 11/05/2022 jusqu'à la récolte on constate une variation entre les pourcentages de la teneur en eau entre les traitements. Pour le traitement T65% les valeurs de la teneur en eau enregistrées à ce niveau sont les plus faibles par rapport au niveau des autres traitements cela est dû à la faible quantité d'eau d'irrigation utilisée pour l'irrigation au niveau de ce traitement par rapport aux autres traitements,

cela est également dû à la mauvaise porosité du sol dans le deuxième horizon 20-40 cm (varie entre 30% et 32%).

3. Evolution de la croissance végétative

3.1. Evolution de la longueur de la tige

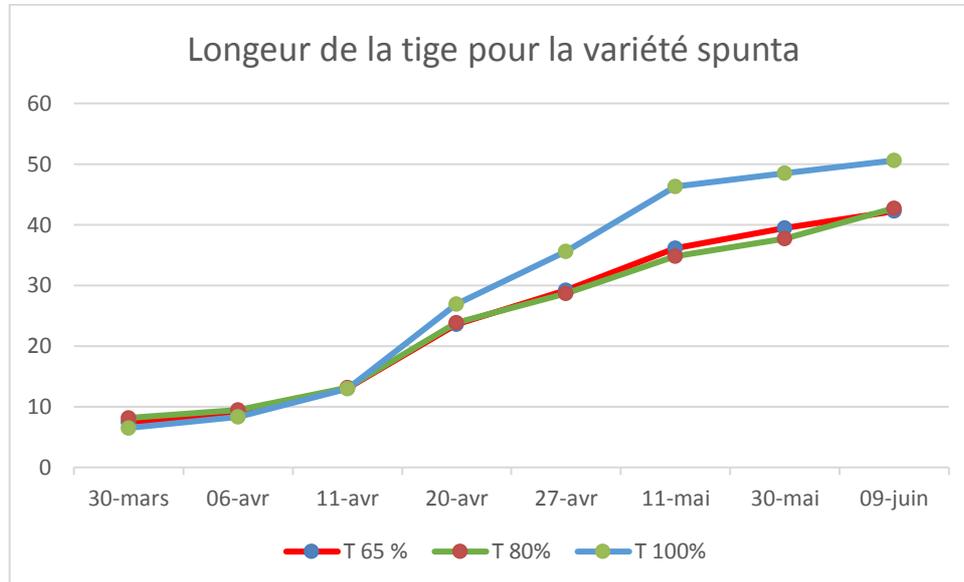


Figure 05 : Evolution de longueur de la tige pour la variété spunta.

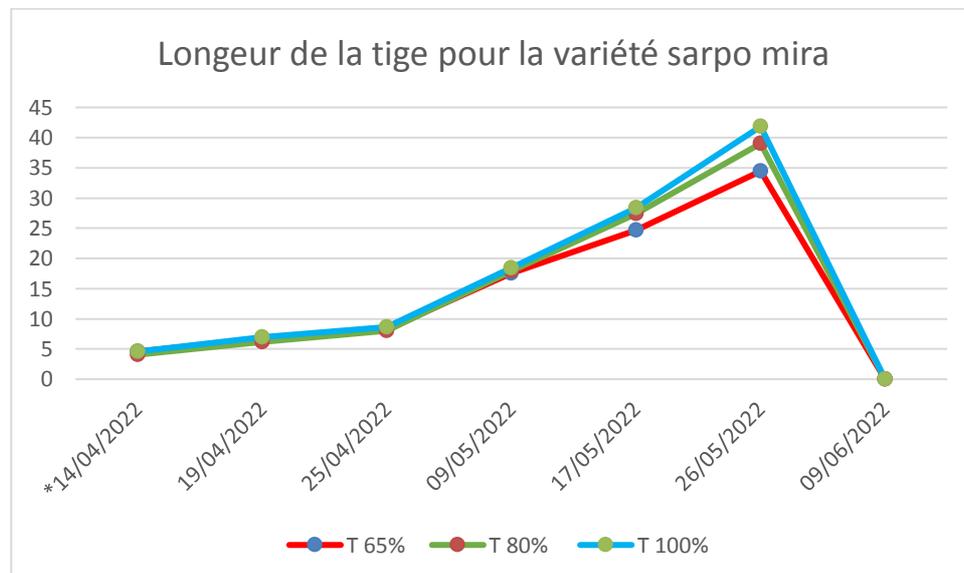


Figure 06 : Evolution de la longueur de la tige pour la variété sarpo mira

D'après les résultats obtenus on remarque une différence significative dans la longueur de la tige des plantes entre les traitements d'irrigation appliqué, car la longueur la plus élevée a été observé au niveau de traitement T100% ETM pour les deux variétés (elle atteint 50.2 cm le 09/06/2022 pour la variété spunta) et (41.84 cm le 26/05/2022 pour la variété sarpo mira).

La longueur de la tige enregistrée au niveau de traitement T 65% ETM était inférieure à celle de T 80% ETM pour les deux variétés. Ceci est dû à l'effet l'irrigation déficitaire De plus, une

humidité élevée pendant les différents stades de développement végétatif augmente la longueur de la tige.

L'augmentation de l'humidité du sol de 20 à 80 pour cent de la capacité de rétention d'eau augmente le taux de croissance des tiges, le poids sec des tubercules, le taux net de photosynthèse et le nombre de tubercules (Krug et Wise, 1972).

De nombreux auteurs ont montré que la contrainte hydrique chez les végétaux entraîne de **multiples effets : diminution de la vitesse de croissance** (Halbrecq, 1998 ; Deblonde & Ledent, 2000), perturbation de la balance hormonale avec une augmentation de la teneur en acide abscissique (Bray, 1997) et diminution de la teneur en cytokinines (Hare *et al.*, 1997), Accumulation de soutes augmentant le potentiel osmotique (Salsac & Monneveux, 1991 ; Bohnert & Jensen, 1996 ; Bussis *et al.*, 1997), modification du métabolisme glucidique et lipidique (Geigenberger *et al.*, 1997, 1998, 1999),

3.2 Evolution de la hauteur de la plante (rameau +feuille)

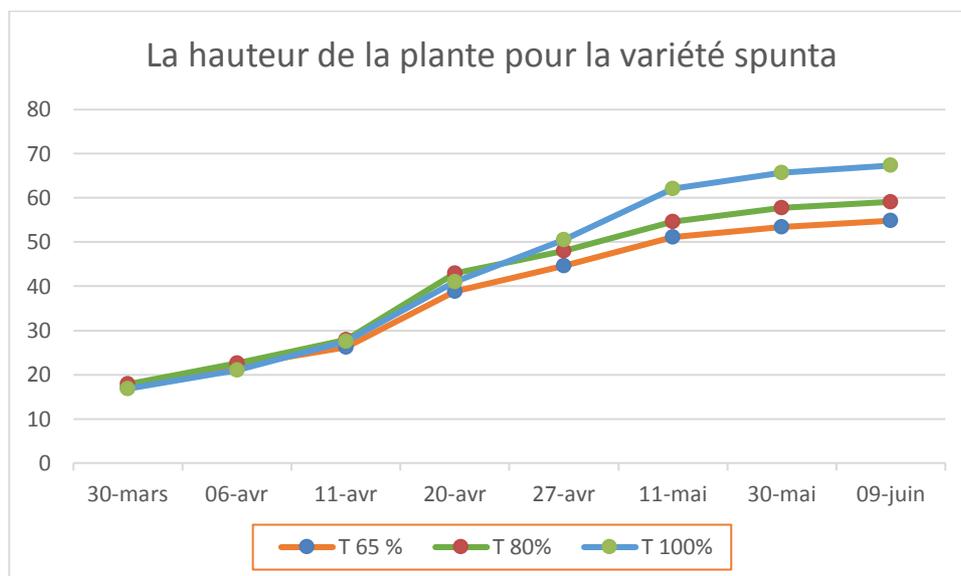


Figure 07 : Evolution de la hauteur de la plante pour la variété spunta

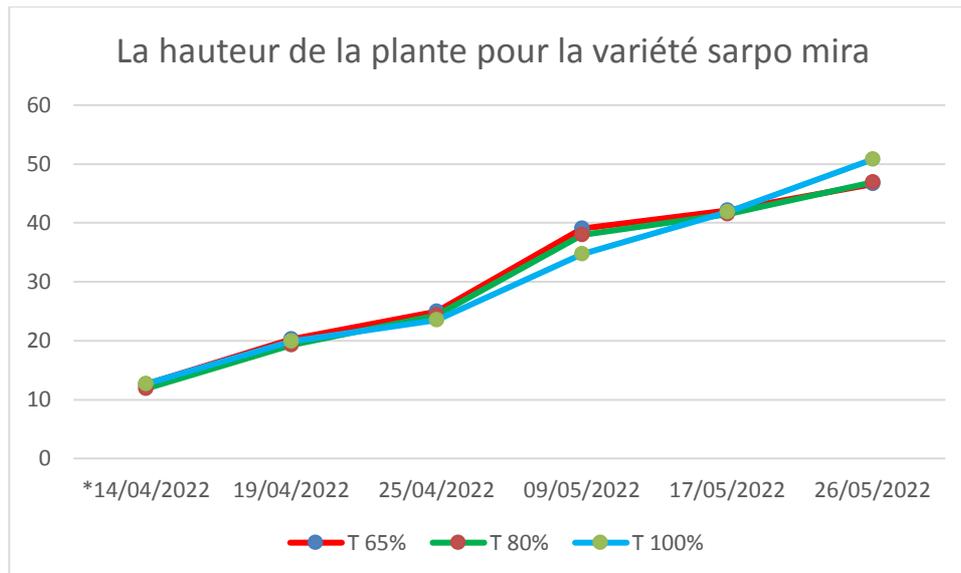


Figure 08: Evolution de la hauteur de la plante pour la variété sarpo mira

Sur la période pluviale jusqu'à le 10/05/2022 (stade de développement + stade de formation des tubercules) nous constatons une augmentation rapide et égale de la hauteur de la plante au niveau des différents traitements, car le sol a reçu la même quantité d'eau d'irrigation.

A partir du 11/05/2022 on remarque une différence de la hauteur de la plante entre les traitements, la hauteur la plus élevée a été observé au niveau de traitement T100% ETM pour les deux variétés (elle atteint 67.35 cm le 09/06/2022 pour la variété spunta) et (50.78 cm le 26/05/2022 pour la variété sarpo mira). L'irrigation déficitaire diminue la croissance des plantes, le rendement en tubercules, le nombre de tubercules par plant, (MacKerron et Jef feries, 1988; Dalla Costa et al. 1997 ; Yuan et al. 2003). Mais il existe des différences significatives entre les deux variétés pour faire face au stress hydrique (Ahmadi et al. 2014 ; Mattar et al. 2021

3.3. Evolution de nombre de tige par plant

3.3.1. Nombre de tige par plante variété spunta

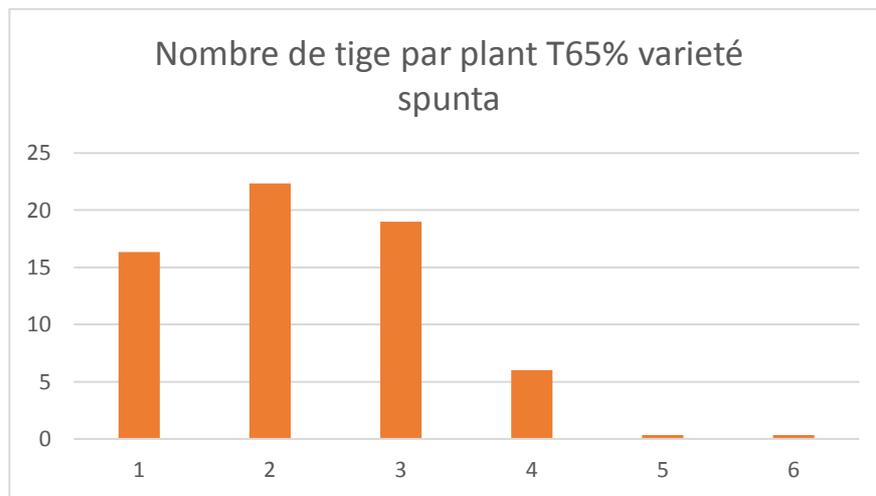


Figure 09: Evolution de nombre de tige par plant pour la variété spunta T65%

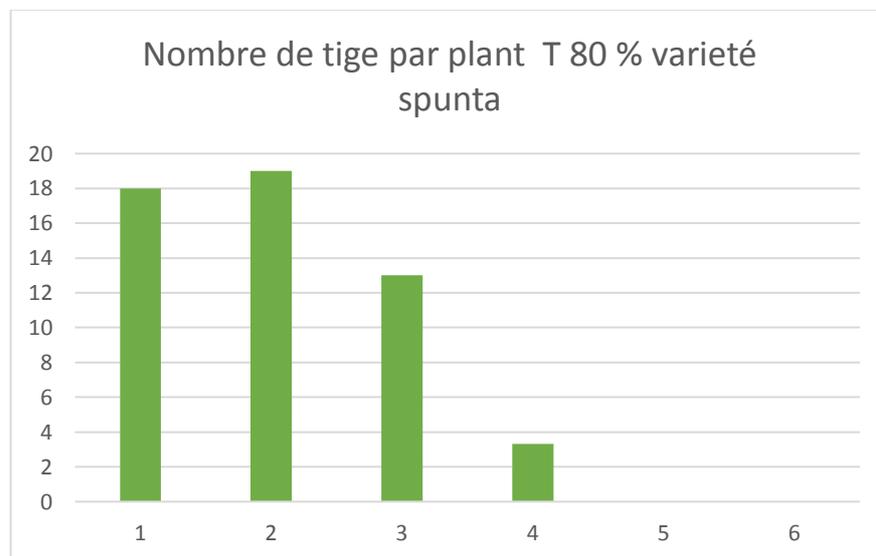


Figure 10 : Evolution de nombre de tige par plant pour la variété spunta T80%

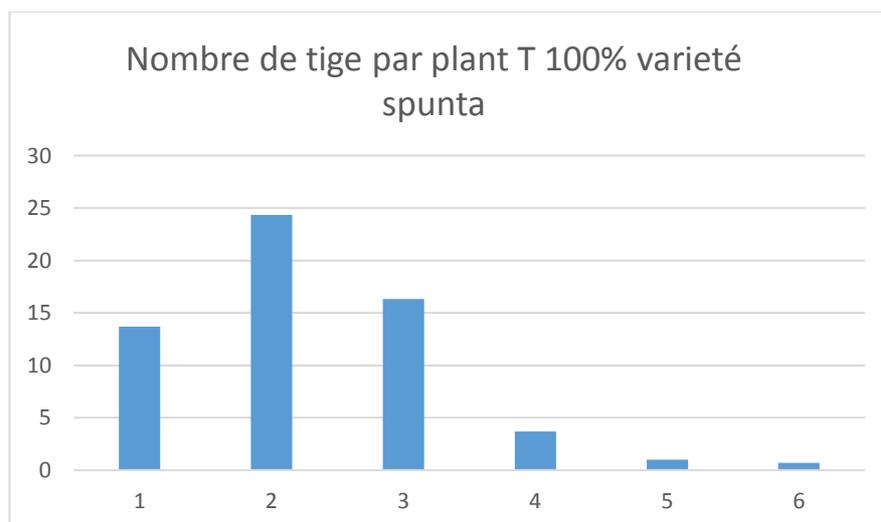


Figure 11 : Evolution de nombre de tige par plant pour la variété spunta T100%.

3.3.2. Nombre de tige par plante variété sarpo mira

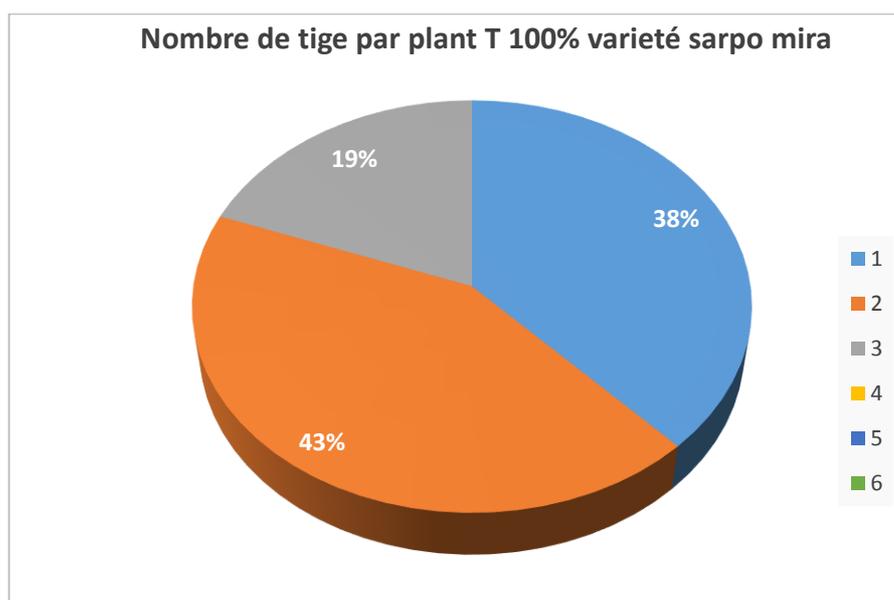


Figure 12 : Evolution de nombre de tige par plant pour la variété sarpo mira T100%

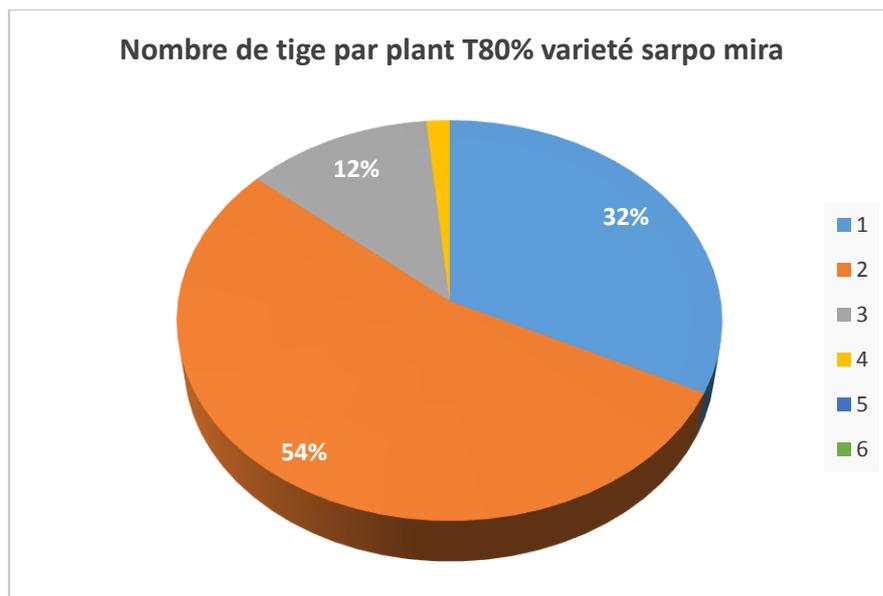


Figure 13 : Evolution de nombre de tige par plant pour la variété sarpo mira T80%

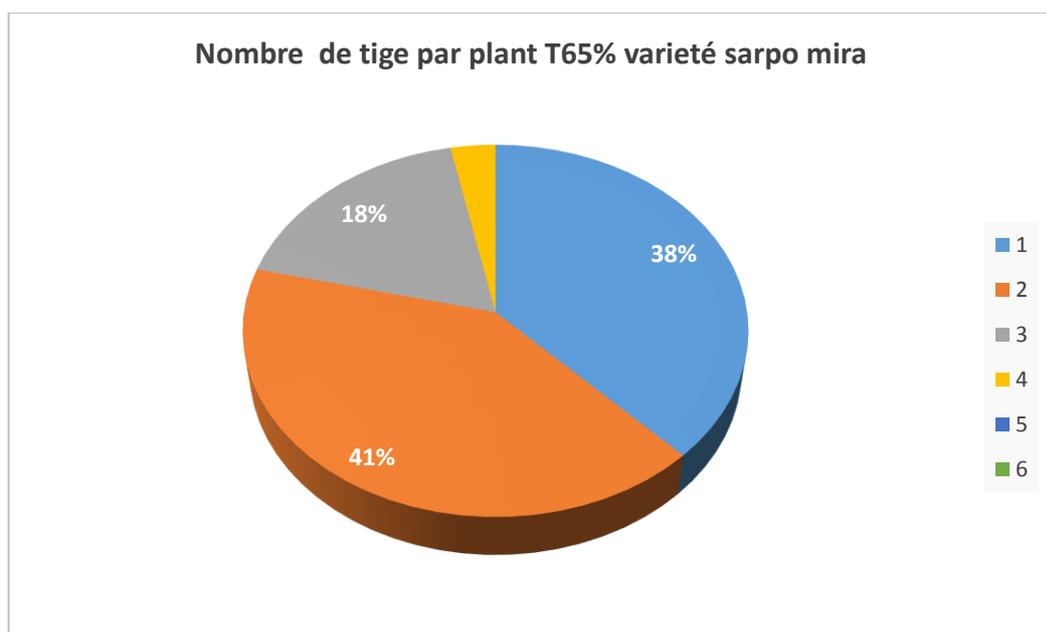


Figure 14: Evolution de nombre de tige par plant pour la variété sarpo mira T65%

Il n'y a pas de différence significative entre les différents traitements d'irrigation appliqués et le nombre de tige par plant pour les deux variétés, car celui-ci est déterminé par le nombre d'yeux des tubercules mères et de leur calibre et il ne dépend pas de la quantité d'eau d'irrigation donnée. Selon (Allen et Wurr, 1997) le nombre de tige par plant est un facteur agronomique important pour la production de pomme de terre, car, sa disponibilité est importante pour la production des tubercules. Le rendement par plant est inversement proportionnel au nombre de

tiges par plant. D'autres, comme ABD EL MONAIM (1999), explique que le nombre de tige par plant est lié essentiellement avec le nombre de germes par tubercule.

3.4 Evolution de la surface foliaire

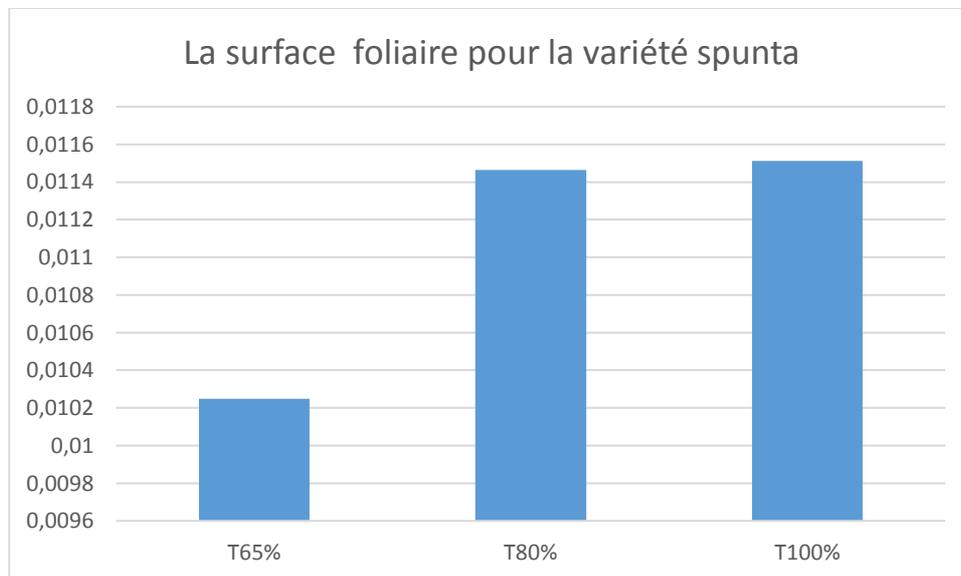


Figure 15 : Evolution de la surface foliaire entre les différents traitements (v1)

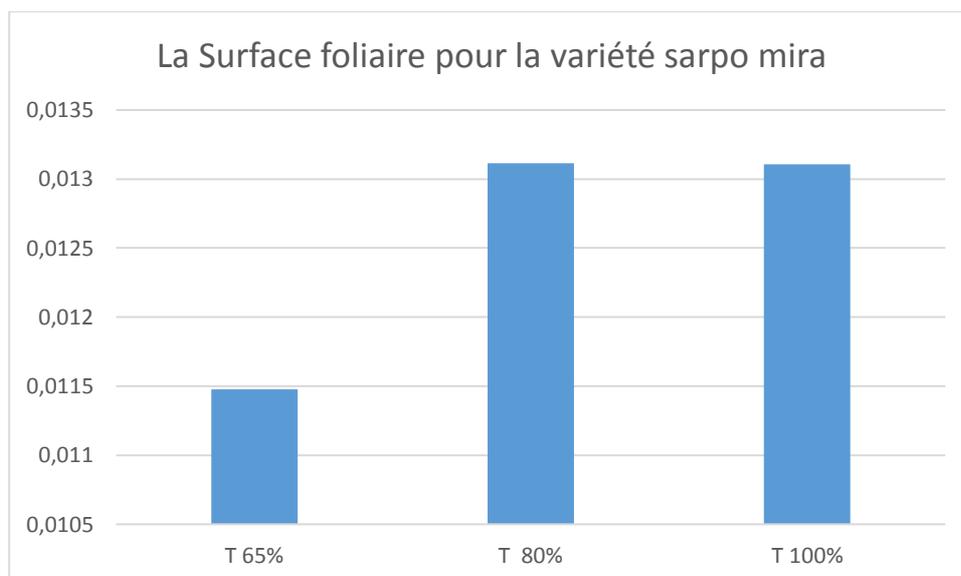


Figure 16 : Evolution de la surface foliaire entre les différents traitements (v2)

D'après les résultats obtenus on remarque que la surface foliaire la plus élevée enregistrée au niveau de traitement T100% pour la variété spunta et au niveau de traitement T 80% pour la variété sarpo mira et la plus faible enregistrée au niveau de traitement T65%,

L'évolution de la surface foliaire en fonction de la dose d'irrigation pourrait s'expliquer par une réduction du nombre de feuilles ou une sénescence précoce de ces dernières en condition hydrique limitant. Kramer et Boyer (1995), Lebon (2006) a montré également que la diminution de la surface foliaire sous le régime hydrique limitant est un mécanisme adaptatif des plantes

visant à limiter leur transpiration foliaire lorsque les conditions hydriques deviennent défavorables.

Selon (Amokrane *et al.* 2002) Un autre type d'adaptation foliaire développé par la plante face à un manque d'eau est l'enroulement de la feuille qui peut être considéré comme un indicateur de perte de turgescence en même temps qu'un caractère d'évitement de la déshydratation.

3.4. Contrôle visuel phytosanitaire.

A partir du 16 mai 2022 nous avons remarqué une modification morphologie au niveau des feuilles de certaine culture.



Figure 17: Apparition des maladies (Semai et Hadouche 2022).

Après examiné les feuille on à découvert que les cultures ont été touchées Par l'alternariose.

L'alternariose : est une maladie fongique causée par *alternaria solani* ou *alternaia alternata*. C'est une maladie qui provoque une maladie de la sénescence précoce des feuille qui peut causer des pertes importantes dans rendement en cas d'attaque précoce

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans le cadre du modèle « plus de culture par goutte », l'augmentation de la productivité de l'eau consommée dans l'agriculture irriguée est devenue l'un des principaux axes de développement des systèmes d'irrigation. Dans ce contexte, évaluer la performance des technologies d'irrigation et leur capacité à réduire la consommation d'eau est un préalable à l'amélioration de l'utilisation de l'eau dans l'agriculture. La technologie d'irrigation impliquée dans ce travail est une technologie d'irrigation goutte à goutte qui a été modélisée afin d'évaluer ses performances agricoles dans différents contextes climatiques.

Le travail réalisé dans ce mémoire nous a permis d'avoir certaines données sur l'effet de l'irrigation déficitaire sur deux variétés de pomme de terre (spunta et sarpo mira) au niveau des trois traitements (65% 80% 100%) à savoir : les paramètres morphologiques, physiologique et biochimique de la culture ainsi que le suivre l'état hydraulique du sol .

Les résultats suggèrent conclusions suivantes:

La plante végète d'une manière spectaculaire après l'application de l'irrigation déficitaire.

Les différents enregistrés au niveau de (La longueur de la tige, La hauteur de la plante, La nombre de tige par plant, et La surface foliaire) ne sont pas dues à l'irrigation déficitaire qu'a commencé d'être pratique bien après leur apparitions.

Le traitement d'irrigation déficitaire T1 permet d'économiser de grandes quantités d'eau d'irrigation (65%) et d'améliorer la productivité de l'eau mais en acceptant une certaine chute du rendement.

L'efficacité d'utilisation de l'eau pour la production de pomme de terre obtenues avec les traitements d'irrigation déficitaire (T1 et T2) est significativement différente avec le traitement T3

Références bibliographiques

Références bibliographiques

ABD EL MONAIM HASSEN A. (1999). Production de pomme de terre. Maison arabe de l'édition et la distribution. 446P. (en arabe).

ATTIA F., 2007. Effet du stress hydrique sur le comportement éco physiologique et la maturité phénologique de la vigne (*Vitis vinifera* L.) : Etude de cinq cépages autochtones de Midi-Pyrénées. Thèse INP, Toulouse (France), 194p.

AHMED BEY, 2011 ; Algérie ; Ain Defla : la pomme de terre (article ; Article est issue du dossier « Agriculture africaine en jeux et perspective ». **ANONYME, 2000a** ; Histoire de la pomme de terre ; Fédération des Producteurs de pomme de terre de Québec (FPPTQ) : www.fpptq.qc.ca.

AMOKRANE, A., BOUZERZOUR, H., BENMAHAMMED, A., DJEKOUN, A. 2002. Caractérisation des variétés locales, syriennes et européennes de blé dur évaluées en zone semi-aride d'altitude. Sciences et Technologie, numéro spécial D, 33-38.

ALONGO, s. & KAMBELE, F., 2013. Évolution de la densité apparente et du rapport c/n Du sol sous les variétés exotiques et locales de manioc dans les conditions naturelles de Kisangani (R.D.Congo). Annales de l'Institut Facultaires des sciences agronomiques de Yangambi, Volume 1, pp. 197-214.

AZOUGGAGH M., 2001. Transfert de technologie en agriculture bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA.MADREEF/ DERD N81, juin 2008.

BAMOUEH H., (1999). Technique De Production De La Culture De Pomme De Terre, Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA, N° 58, p .p.1- 5.

BELGUENDOZ A., 2012- Essai de substitution des milieux de culture en micro propagation et la physiologie de la micro tubérisation de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*. L). these de magister: Universities AbouBekr Belkaid, Tlemcen.184p

BENDER j., TINGEY D.J., RODECAP K.D. AND CLARK c. 1991. Physiological and Biochemical Response of Bush Bean (*Phaseolus vulgaris*) to ozone and drought stress. J.Plant physiol .vol137, 285-750.

BERGER A. 1973. Le potentiel hydrique et la résistance à la diffusion dans les stomates indicateurs de l'état hydrique de la plante .In : Réponse des plante aux facteurs climatique. Actes coll.uppsala, 1970, 201-212.

BERNHARDS U., 1998 ; La pomme de terre *Solanum tuberosum* L. Monographie, Institut National Agronomique Paris – Grignon.

BOUCHABKE O., TARDIEU F. & SIMONNEAU T., 2006. Leaf growth and turgor in growing cells of maize (*Zea mays* L.) respond to evaporative demand under moderate irrigation but not in water-saturated soil. Plant Cell and Environment, 29 (6): 1138-1148.

Références bibliographiques

- BLAKE, R. & HARTAGE, K., 1986.** Bulk density. Methods of soils analysis. Soil science, 1(2), pp. 363-375.
- BARAGE M., BALLA A., ADAM T., 2006.** Identification des sources de tolérance au stress hydrique sur des espèces sauvages de la famille des Cucurbitacées en culture in vitro. Biotechnologie. Argon. Soc. Environ., 10 (1) : 3-6
- BOUFARES., 2012-**Comportement de trois variétés de pommes de terre (Spunta, Désirée et Chubaek) entre deux milieux de culture substrat et hydroponique p3- 4-6-7.
- BOULAIN J., 1957.** Étude des sols des plaines du Cheliff. 582 p
- BOULAIN J., 1989.**Histoire des pédologues et de la science du sol. Ed INRA ; 285 p
- CENTRE CANADIEN DE TELEDETECTION 2004.** Mesures biophysiques à partir de plate-forme orbitale. Ressource Naturelles Canada, [Available online from http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/rd/apps/landcov/biophys/biophys_f.html].
- CHABAH A, 2016.** Contribution à l'étude de la production de quelques variétés de pomme de terre dans la région de Tlemcen. Mémoire master .université de Tlemcen.63p
- CHAVES M.M., PEREIRA J.S., MARCO J., RODRIGUES M.L., RICARDO c.P.P., OSORIO M.L., CARVALHO I., FARIA T. & PINHEIRO C ., 2002.** How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. Annals of Botany 89: 907-916.
- CHAVES, M.M.; PEREIRA, J.S.; MAROCO, J.; RODRIQUES, M.L.; RICARDO, C.P.P.; OSORIO, M.L. CARVATHO, I; FARIA, T. and PINHEIR, C.; 2002.** How plants cope with water stress in the field.
- CHERIER K et REZZAG S, 2017.** Suivi de la culture de pomme de terre de saison au niveau de cinq communes de la wilaya de Mostaganem .Mémoire master 2 en agronomie .Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem .74p
- CHARRIERI A. & This D.,1997.** Relationships between relative water content and growth parameters under water stress in barley: a QTL study. New Phytol137: 99-107.
- DIOUF J., 2009.** Année internationale de pomme de terre. Eclairage sur un trésor enfoui. Compte rendu de fin d'année, Rome. 134P Et à la profondeur de semis ; Mém Mag Agr, université Hadj Lakhdar Batna ; p26
- DHW (2009).** Etude d'inventaire de développement de la PMH
- FAOSTAT, 2020.** URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize/>. 85. (accédé: 02 Septembre 2020)

Références bibliographiques

HAWKES J.G., 1990; the potato, Evolution, biodiversity and biotechnology genetic resources: London, Belhaven Press, 259 p.

HIRECHE Y., 2006, Réponse de la luzerne (*Medicago sativa*L.) au stress hydrique .

HALBERECQ, VEDOVE-DELLE G et ALL. 1998. Rendement, efficacité de l'utilisation de l'eau et absorption d'azote chez la pomme de terre, Influence du stress hydrique. Recherche sur la pomme de terre. 40 : 19-34, dans CAB abstracts (base de données) National Agriculture Library, USDA.

-JONES M.M., TURNER N.C., OSMAND B., 1980. Accumulation of solutes in leaves of Sorghum and sunflower in response to water deficit .Edit .Aus .J.Plant physiol .VOL.7.pp193.

KRAMER J.P. & BOYER J.S., 1995. Water Relations of Plants and Soils Academie Press, Inc. A Division of Harcourt Brace & Company 525 B Street, Suite 1900, San Diego, California 92101-4495: 482p.

LAUMONIER R., 1979- Les cultures légumières et maraîchères. Tome 2. Ed. J.B., Paris, Pp. 209-230.

LEBON E., 2006. Effet du déficit hydrique de la vigne sur le fonctionnement du couvert, l'élaboration du rendement et la qualité. INERA Sup Agro, UMR, Laboratoire d'Ecophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux, 4p.

-LUDLOW M.M., MUCHOW R. 1990.A critical evaluation of traits for improving crop yields in water limited environnements .A N Agron; 43:107-53.

LUQUET, D. 2002. Suivie de l'état hydrique des plantes par infrarouge thermique - analyse expérimentale et modélisation 3d de la variabilité des températures au sein d'une culture en rang de cotonniers: Institut National Agronomique Paris-Garignon, Paris.

-MAZLIKA P.1982.Croissance et développement .Physiologie végétal II collection Herman, 485.

MACKEORN, DKL, JEFFERIES, RA, 1988. La distribution de la taille des tubercules dans les cultures sèches et irriguées de Patate. I. Observations sur l'effet du stress hydrique sur les rendements gradués de différents cultivars. Pomme de terre Res. 31, 269–278.

PASSIOURA J., 2006. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives; Journal of Experimental Botany, first published; Oxford Journals 5p.

PINDARD A., 2000. La relation stress hydrique-- rendement du maïs en Bresse: quelle perspective de spatialisation? Utilisation d'un simulateur de culture (SnCS).Mémoire d'ingénieur. Etablissement National d'Enseignement Supérieur Agronomique de Dijon (France), 61p.

Références bibliographiques

RAMANJULU S, et BARTELS D., 2002. Drought and dessication induced modulation of gene expression plant cell.25:141-151.

ROUSSELLE P., ROBERT Y., CROSNIER J C.,(1996). La Pomme De Terre – Production, Amélioration, Ennemis Et Maladies, Utilisations. 1 Ed. Paris : INRA Editions. P278

SON DIAKALIA, 2010.effet du stress hydrique sur la croissance et la production du sésame (Sesamum indicum L.).Pp07-10.

TEULAT B.B., MONNEUVEUX P., WERY J., BORRIES C., SOUYRISS I., CHARRIERI A. & This D.,1997. Relationships between relative water content and growth parameters under water stress in barley: a QTL study. New Phytol137: 99-107.

TOUMI I. 2014 : Identification et Biodiversité de L'entamofaune de La Pomme de Terre (Solanum tuberosum L.) dans la Région d'El oued p 2.

Allen R, Pereira LA, Raes D, Smith M.1998. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Rome, Italie.

YUAN B, NISHIYAMA S, KANG Y. 2003. Effet des régimes d'irrigation goutte à goutte sur la croissance et le rendement de la pomme de terre irriguée goutte à goutte. Agric Water Manage., 63(31): 153:167.