

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
FACULTE DES SCIENCES, DE LA NATURE ET DE LA VIE, DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE
En Vue De L'obtention Du Diplôme D'Ingénieur d'Etat en Sciences Agronomiques
Spécialité : Agronomie Saharienne
Option : phytotechnie

THÈME

Etude de la réponse de la pomme de terre aux apports organiques sous les conditions salines des régions sahariennes (Étude de quelques paramètres biométriques et biochimiques)

Présenté et soutenu publiquement le par :

M^{elle}. BENLAMOUDI WIAM

Devant le jury :

Président :	Mr. CHELOUFI .H	M.C.A. Univ. K. M. Ouargla
Encadreur :	Mr . HALILAT .M T	PROF. Univ. Ghardaïa
Promotrice:	M^{elle}. OUSTANI .M	M.A.A. Univ. K. M. Ouargla
Examineur :	M. DJERROUDI.ZIDAN OUIZA	M.A.A. Univ. K. M. Ouargla
Examineur :	Mr. BELLAROUSSI.M	M.A.A. Univ. K. M. Ouargla
Examineur :	M. DRAOUI.N	M.A.A. Univ. K. M. Ouargla

Dédicace

Je dédie ce travail à :

La mémoire de mon père : Larbi , qui se repose en paix.

Ma mère : Khadidja , Puisse dieu vous prêter bonne santé et longue vie afin que je puisse à mon tour, vous récompenser.

Nulle dédicace n'est susceptible de vous exprimer ma profonde reconnaissance et mon immense gratitude pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation.

*A toutes mes chères sœurs , Nahla, Kaou, Ghoughi , Ines .
et mon frère Mohammed Rafik,*

A mes grandes mères daya Yamina, Mannāa

A mes oncles : mes yeux (Kamoli), Belkacem , Rachid et Med Sghir.

A mes tantes : Salima, Haddi , Fatiha, Toutou, et Saïda.

*A toutes mes cousines spécialement : Sara, Houda, Bototo, Azzo, Meriem,
Safa, Marwa, Chafika, Zakia*

A tous mes cousins

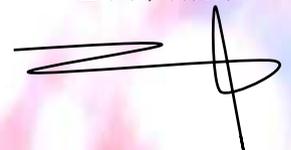
A Wannassa (Abla) que Dieu te protège.

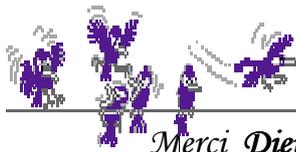
*A mes chères amies (Hadda, Wissem , Nacira , S.Noura , Soumia, Amel, Souad,
Latifa, Nadjet , K.Noura , Ikram, Mabrouka, Naila, Saddik, Bahi, Kirchi, Zoba
, Oussama M, Hamza, Yassin...)*

Trouvez ici le témoignage d'une fidélité et amitié infinie

*A mes chères collègues et amis sans exceptions de section d'Agronomie
2011/2012.*

B. Wiam





Remerciements



Merci **Dieu**, qui m'a créé, m'a protégé, qui est toujours avec moi et qui ne me laisse jamais seule, et merci de m'avoir accordé le courage.

Merci ma chère **Mère**, la source de tendresse.

A **Mr. HALILAT**, trouvez ici mon grand respect, pour vos orientations, votre confiance et disponibilité.

Au terme de ce travail je tiens à remercier ma promotrice **M^{lle}. OUSTANI**, je suis constamment impressionnée de constater à quel point elle m'a aidé pour atteindre mes buts avec ses idées, identifié et stimulé mon potentiel.

Comme nous remercions pleinement: **Mr. CHELOUFI**, de m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider ce jury. Trouvez ici mes vifs remerciements.

Mr. BELLAROUSSI, veuillez trouver ici l'expression de mes profonds sentiments de respect pour le soutien que vous n'avez cessé de me porter.

Mme .DJERROUDI, trouvez ici mon respect et mes remerciements les plus sincères.
Mme. DRAOUI, de m'avoir honoré en acceptant de faire partie de ce juré. Trouvez ici mes vifs remerciements.

Je tiens à remercier très spécialement mon oncle et mes yeux **KAMOLI** et ma tante **SALIMA** (le grand cœur).

Mme MIMOUNI, **Mr. KAHALSSAN** et **Mr CHEHMA**

Que soient également vivement remerciés pour leurs soutiens chaleureux tout en long de mon éducation universitaire.

Mme OUARDIA, **Mr SAID DEBBA**, **Melle ASIA**, merci pour vos conseils et votre accueil très chaleureux de m'avoir aidé au laboratoire, et également un grand merci pour les frères **BEBZIZ** pour vos efforts et aides.

Il m'est agréable d'exprimer mes remerciements à tous mes amis qui m'ont aidé pour le bon achèvement de ce travail (**NOURA S, OSSAMA M, OSSAMA DJ, ABDALLAH L, PEDRO A, CHEKKA K, DBILI, BADRO M**). Ainsi à tous ce qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail.

Résumé

Dans les zones arides, la salinité constitue une contrainte abiotique majeure pour le développement de la pomme de terre, culture stratégique pour notre pays. Pour mettre en évidence l'effet de la fertilisation organique sur l'amélioration de la production de cette culture et l'augmentation de son niveau de tolérance à la contrainte saline, un essai a été installé dans la ferme "BEBZIZ" située dans la région de Ouargla (Hassi Ben Abdallah) au Sud -Est de l'Algérie, suivant un dispositif de type split plot, visant à comparer l'effet de cinq doses croissantes de fumier de volailles (0,30, 40, 50, 60t/ha) et une dose mélange (20t/ha fumier de volailles + engrais minéraux) sur les paramètres biométriques de (croissance végétative et rendement) de la pomme de terre (Spunta), ainsi que, sur la teneur des feuilles en chlorophylle et en solutés organiques et ceci, au niveau de deux sites à des niveaux de salinité croissants (Il s'agit d'un sol peu salé et un sol très salé).

Les résultats obtenus ont montré que quelque soit le degré de la salure dans les deux sites, les doses croissantes de fumier de volailles augmentent significativement tous les paramètres biométriques étudiés par rapport au témoin. L'effet de l'interaction (salinité x fumier) a montré que le meilleur rendement a été enregistré par la dose (60 t/ha FV) dans le site (sol très salé). Aussi à la réponse biochimique de la pomme de terre aux apports organiques portés au sol des deux sites ; l'analyse de la variance relative à la biosynthèse de la chlorophylle et à l'accumulation des solutés organiques a montré que les apports croissants de fumier de volailles ont augmenté les concentrations des feuilles de la pomme de terre en chlorophylle et en solutés organiques. Les plus fortes teneurs en ces derniers ont été obtenues avec la dose (60t /ha) de fumier de volailles et ceci quelque soit le niveau de la salinité. Toutefois, la synthèse chlorophyllienne commence à réduire à partir de cette dose de fumier. Cette étude nous a permis également de retenir la dose 50t/ha comme une dose optimale sous nos conditions expérimentales. Néanmoins, pour bien exploiter les résultats obtenus à grande échelle, la détermination de l'optimum économique est donc indispensable.

Mots clés: Zones arides. Salinité, Pomme de terre, Fertilisation organique, Croissance végétative, Rendement, Chlorophylle, Solutés organiques.

Summary

In arid region , salt constitute an major abiotic constraint for developpement of potato, strategic culture of our country. For obtain an idea to organic fertilizer effect on the production improvement of this culture and increasing his level of tolerance to the salt conditions, a test was installed in "BEBZIZ" farm located in the region of Ouargla (Hassi Ben Abdallah), in South-East of Algeria, following a device split plot, aim to compare five increasing doses of poultry manure (0,30, 40, 50, 60t/ha) and a mixture dose (20t/ha poultry manure + mineral fertilizer) on the biometric parameters of (vegetative growth and yield) of potato (Spunta), as well as, on chlorophyll content and organic solutes of leaves, and this, in two sites have increasing salt levels(It's about modest salt soil and soil very salty).

Results obtain were showed that, however the salt degree in two sites, doses increasing of poultry manure increase significantly all the biometric parameters studding compared with control (no input). Effect of interaction (salt x manure) was showed that the bigger yield was registered by the dose of (60 t/ha PM) on the site (soil very salty). Also in response biochemical of potato for the organic contribution bringing to soil of two sites, variance analyze relating to chlorophyll biosyntheses and to accumulate of organic solutes were showed that increasing contribution of poultry manure was increasing chlorophyll and solutes organic concentrations of leaves. Important contents in these last were obtain with dose (60t /ha) of poultry manure and this however the salt level. However, chlorophyll syntheses begin to reduce with effect from this dose of manure. This study allow equally to keep dose 60t/ha as optimal one under our experimental conditions. Nevertheless, for exploit results obtain on a grand scale, determination economic optimum is necessary.

Key word : Arid region, Salt , Potato, Organic fertilizer, Vegetative growth, Yield, Chlorophyll, Organic solutes .

ملخص

في المناطق الجافة، تكون الملوحة عائق كبير لحيوي لتطور البطاطا، الزراعة الاستراتيجية لبلدنا. لتوضيح تأثير التخصيب العضوي على تحسين الانتاج لهذه الزراعة و زيادة مستواها في التسامح مع عائق الملوحة، أجرينا تجربة في مزرعة بابزيز الواقعة في منطقة ورقلة (حاسي بن عبد الله) في الجنوب الشرقي الجزائري، اتباعا للمخطط المعمول به من نوع سبليت بلوت ، ورغبة في مقارنة أثر خمس جرعات متزايدة لسماذ الدواجن (60.50.40.30.0) و جرعة خليط (20طن/هكتار + سماذ معدني) على الضوابط البيومترية للنمو الخضري ومردود البطاطا (سبونتا)، وأيضا على مضمون الاوراق من اليخضور و المواد المذابة العضوية وهذا ، على مستوى موضعين ذوا مستويين من الملوحة المتزايدة (يتعلق الأمر بتربة قليلة الملوحة وتربة مالحة جدا).

برهنت النتائج المتحصل عليها أنه مهما تكن درجة الملوحة في الموضعين، تزيد الجرعات المتزايدة لسماذ الدواجن بصورة لها دلالتها كل الضوابط البيومترية المدروسة بالنسبة للشاهد. برهن اثر التفاعل (الملوحة * سماذ) أن أحسن مردود قد سجل في الجرعة (60طن/هكتار) في الموضع (تربة مالحة جدا). أيضا في إستجابة البطاطا البيوكيميائية للإسهامات العضوية المحضرة إلى تربة الموضعين، تحليل شروط التغيير المنسوبة الى التركيب الحيوي لليخضور وإلى تكديس المواد المذابة العضوية قد برهن أن الإسهامات المتزايدة لسماذ الدواجن قد صعدت في أوراق البطاطا تراكيز اليخضور والمواد المذابة العضوية. أكبر محتوى لهذان الاخيران قد حصل عليه بالجرعة (60طن/هكتار) من سماذ الدواجن و هذا مهما يكن مستوى الملوحة. بالرغم من هذا، التركيب اليخضوري يبدأ بالتناقص انطلاقا من هذه الجرعة من السماذ. هذه الدراسة تسمح لنا أيضا بالاحتفاظ بالجرعة 60طن/هكتار كأحسن جرعة تحت شروطنا التجريبية. بيد أن، لاستغلال حسن للنتائج المتحصل عليها على أكبر مدى، لابد من تعيين الجرعة الاقتصادية الأمثل.

الكلمات المفتاحية: المناطق الجافة، الملوحة، البطاطا، التخصيب العضوي، النمو الخضري، المردود، اليخضور، المواد المذابة العضوية، ورقلة.

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
ONM	Office National de Météorologie d'Ouargla

FAO	Food and Agriculture Organisation
C.E	Conductivité Electrique
Ph	Pouvoir de l'hydrogène
C/N	Carbone/Azote total
EM	Engrais minéral
U/ha	Unité par hectare
DTE	Dose totale d'engrais
DTF	Dose totale de fumier
FV	Fumier de volaille
ONA	Office National d'Assainissement
CH	Chlorophylle
DO	Densité optique
UV –visible	Ultra Violet visibles
BSA	Sérum albumine bovine
INRA	Institut Nationale de la Recherche Agronomique.
HS	Hautement Significatif
S	Significatif
NS	Non Significatif
CV	Coefficient de variation
CEC	Capacité des changes cationiques
MF	Matière fraiche

Table des matières

Introduction et problématique.....	1
---	----------

Partie I : Matériel et méthodes

Chapitre 1: Présentation de région d'étude (Ouargla).....	6
1.1.Situation géographique et administrative.....	6
1.2. Milieu physique	6
1.2.1.Sol	6
1.2.2.Hydrogéologie	8
1.3. Climat.....	8
1.3.1.Température	8
1.3.2.Précipitation	9
1.3.3.Vents.....	10
1.3.4.Synthèse climatique.....	11
1.3.4.1.Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussien.....	11
1.3.4.2.Climagramme pluviothermique d'Emberge.....	12
Chapitre 2: Matériel et méthodes.....	15
2.1.Station d'étude	15
2.2.Protocole expérimental	16
2.2.1.But.....	16
2.2.2.Conditions de culture	16
2.2.2.1.Matériel édaphique.....	16
2.2.2.2.Matériel organique.....	17
2.2.2.3.Matériel végétal	19
2.2.2.4.Caractérisation analytique de la qualité d'eau d'irrigation.....	20
2.2.3. Facteurs à étudier.....	20
2.2.4. Dispositif expérimental.....	20
2.2.5.Unité expérimental à observer.....	23
2.2.6.Conduite de l'essai.....	23
2.2.6.1.Préparation du	

sol.....	23
2.2.6.2.Epandage des engrais.....	24
2.2.6.3.Plantation.....	26
2.2.6.4.Irrigation.....	27
2.2.6.5.Entretien de la culture.....	28
2.2.6.5.1.Désherbage.....	28
2.2.6.5.2.Buttage.....	28
2.2.6.5.3.Traitement phytosanitaire.....	28
2.2.6.6.Récolte.....	29
2.2. 7. Mode d'analyse statistique.....	29
2.3. Paramètres mesurés.....	29
.....0.....	29
2.3.1.Approche biométriques.....	30
2.3.1.1.Paramètres liés à la croissance végétative.....	30
2.3.1.1. 1. Surface foliaire(SF « cm2 »).....	30
2.3.1.1.2. Nombre de feuilles.....	30
2.3.1.1.3. Nombre de tiges aériennes par plant.....	30
2.3.1.1.4. Hauteur des tiges aériennes.....	30
2.3.1.2. Paramètres liés au rendement.....	30
2.3.1.2. 1.Nombre de tubercules par plant.....	30
2.3.1.2.2.Calibre du tubercule.....	31
2.3.1.2.3.Rendement par plant.....	31
2.3.1.2.4.Rendement total/ha.....	31
2.3.2. Approche biochimique.....	31
2.3.2.1. Dosage de la chlorophylle.....	32
2.3.2.2. Dosage de la proline.....	33
2.3.2.3. Dosage des sucres soluble.....	35
2.3.2.4. Dosage des protéines.....	37
a.Solution alcaline (A).....	37
b. Solution cuivrique (B).....	37
c. Solution (c).....	37
2.3 Paramètres analytiques.....	39
2.3.3.1.Analyses du sol.....	39
2.3.3.1.1.Granulométri.....	39
2.3.3.1.2.Ph du sol.....	39
2.3.3.1.3.Conductivité électrique (25°C).....	40
2.3.3.1.4.Calcaire total.....	40
2.3.3.1.5. Calcaire actif.....	40
2.3.3.1.6.Gypse.....	41
2.3.3.1.7.Carbone organique.....	41
2.3.3.1.8.Azote total.....	41
2.3.3.1.9.Dosage des cations solubles Ca ⁺⁺ , Na ⁺ et K ⁺	42

2.3.3.2. Analyses du fumier	42
2.3.3.2.1. Carbone organique	42
2.3.3.2.2. Dosage de l'azote total.....	42
2.3.3.2.3. Dosage du Ca ⁺⁺ , K ⁺ , Na ⁺ dans le fumier.....	42

Partie II : Résultats et discussions

Chapitre 1: Approche biométrique.....	45
--	-----------

1.1. Effets des doses de fumier de volailles sur les paramètres biométriques en fonction de degré de la salure dans deux sites expérimentaux	45
--	----

1.1.1. Effets du fumier de volailles sur les paramètres liés à la croissance végétative.....	45
1.1.1.1. Surface foliaire (cm.....)	45
1.1.1.2. Nombre de feuilles par plant	47
1.1.1.3. Nombre de tiges par plant.....	48
1.1.1.4. Hauteur de tiges par plant	50
1.1.1.5. Résultats synthétiques	52
1.1.1.6. Discussion et conclusion	52
1.1.2. Effets des doses de fumier de volailles sur les paramètres liés au rendement.....	54
1.1.2.1. Nombre de tubercules par plant.....	54
1.1.2.2. Longueur de tubercule par plant.....	56
1.1.2.3. Diamètre de tubercules par plant	58
1.1.2.4. Rendement par plant (kg/plant)	60
1.1.2.5. Rendement total (qx/ha)	61
1.1.2.6. Résultats synthétiques	63
1.1.2.7. Discussion et conclusion	63

Chapitre 1: Approche biochimique.....	67
--	-----------

2.2. Effets des doses de fumier de volailles sur la teneur en chlorophylle et en solutés organiques en fonction de degré de la salure dans deux sites expérimentaux.....	68
--	----

2.2.1. Teneur en chlorophylle	67
2.2.1.1. Discussion et conclusion	68
2.2.2. Teneur en proline	70
2.2.2.1. Discussion et conclusion.....	72
2.2.3. Teneur en sucres solubles	75
2.2.3.1. Discussion et conclusion	76
2.2.4. Teneur en protéines	78
2.2.4.1. Discussion et conclusions	80

Conclusion générale.....	82
--------------------------	----

Références	
bibliographiques.....	86
Annexe.....	92

Introduction et problématique

Les plantes dans les régions arides et semi-arides sont soumises aux différents types de stress abiotiques, parmi lesquels le stress salin. Ce dernier limite considérablement la production des cultures et par conséquent il menace la sécurité alimentaire (BRADY et N.C, 2002).

La salinité du sol résulte de la forte évaporation d'eau à partir du sol et d'une irrégulière et insuffisante pluviométrie (MUNNS *et al.*, 2006).

D'après MESSEDI et ABDELLY (2004), l'utilisation irrationnelle des engrais chimiques, et à l'irrigation mal contrôlée contribuent également à aggraver le problème de salinisation du sol.

Toutefois, quelque soit, l'origine de la salinisation, l'excès de sel dans un sol modifie les propriétés physico-chimiques et microbiologiques du sol. Cette altération des conditions édaphiques constitue un stress indirect pour la croissance des plantes.

Les sels accumulés dans le sol, peuvent limiter ou complètement arrêter la croissance du végétal suite à une élévation de la pression osmotique du milieu et/ou à l'effet toxique spécifique des éléments (GOUNY et CORNILLON, 1973). Par ailleurs, l'élévation du Ph engendrée par la salinité peut empêcher l'absorption des éléments nutritifs par les plantes (ÇELİK *et al.*, 2010).

A la différence des plantes halophytes qui poussent mieux sur un sol salin (CALU, 2006), les glycophytes dont appartient la plupart des plantes cultivées ne supportent pas la présence d'excès de sels. Ces derniers affectent la germination, la croissance des plantules et leur vigueur, la phase végétative, la floraison et la fructification à des degrés variables (DELGADO *et al.*, 1994) conduisant à terme à des baisses de rendement et de qualité des productions.

Chez la pomme de terre qui est considérée comme plante glycophyte, il existe une corrélation étroite entre la baisse du rendement et la contrainte saline. D'après BRADY (2002), le seuil de tolérance de la pomme de terre à la salinité ne dépasse pas 4dS /m . A la concentration 3g/l de NaCl, ce dernier diminue de 50% la croissance de la plante (BOUAZIZ, 1980).

En revanche, cette glycophyte est d'un intérêt agricole très important, elle est considérée comme le second aliment le plus consommé dans le monde après le blé d'où l'importance de la pomme de terre dans la sécurité alimentaire et la réduction de la pauvreté.

Malheureusement, au niveau national, la culture de pomme de terre est confrontée à de nombreuses contraintes qui affectent aussi bien le rendement que la qualité des tubercules. La forte salinité et la fertilisation minérale très coûteuse et mal conduite sont classées parmi les principaux facteurs limitants du rendement de cette culture notamment dans les zones arides.

Lorsqu'elle est soumise au stress salin, la pomme de terre peut déclencher des mécanismes de tolérance pour survivre, comme il est le cas de toutes les autres plantes glycophytes tel que le blé (TURAN, 2007) et l'orge (HASSANI, 2008), sinon le stress sera mortel.

En fait, les plantes confrontées aux stress salin devront adopter plusieurs stratégies d'ordre morphologiques (cellules avec des cuticule épaisse, stomates rares, cellules avec grande vacuoles.... etc), anatomiques (fermeture des stomates, modification du cortex racinaire..etc), physiologiques (Compartimentation vacuolaire des ions toxiques , sélectivité d'absorption et de transport de K^+ en faveur de Na^+ ...etc) et Biochimiques pour résister ou tolérer le stress ionique, osmotique et hydrique liés à la salinité (PIRI et al.,1994 ; HELLER et al.,1998 ; REINOSO et al.,2004 ; ZHU,2001 ;HAOUALA et al., 2007).

Sur le plan biochimique, les plantes soumises au stress salin réagissent par la synthèse de certains solutés organiques tels que les sucres solubles, les composés azotés comme la proline...etc (Hubac et Vieradsilva, 1980). Ces solutés compatibles sont indispensables pour établir l'équilibre ionique dans la vacuole. Ce sont des composés de petites masse moléculaire nommés solutés compatibles parce qu'ils n'interfèrent pas avec les réactions biochimiques normales de la plante (ZHIFANG et LOESCHER, 2003 in PARIDA et DAS, 2005).

Le point commun chez les solutés compatibles est que ces composés peuvent être accumulés à des taux élevés sans perturber la biochimie intracellulaire de la plante (BOHNERT et JENSEN ,1996). Par ailleurs, ils peuvent remplacer l'eau dans les réactions chimiques.

L'accumulation de ces composés protègent les plantes contres les dommages qu'elles peuvent subir, entre autre ils les aident dans la protection de la structure des enzymes et des protéines et le maintien de l'intégrité membranaire et de la turgescence des cellules (CHEN et al., 2007 ; BANU et al., 2008).

Ces composés compatibles induit une diminution du potentiel hydrique et permet l'absorption de l'eau de l'environnement (KUMARA et al., 2003 in MESSEDI et al.,2006)

Néanmoins, la synthèse de ces solutés organiques sous conditions salines se réalise aux dépens de leur implication dans la production de la biomasse végétale (ALARCON et *al.*, 1994), ce qui se répercute négativement sur le développement normal des plantes.

Par ailleurs, la fertilisation organique est parmi les solutions recommandées pour restaurer les sols affectés par la forte salinité. En fait, depuis longtemps la fumure organique (déchet des animaux) reste la fertilisation adéquate, et la tradition agricole adoptée par les paysans (source naturelle, économisée).

L'utilisation de la matière organique améliore la fertilité du sol, elle a des implications profonds dans la production agricole (MUFWANZALA and DIKINYA, 2010).

De plus, cette pratique agricole est très préconisée pour combattre l'effet de la salinité et pour améliorer les rendements de cultures stratégiques, mais très consommatrice en éléments fertilisants tels est le cas de la culture de la pomme de terre (HANNACHI et *al.*, 2004).

D'après BEN HASSINE et *al.*,(2008), la matière organique avec ses propriétés colloïdales, son effet acidifiant, son caractère de substance fixatrice d'éléments et son pouvoir de chélation, joue un rôle chimique important dans les sols : libération d'éléments nutritifs après minéralisation et augmentation de la capacité d'échange cationique, ce qui mis à la disposition des plantes un bon ravitaillement nutritif.

Toutefois, la fertilisation organique doit être bien raisonnée et équilibrée pour mettre une bonne alimentation de la plante et d'assurer la disponibilité de tous les éléments nécessaires (macro et micro éléments) à la plante en période de fortes exigences.

A ce titre, il est impératif d'envisager des restitutions organiques régulières et à des doses raisonnables (CHAUSSOD, 1996).

L'objectif du présent travail consiste à :

✓ Analyser chez la pomme de terre (retenue comme plante test), les effets de doses croissantes d'un fertilisant organique riche en éléments nutritifs (fumier de volailles) sur les paramètres biométriques (paramètres de croissance et ceux de rendement), en comparaison avec un témoin sans aucun apport.

✓ Déterminer la dose optimale de l'apport organique à apporter permettant une meilleure production de cette plante et ceci en fonction de l'importance de degré de la salure dans les deux sites expérimentaux.

✓ Evaluer la réponse biochimique de la pomme de terre (variété Spunta) à fertilisation organique sous la contrainte saline, à travers l'analyse de certains solutés liés à la tolérance à la salinité à savoir : La proline et les protéines pour les composés azotés et les sucres solubles pour les composés carbonyliques. Ainsi, que le dosage de la chlorophylle.

Partie I

*Matériel
et méthodes*

Chapitre 1
Présentation de région
d'étude

Chapitre 1. Présentation de région d'étude (Ouargla)

1.1. Situation géographique et administrative

Le chef lieu de la wilaya d'Ouargla est située d'environ 800 km du sud-est de la capitale (31° 57 Nord. ; 5° 19 Est.). Elle est positionnée à 164 m d'altitude, au fond d'une cuvette très large de la vallée d'Oued M'ya, couvrant une superficie de 163233 km² .

Sur le plan agro-écologique, cette région est limitée par :

- Ruines de Sedrata au sud ;
- Hassi El-Khefif au nord ;
- Plateau du M'Zab à l'ouest;
- Ergs El-Touil, Boukhezana et Arifdji à l'est.

De point de vue limites administratives, la wilaya de Ouargla est limitée:

- Au Nord : les wilayas de Djelfa et d'El Oued;
- Au Sud : les wilayas d'Ilizi et de Tamanrasset;
- A l'Est : la Tunisie;
- A l'Ouest : la wilaya de Ghardaïa .

1.2. Milieu physique

1.2.1. Sol

La région d'étude est caractérisée par des sols légers, à prédominance sableuse et à structure particulière. Elle est caractérisée également par un faible taux de matière organique, un ph alcalin, une faible activité biologique et une forte salinité (HALILAT, 1993). Dans la région d'Ouargla on distingue trois types de sols qui sont :

- sols sodiques ;
- sol shydromorphes ;
- sols minéraux brut .

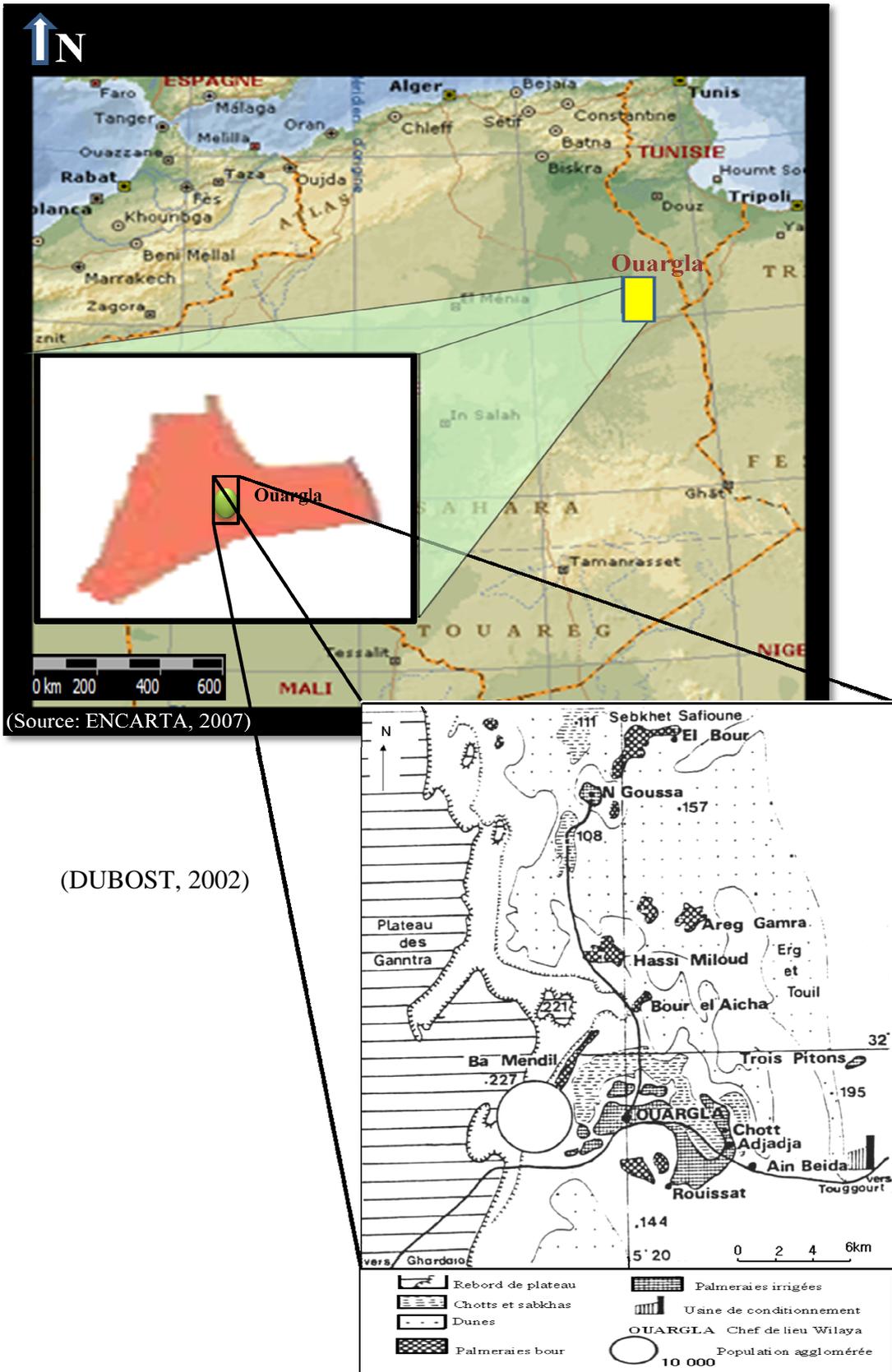


Figure 1: Localisation géographique de la région d'Ouargla

1.2.2. Hydrogéologie

Les eaux souterraines représentent la principale source d'eau dans la région de Ouargla à cause de précipitations rares.

- Une nappe albiennaise : dite la nappe du continental intercalaire, se situant entre 1000 et 1700 m de profondeur. Sa profondeur allant de 1000 à 1800 m. Elle constitue une réserve importante, son écoulement va du Sud vers le Nord, avec une température élevée variant entre 50°C et 55°C et une concentration en sel faible de l'ordre de 2g/l.
- Une nappe du méso-pliocène : Sa profondeur varie entre 30-200 m. Les eaux de cette nappe ont une température variant entre 23° et 25° et une salinité de 1,8-4,5g/l, elle s'écoule de Sud-Ouest vers le Nord-Est.
- Une nappe du Sénonien : exploitée à des profondeurs allant de 140 à 200 m, son exploitation est faible à cause de faible rendement de ses puits, la température de leurs eaux est de 30°C.
- Une nappe phréatique : de profondeur variant entre 1 et 8 m. selon les saisons parfois elle affleure à la surface (remontée de la nappe).

1.3. Climat

Le climat d'Ouargla est saharien, caractérisé par un déficit hydrique, due à la faiblesse des précipitations, à l'évaporation intense et aux fortes températures. Les pluies sont rares, et irrégulières dans la région d'Ouargla. Cette région est caractérisée par une sécheresse permanente et un régime thermique très contrasté due à un ensoleillement excessif et un haut pouvoir d'évaporation de l'air.

1.3.1. Température

Les données de températures mensuelles moyennes, maximales et minimales de l'année 2011 et de la période des années 1996-2011 sont mentionnées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Températures mensuelles moyennes, maximales et minimales exprimées en °C. de la région d'Ouargla pour 2011 et de la période de 1996 à 2011

Années	Températures (°C.)	Mois											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2011	M	20,5	20,5	23,9	30,7	33,7	38,3	44,0	42,3	40,3	29,1	24,3	19,7
	m	4,8	5,6	9,7	14,8	18,6	23,2	27,7	26,3	25,1	15,1	10,2	5,2
	T moy	12,7	13,1	16,8	22,8	26,2	30,8	35,9	34,3	32,7	22,1	17,2	12,5
1996 à 2011	M	18,9	20,9	25,4	30,1	34,5	39,1	43,4	42,8	37,7	31,4	24,1	19,4
	m	5,3	6,9	10,3	15,1	19,8	25,0	27,9	27,3	23,8	17,2	10,3	6,1
	T moy	12,1	13,9	17,9	22,6	27,2	32,1	35,7	35,1	30,8	24,3	17,2	12,8

(O.N.M. Ouargla, 2012)

- ✓ *M est la moyenne mensuelle des températures maxima en °C.;*
- ✓ *m est la moyenne mensuelle des températures minima en °C.;*
- ✓ *T moy est la moyenne mensuelle des températures ((M+m)/2) en °C.*

D'après les prélèvements thermiques relatifs à l'année 2011, la température minimale la plus faible est enregistrée au mois de Janvier (4,8 °C), alors que la température maximale est enregistrée au mois de Juillet (44,0 °C). Quant à la température moyenne annuelle pour la même année elle varie entre une valeur minimale de 12,5 °C enregistrée au mois de Décembre à une valeur maximale de 35,9 °C enregistrée au mois de Juillet (Tableau 1).

Pour la période s'étalant de l'année 1996 à 2011, le mois le plus chaud est celui de juillet avec une température moyenne de 35,7 °C, alors que le mois le plus froid est celui de Janvier avec une température moyenne de 12,1 °C (Tableau 1).

1.3.2. Précipitation

Le tableau ci-dessous regroupe les données pluviométriques mensuelles pour l'année 2011 et la période de 1996 à 2011.

Tableau 2 : Précipitations (mm) mensuelles de la région d'Ouargla pour 2011 et durant la période 1996 à 2011

Années		Mois												Cumul ¹
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
P (mm)	2011	NT	NT	11,1	1,7	NT	NT	NT	NT	0,1	5,0	NT	NT	17,9
	1996 à 2011	7,5	0,8	4,0	1,6	1,1	7,1	0,6	1,2	3,4	7,3	5,7	2,3	42,4

(O.N.M. Ouargla, 2012)

- ✓ *P (mm): Précipitations mensuelles en mm*
- ✓ *NT: Néant*

Les pluies sont rares, et irrégulières dans la région d'Ouargla (Tableau 2). Elles sont néant au mois de janvier, février, Mai, Juin, Juillet, Août, Novembre et Décembre. Le mois le plus pluvieux est Mars (11,1 mm), avec un cumul annuel est de 17,9 mm. Par contre pour la période de 1996 - 2011, les précipitations sont très faibles. La valeur maximale a été notée au mois de janvier (7,5 mm) avec un cumul annuel moyen de l'ordre de (42,4 mm).

1.3.3. Vents

Les vents dominants dans la région d'Ouargla sont de direction Est-Nord provenant de méditerranée, chargés d'humidité, appelés El-bahri, soufflent au printemps. Tandis ce que les vents du Siroco ou Ch-hili apparaissent pendant la période estivale venant du Sud ou Sud-Ouest.

Les valeurs de vitesse mensuelle du vent d'Ouargla pour l'année 2011 sont annoncées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Vitesses (m/s) moyennes mensuelles des vents de la région d'Ouargla pour l'année 2011

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
V (m/s)	2,3	3,7	4,8	4,9	4,7	4,8	4,3	4,0	4,4	2,9	3,3	2,5

(O.N.M. Ouargla, 2012)

- ✓ *V (m/s): Moyen de vitesse de vent en mètre par seconde.*

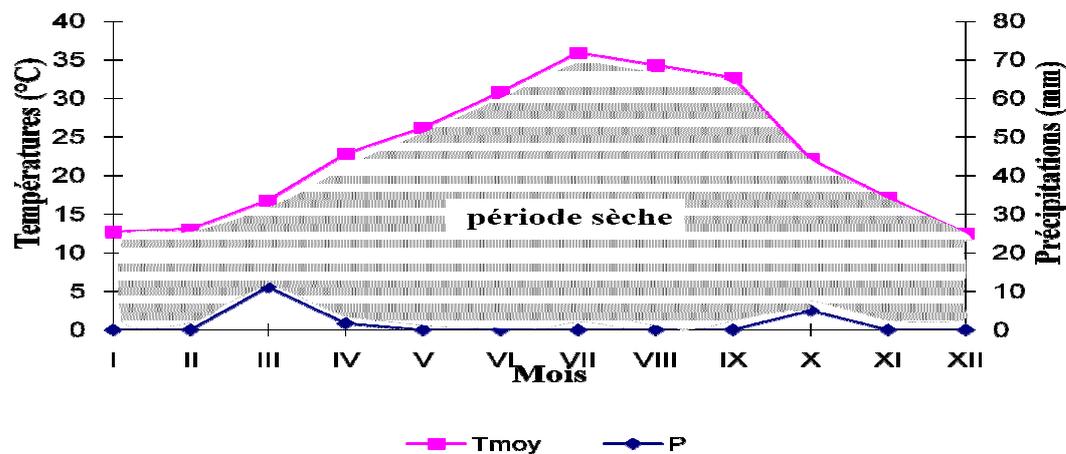
D'après ce tableau, la vitesse du vent la plus élevée pour l'année 2011 a été enregistrée au mois d'Avril avec 4,9 m/s (Tableau 3). Par contre la vitesse du vent la plus faible a été enregistrée au mois de Janvier de 2,3 m/s.

1.3.4.Synthèse climatique

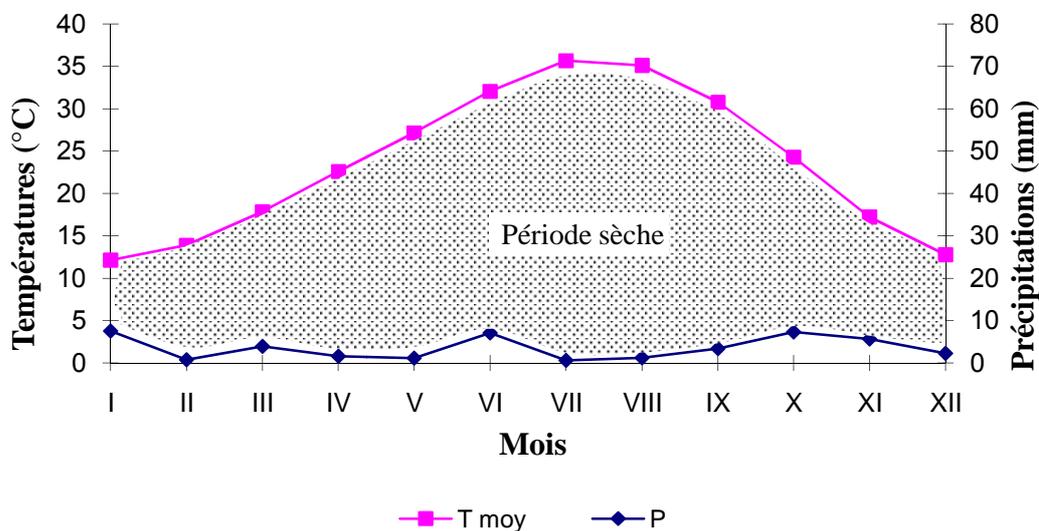
Il est nécessaire d'étudier l'impact de la combinaison de ces facteurs sur le milieu. Pour cela, le diagramme ombrothermique de Gaussen (1953) et le climagramme pluviothermique d'EMBERGER (1955) sont utilisés.

1.3.4.1.Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Les diagrammes ombrothermique de la région d'Ouargla de l'année 2011 ainsi que de la période des années 1996-2011 sont illustrées dans la figure 2. Le diagramme Ombrothermique appliqué à la région de Ouargla montre que la période sèche s'étale sur toute l'année.



A – Année 2011



B – Période de 16 ans (1996 - 2011)

Figure 2 (A et B) : Diagramme ombrothermique de Gaussen (A et B) de la région d'Ouargla en 2011 et la période 1996-2011

1.3.4.2. Climagramme pluviothermique d'Emberger

Le climagramme pluviothermique d'Emberger permet de connaître l'étage bioclimatique d'une région donnée. Pour stratifier bio-climatiquement notre région d'étude, on a calculé le quotient pluviométrique d'emberger (STEWART, 1969):

$$Q_3 = 3,43 \times P / (M - m)$$

- ✓ Q_3 : Quotient pluviométrique d'Emberger ;
- ✓ P : Pluviométrie moyenne annuelle en mm ;
- ✓ M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en °C. ;
- ✓ m : moyenne de minima du mois le plus froid en °C.

Le quotient pluviométrique (Q_3) calculé pour la région d'Ouargla est égal à 2,93 pour une période de 16 ans (1996-2011). Cette valeur reportée sur le climagramme d'Emberger montre que la région d'Ouargla appartient à l'étage bioclimatique saharien à hiver doux ($m = 5,3$ °C.) (Figure 3).

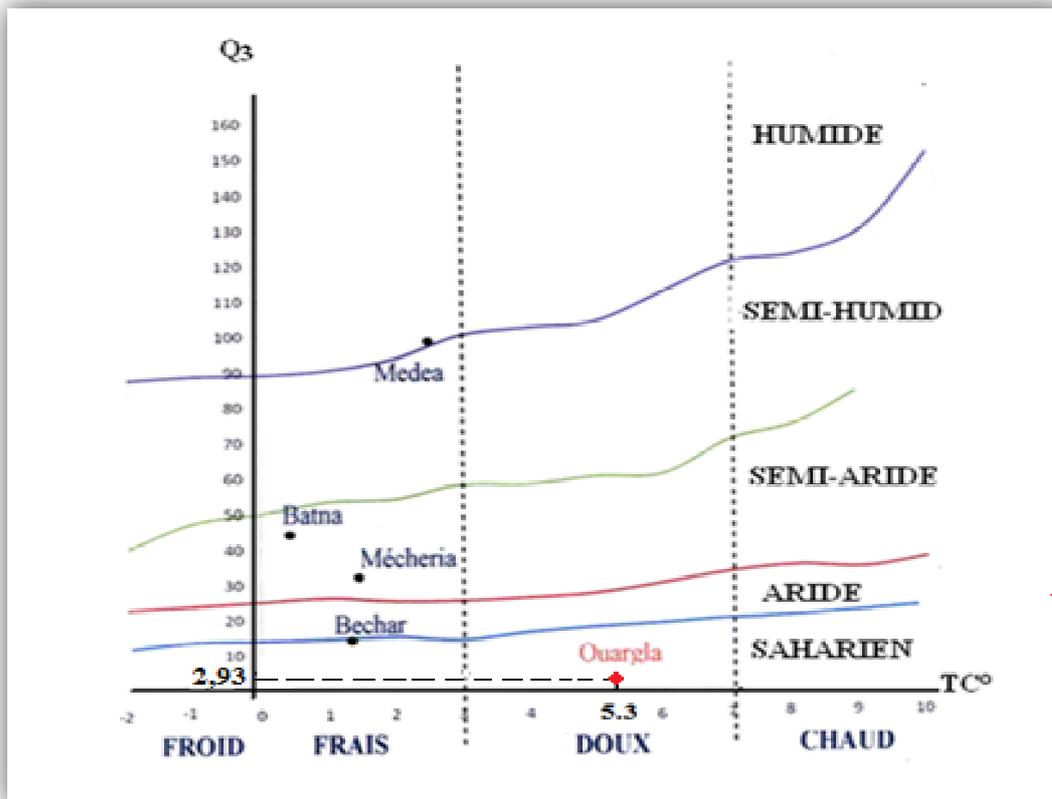


Figure 3 : Place de la région d'Ouargla dans le climagramme d'EMBERGER pour la période de (1996 – 2011)

Chapitre 2
Matériel
et méthodes

Chapitre 2: Matériel et méthodes

Cette partie de notre travail expérimental renferme une présentation de station d'étude, accompagnée d'une description du matériel et procédés expérimentaux utilisés au terrain et au laboratoire.

2.1. Station d'étude

L'expérience de notre étude a été réalisée dans la ferme de Bebiz, située au secteur Sud-Est de la palmeraie de la commune de Hassi Ben Abdallah. Cette dernière fait partie de Daïra de Sidi Khwild, à une distance de 26 km du chef-lieu de la wilaya d'Ouargla. La ferme a été créée en 1991. Le choix de deux sites expérimentaux au sein de cette station s'est basé sur les résultats de l'analyse de la conductivité électrique de l'extrait 1/5 de leur solution du sol, et ceci dans le but d'obtenir deux niveaux de salinité croissant. Par ailleurs, ces sites sont caractérisés par leurs faibles teneurs en matière organique, et semblent se prêter bien à des enrichissements organiques sous forme d'apport de fumier. La localisation de ce site est présentée dans la figure 4.



Figure 4 : Image satellite de la ferme frère BEBZIZ (Réf. Elec 01)

2.2. Protocole expérimental

Notre protocole expérimental a été adopté en tenant compte des sept éléments essentiels pour l'élaboration d'un protocole expérimental :

2.2.1. But

Le présent travail porte sur l'étude de la réponse de la pomme de terre aux doses croissantes de fertilisation organique (fumier de volailles), sous les conditions salines des régions sahariennes.

2.2.2. Conditions de culture

2.2.2.1. Matériel édaphique

Pour caractériser le sol au niveau des deux sites d'études, un échantillon représentatif du sol pour chaque site a été prélevé sur une profondeur de 50 cm. Les résultats d'analyse physico-chimique sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Caractéristiques physico-chimiques des deux sites expérimentaux

Site			
Caractéristique		Sol site 1 (sol très salé)	Sol site 2 (sol peu salé)
Granulométrie	Sable grossier (%)	60,9	36,7
	Sable fin (%)	37,2	62,6
	Argile et limon (%)	1,9	0,7
pH (1/5)		8,42	7,24
C.E à 25 C° dS/m (1/5)		2,49	1,24
Calcaire total (%)		10,8	2,8
Calcaire actif (%)		8	/
Azote (%)		0,09	0,05
Gypse(%)		0,44	3,05
Matière organique (%)		0,52	0,3
Carbone organique (%)		0,30	0,17
Na ⁺ ppm		58,60	36,63
Ca ⁺ ppm		20,83	10,83
K ⁺ ppm		28,05	6,09

Les résultats analytiques montrent que le sol de deux sites expérimentaux présentent des traits pédologiques en commun. En fait, le sol à leur niveau est caractérisé par une texture sableuse, et une réaction alcaline par suite de la disponibilité de calcium, ce dernier est présent soit sous forme de carbonate de calcium au niveau du site très salé, ou sous forme de gypse au niveau du site peu salé, ce qui justifie sa réaction alcaline. Une teneur faible en matière organique (inférieure à 1%). Toutefois, la mesure de la conductivité électrique du sol des deux sites, nous a permis de dégager deux classes de salinité bien distinctes.

Ainsi, d'après (B LE CLECHE, 2000) (Annexe I), ces sols appartiennent aux classes suivantes : sol très salé et sol peu salé avec des conductivités électriques de CE = 2.49 et 1.24 (dS/m) respectivement pour les deux sols. L'abondance des ions Na^+ est le critère des sols de la région d'Ouargla, le sodium semble avoir comme source les nappes chargées en Na^+ .

D'après ces résultats, le sol de deux sites montre une bonne réponse aux enrichissements en matière organique, dans la mesure où, cette dernière permet de diminuer les graves conséquences résultant à la fois du manque de colloïdes.

2.2.2.2. Matériel organique

On a sélectionné le fumier de volaille, car cet engrais organique est facilement minéralisable, ce qui est en mesure de couvrir les besoins en éléments nutritifs de la plante test retenue par ce travail (pomme de terre) et qui est reconnue par son cycle très court. Il s'agit du fumier de volailles réputé par sa concentration importante en éléments nutritifs : azote, phosphore, potassium, et en oligo-éléments (SAHNOUNE, 1986; OUSTANI, 2006).



Tableau 5: Résultats de la caractérisation physico-chimique de fumier de volailles

Paramètre	Résultats
pH (1/ 5)	7,54
CE (1/5) dS/m	7,78
Calcaire total (%)	14,63
Matière organique (%)	84,45
Carbone organique (%)	49,09
Azote total %	2,95
C/N	16.64
K ⁺ (ppm)	704.396
Ca ⁺⁺ (ppm)	50.36
Na ⁺⁺ (ppm)	121.38

L'examen analytique des données du tableau 5 montre qu'on est en présence d'un fertilisant organique riche en éléments nutritifs notamment en N, K⁺, Ca⁺⁺. Son rapport C/N est de l'ordre de 16.64, ce qui est le signe d'une bonne disponibilité de l'azote de ce type de fumier. Ceci nous laisse se entendre que les fractions organiques de ce type de fumier vont subir une rapide minéralisation microbienne, et par conséquent, une rapide libération des éléments nutritifs sous forme assimilables au profit des plantes.

2.2.2.3. Matériel végétal

Le matériel végétal ayant fait l'objet de notre étude concerne la pomme de terre (*Solanum tuberosum L*), variété Spunta, ayant des caractères tel qu'elle est oblong avec peau jaune, chair jaune, maturité demi précoce et couleur de fleur blanche. Son origine génétique est un croisement entre Béa et U.S.D.A. 96-56 en 1968 par l'obtenteur : J. OLDENBURGER aux Pays Bas (Réf. Elec 02). La pomme de terre est une dicotylédone, appartient à l'ordre de solanales, famille de solanaceae , et au genre de solanum.



Figure 6: Pomme de terre (variété Spunta) (Réf. Elec 03)

Le choix de pomme de terre comme matériel végétal tient au fait que cette culture est stratégique, c'est la quatrième culture vivrière dans le monde après le blé, le riz et le maïs. C'est l'aliment le plus populaire et qui occupe la place importante dans le régime alimentaire algérien. On mentionne que l'exploitant (Mr. Bebiz) de la station d'étude a fait pratiquer cette culture auparavant. D'autre part, le choix de cette variété est basé sur qu'elle répond bien à la fertilisation organique sur laquelle se base l'objectif de cette étude. Elle est d'autre part, sensible à l'effet de la salinité et susceptible d'être utilisée comme plante test pour évaluer l'amélioration de son niveau de tolérance à la salinité suite aux apports organiques.

2.2.2.4. Caractérisation analytique de la qualité d'eau d'irrigation

L'eau d'irrigation a été analysée au laboratoire de l'office national agricole (ONA) de Touggourt. Les résultats d'analyse sont illustrés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Caractérisation chimique de l'analyse de l'eau d'irrigation

Eléments		Teneurs
Conductivité électrique (dS/m)		5,67
pH		7,74
Salinité g/l		3,1
Cations (ppm)	Ca ⁺⁺	3.79
	Na ⁺	273.45
	K ⁺	193.192
Faciès chimique		Na ⁺ -K ⁺
Anions (mg/l)	Cl ⁻	36,5
	SO ₄ ⁻	25,68
	HCO ₃ ⁻	3,25
Faciès chimique		Cl ⁻ -SO ₄ ⁻

Selon la classification des eaux d'irrigation de Maillard (2001) (Annexe I), cette eau est impropre à l'irrigation dans les conditions ordinaires, mais elle peut être utilisée lorsque les sols sont perméables avec un drainage adéquat. Il est à noter que le sel dominant au niveau de l'eau d'irrigation est le NaCl. L'eau d'irrigation a un taux de salinité modère et il est non potable à la consommation domestique

2.2.3. Facteurs à étudier

Les facteurs étudiés sont la salinité avec deux niveaux et le fumier avec cinq doses croissantes de fumier de volailles et la dose mélange fumier et engrais (voir dispositif expérimental).

2.2.4. Dispositif expérimental

L'expérimentation a été menée en plein champ sur deux sites qui n'ont connus aucun précédent cultural. L'irrigation du sol des deux sites a été effectuée à partir de la même source d'eau. Par ailleurs, ces sites ont subit les mêmes influences des conditions climatiques qui caractérisent la région d'étude au moment de l'essai, ce qui est en mesure de diminuer les facteurs d'hétérogénéité sur le terrain.

Le protocole de l'essai consiste à comparer l'effet de cinq doses croissantes de fumier de volailles et une dose mélange (fumier et engrais) sur l'amélioration des paramètres de croissance végétative et ceux de rendement, ainsi que, de leur effets sur la teneur du végétal

en chlorophylle et en certains solutés organiques, et ceci dans deux sites à de deux niveau de salinité différents. Les solutés organiques sont retenus comme des marqueurs biochimiques de tolérance de la pomme de terre à la salinité.

Ainsi, le dispositif expérimental adopté est de type Split plot (parcelles subdivisées), qui est employé pour des essais multifactoriels. Les parcelles du facteur principal sont subdivisées par celles du facteur secondaire, telle est le cas pour notre essai :

- Les parcelles principales sont consacrées aux deux niveaux de salinité à savoir : le site peu salé et le site très salé.
- Les sous parcelles portent sur les différentes doses de fumier de volailles à savoir :
 - Traitement T0: Sans apport (témoin) ;
 - Traitement T1: Dose 20t/ha de fumier de volailles+engrais minéral (N : 100 U/ha ; K₂O : 200U/ha ; P₂O₅ : 150U/ha) ;
 - Traitement T2: Dose 30 t/ha de fumier de volailles;
 - Traitement T3: Dose 40t/ha de fumier de volailles;
 - Traitement T4: Dose 50t/ha de fumier de volailles ;
 - Traitement T5: Dose 60t/ha de fumier de volailles .

Le dispositif expérimental contient trois blocs (3 répétitions) et 5 doses organiques, pour chaque site expérimental. L'essai représente donc au total 36 parcelles élémentaires, avec les espacements suivants:

- Espacement entre blocs de 2m.
- Espacement entre parcelles élémentaires de 1m.

La superficie de la parcelle élémentaire est 6 m² (3 x 2), ce qui nous donne une surface cultivée totale de 216m² (Fig 7).

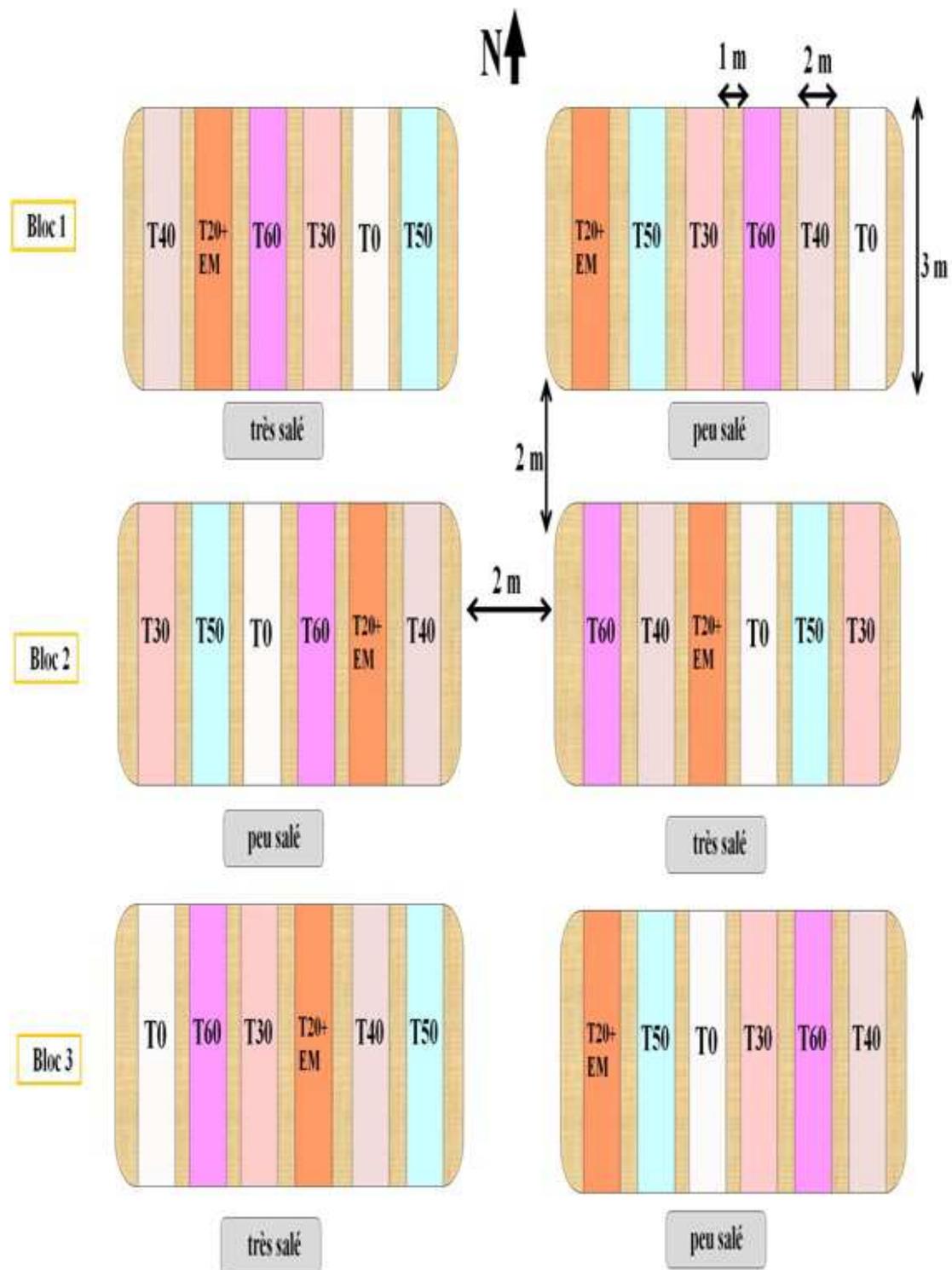


Figure 7: Schéma de dispositif expérimental Split-Plot

2.2.5. Unité expérimental à observer

L'unité élémentaire à observer est de 6 m^2 ($3\text{m} \times 2\text{m}$), 04 buttes, et 28 plans, repartis en 04 lignes avec les espacements suivants :

- Espacement entre buttes de 70 cm;
- Espacement entre plants de 40 cm (Fig 8).

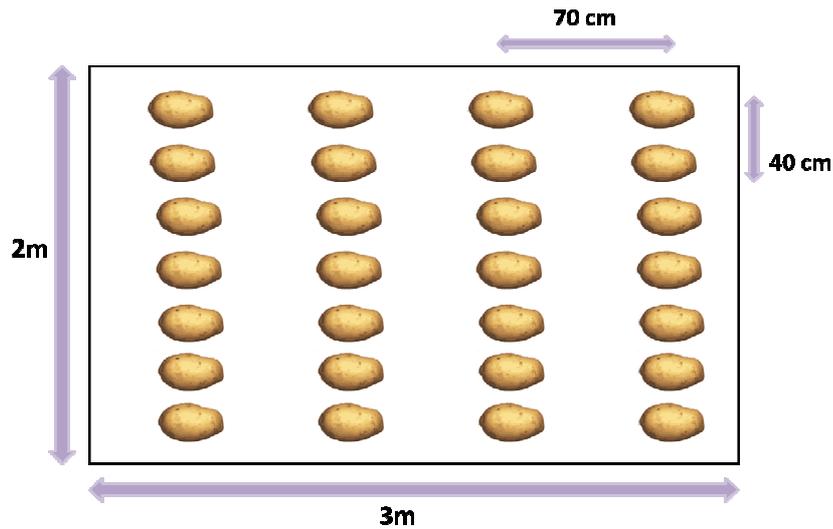


Figure 8 : Détail de la parcelle élémentaire

2.2.6. Conduite de l'essai

2.2.6.1. Préparation du sol

Un bon lit de semis a été réalisé en effectuant ce qui suit :

-Un aménagement de l'assiette de l'essai mécaniquement et manuellement, le 28/01/2012 .



Figure 9: Aménagement manuel



Figure 10: Aménagement mécanique

- Un labour de 25 à 30cm avec charrue à socs, et une délimitation des parcelles expérimentales ont été effectués le 04/02/2012 .



Figure 11: Labour avec charrue à soc



Figure 12: Délimitation des parcelles

2.2.6.2. Epandage des engrais

Epandage manuel des différentes doses du fumier de volailles et d'engrais minéral a été effectué le 15/02/2012. Il est à signaler que l'apport des matières fertilisantes (fumier et engrais) a été fractionné suivant les stades phénologiques du cycle de développement de la pomme de terre. Le fumier a été réparti d'une façon homogène sur la surface des parcelles expérimentales, et enfoui à l'aide d'une pelle (Fig 13,14).



Figure 13: 1^{er} apport de fumier

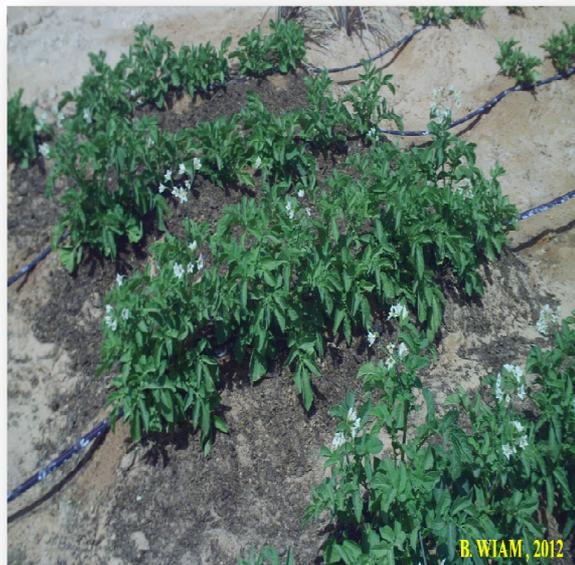


Figure 14: 2^{ème} apport de fumier

L'incorporation soit superficielle de 10 cm , semble un meilleur compromis que l'injection plus profonde, cette pratique permet de réduire la volatilisation de l'ammoniac et en même temps d'obtenir une bonne efficacité fertilisante.

Les engrais minéraux utilisés pour la formule fertilisante (engrais et fumier) est la suivante :

- * NPK(15-15-15);
- * TSP(0-46-0) : Triple super phosphate ;
- * Urée (46%).

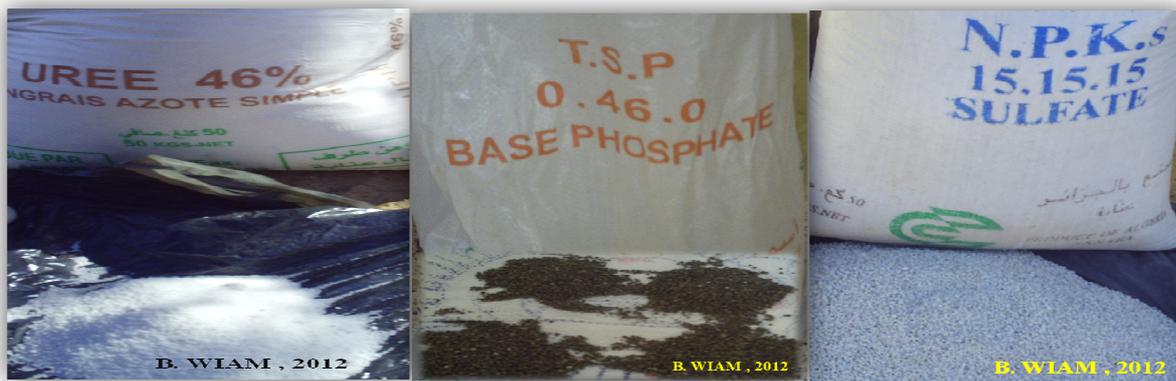


Figure 15 : Engrais minéraux

Le planning de l'utilisation des engrais minéraux et organique est présenté sous dessous dans le tableau 7.

Tableau 7 : Fiche technique de l'utilisation des engrais minéraux et organique

		Dose totale	1 ^{er} apport (Avant plantation)	2 ^{ème} apport (Début tubérisation)
T0		0 U/ha	0 U/ha	0 U/ha
T EM+20	Azote (N)	100U/ha	2/3 DTE	1/3DTE
	Phosphore (P ₂ O ₅)	150U/ha	2/3 DTE	1/3 DTE
	Potassium (K ₂ O)	200U/ha	1/ 4 DTE	3/4 DTE
	T20 t/ha FV	20t/ha FV	2/3 DTF	1/3DTF
T30 t/ha FV		30 t/ha FV	2/3 DTF	1/3 DTF
T40 t/ha FV		40 t/ha FV	2/3 DTF	1/3 DTF
T50 t/ha FV		50 t/ha FV	2/3 DTF	1/3 DTF
T60 t/ha FV		60 t/ha FV	2/3 DTF	1/3 DTF

- ✓ DTE: Dose totale de l'engrais minéral;
- ✓ DTF: Dose totale de fumier de volailles;
- ✓ FV: fumier de volailles.

2.2.6.3.Plantation

La plantation a été effectuée le 19/02/2012, il s'agit donc de la culture de la saison. Ainsi 28 semences ont été plantées par parcelle élémentaire, avec une profondeur de plantation 10cm. L'expérimentation a duré 3 mois jusqu'au stade récolte. Les semences plantées sont importées de Holland, et achetées du marché local d'El-Oued (Fig 16).



Figure 16: Plantation de pomme de terre

2.2.6.4. Irrigation

En vue de minimiser les pertes d'eau et des éléments nutritifs, et en tenant compte de la texture sableuse du sol au niveau des deux sites ; nous avons adopté l'irrigation localisée (goutte à goutte) (Fig 17). L'installation du système d'irrigation a eu lieu le 19/02/2012 avec une fréquence d'irrigation journalière, ce qui semble être nécessaire pour éviter un stress hydrique notamment pendant la tubérisation.

Il est à noter qu'on a arrêté l'irrigation une semaine avant la récolte.



Figure 17: Emplacement de système d'irrigation

2.2.6.5. Entretien de la culture

2.2.6.5.1. Désherbage

Pour éviter les sources de concurrence avec les plantes cultivées. L'élimination des mauvaises herbes a été effectuée manuellement.

2.2.6.5.2. Buttage

Le buttage chez la culture de pomme de terre est une opération obligatoire. Le non couvrement des tubercules provoque la production de solanine (substance toxique), et ce qui laisse les amyloplastes se transformer en chloroplastes s'ils sont exposés à la lumière. Aussi cette opération favorise la tubérisation, et limite les risques des contaminations des tubercules par le mildiou. Dans notre cas le buttage a été effectuée chaque fois qu'il y'ait nécessité de butter.

2.2.6.5.3. Traitement phytosanitaire

Le traitement phytosanitaire réalisé au cours de la croissance des plants a été surtout appliqué contre le mildiou, comme lutte préventive a été effectué par pulvérisation. Le traitement a eu lieu le 30/04/2012.



Figure 18: Traitement phytosanitaire

2.2.6.6.Récolte

La récolte a été réalisée manuellement le 03/06/2012. La maturité est indiquée par le jaunissement des feuilles inférieures, dessèchement des tiges et la fermeté de la peau de tubercule.



Figure 19: Tubercules récoltées

2.2.7.Mode d'analyse statistique

L'analyse statistique a été faite à l'aide d'un logiciel "ASSISTAT" qui permet d'effectuer l'analyse de la variance ANOVA des différents traitements. A travers l'ANOVA, on cherche à savoir si la variabilité observée dans les données est uniquement due au hasard, ou s'il existe effectivement des différences significatives entre les échantillons, imputables au(x) facteur(s). La statistique de test utilisée est le Fisher, qui mesure la significativité des facteurs. De principe, chaque fois que l'effet de l'un de ces facteurs ou leurs interactions s'est montré significatif on procède à une comparaison des moyennes.

2.3.Paramètres mesurés

Le fait de suivre le comportement d'une plante à partir d'un seul paramètre n'est pas suffisant pour donner un résultat relativement concret, en effet le suivi du comportement des plantes vis-à-vis du stress salin a été basé sur plusieurs paramètres biométriques et biochimiques.

2.3.1.Approche biométriques

Les effets biométriques sont étudiés que ce soit les paramètres liés à la croissance ou liés au rendement . Les valeurs obtenues sont les moyennes des trois répétitions par sous parcelle, les plantes sont choisies aléatoirement dans les zones d'observation tout en éloignant de la bordure.

2.3.1.1.Paramètres liés à la croissance végétative

2.3.1.1.1. Surface foliaire(SF « cm² »)

La surface foliaire a été déterminée par la formule de (SAKALLOVA ,1979):

$$\text{Surface foliaire en (cm}^2\text{)} = L \times l \times \text{Coefficient (K)}$$

L : Longueur de la feuille de pomme de terre .

l : Largeur de la feuille de pomme de terre .

K: Coefficient relatif à la forme de la feuille de pomme de terre = 0.674

2.3.1.1.2.Nombre de feuilles

Le nombre de feuilles/plant sert à conclure une différence entre les traitements.

2.3.1.1.3.Nombre de tiges aériennes par plant

Il consiste à compter le nombre de tiges par plant. Ce paramètre est considéré comme composante de la production, car chaque tige porte des tubercules souterrains.

3.1.1.4.Hauteur des tiges aériennes . 2

On a mesuré la hauteur des tiges à la fin de la croissance végétative. Les mesures sont effectuées à l'aide d'une règle graduée.

3.1.2.Paramètres liés au rendement . 2

2.3.1.2.1.Nombre de tubercules par plant

Après la récolte des plantes , on a appuyé sur le comptage du nombre de tubercules. chaque plante.

2.3.1.2.2. Calibre du tubercule

On a mesuré le calibre des tubercules (longueur et diamètre) à l'aide d'un pied à coulisse. Et toujours la moyenne de trois échantillons représentatifs.

2.3.1.2.3. Rendement par plant

On a réalisé le pesé à l'aide d'une balance, on a pesé les tubercules échantillonnés d'un seul plant, et ressortit la moyenne.

3.1.2.4. Rendement total/ha . 2

Après la récolte, on a calculé le rendement au niveau de chaque traitement. Le rendement est estimé en rapportant la production de la zone de récolte à l'hectare tout en prenant en compte le taux de levée dans chaque parcelle élémentaire.



Figure 20: Pomme de terre pendant la levée

2.3.2. Approche biochimique

pour atteindre l'objectif de notre expérimentation qui touche la réponse des plantes au stress salin, une approche biochimique a été effectuée par l'analyse du contenu des feuilles de pomme de terre en solutés organiques à savoir : chlorophylle, proline, sucres solubles et protéines. Tous les paramètres biochimiques sont mesurés en stade de floraison. La teneur du végétal en solutés est généralement exprimée sur la base de la matière fraîche.

Pour chaque traitement, 3 feuilles des différents plans sont prélevées. Les mesures des paramètres biochimiques ont été étudiées sur la quatrième feuille comptée en partant du sommet de la tige. Il s'agit habituellement de la quatrième ou de la cinquième feuille à partir du sommet de la plante car on a cherché à obtenir la plus jeune feuille complètement développée. (ZEBARTH et al, 2007).



Figure 21: Floraison de pomme de terre

Les analyses sont effectués au laboratoire de Bio-ressources Sahariennes : préservation et valorisation à L'université de Ouargla.

2.3.2.1. Dosage de la chlorophylle

1g des échantillons des différents traitements pris sur les tiers médian de feuilles développés a constitué l'échantillon de base, 25ml d'acétone (80%) et une pincée de CaCO_3 sont ajoutés. Après le broyage total avec un mortier et dans un lieu ombré, la solution est filtrée et placée dans des boites noires pour éviter l'oxydation photonique de la chlorophylle. Après filtration 3ml de la solution sont prélevés, placés dans une cuve rincée par l'acétone, et la lecture de la densité optique se fait à l'aide d'un spectrophotomètre aux deux longueurs d'onde 645nm pour la chlorophylle (a) et 663nm pour la chlorophylle (b).



Figure 22: Broyage de l'échantillon de feuille

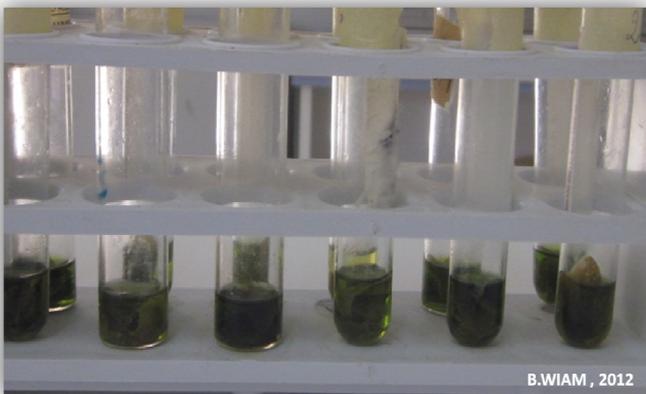
Lors de la lecture on utilise comme témoin (blanc) de l'acétone (80 %). Les teneurs en chlorophylle en mg/g MF sont déduites par la formule de (ARNON 1949).

$$\begin{aligned} \text{CHa (mg/g)} &= 12,7 \text{ DO}_{(663)} - 2,59 \text{ DO}_{(645)} \\ \text{CHb (mg/g)} &= 22,9 \text{ DO}_{(645)} - 4,68 \text{ DO}_{(663)} \\ \text{CH} &= \text{CHa} + \text{CHb} \end{aligned}$$

- ✓ *CHa: concentration en chlorophylle a*
- ✓ *CHb : concentration en chlorophylle b*
- ✓ *CH : concentration en chlorophylle total*
- ✓ *DO : densité optique*

2.3.2.2. Dosage de la proline

La proline est dosée selon la technique utilisée par (Troll et Lindesly 1954). Le principe est la quantification de la réaction proline-ninhydrine par mesure spectrophotométrique. La proline se couple avec la ninhydrine en formant un complexe coloré. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de proline existée dans l'échantillon. 100 mg des tiers médianes des feuilles fraîches sont prélevés et mis dans des tubes à essais auxquels on ajoute 2 ml de méthanol à 40 %. Les tubes couverts (pour éviter la volatilisation de l'alcool) sont portés à l'ébullition au bain-marie à 85 °C pendant 60 min.



Après refroidissement, 1 ml de l'extrait a été prélevé de chaque tube et mis dans de nouveaux tubes auxquels, nous avons ajouté 1 ml d'acide acétique. Ensuite, nous avons ajouté, dans chaque tube, 1 ml de mélange contenant 120 ml d'eau distillée, 300 ml d'acide acétique, 80 ml d'acide orthophosphorique et 25 mg de ninhydrine. Le mélange est porté à l'ébullition durant 30 min.



Figure 25: Solutions avant et après l'ébullition

La solution vire vers le rouge. On ajoute 5ml de toluène, après agitation deux phases se séparent.

- **La phase supérieure qui contient la proline .**
- **Et la phase inférieure sans proline.**

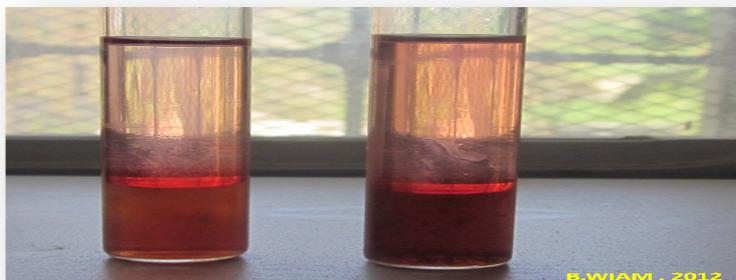


Figure 26: Séparation de deux phases

La phase supérieure est récupérée et déshydratée par l'adjonction de Na_2SO_4 anhydre, à l'aide d'une spatule pour éliminer l'eau qu'elle contient. La lecture de la densité optique des échantillons est faite à l'aide d'un spectrophotomètre à la longueur d'onde de 528 nm.

L'étalonnage de l'appareil se fait par mélange de : acide acétique+eau distillé+acide ortho phosphorique+ninhydrine) et les valeurs obtenues sont rapportées sur la courbe d'étalonnage. Le calcul des concentrations se fait par l'équation déduite de la courbe d'étalonnage établie à l'aide de solutions obtenus de différentes concentrations de proline pure (Annexe IV).

2.3.2.3. Dosage des sucres soluble

Pour le dosage des sucres solubles, on a utilisé la méthode au phénol de (Dubois et al, 1956). Mètre 100 mg de matière fraîche dans des tubes à essai puis ajouter 3 ml d'éthanol à 80%. Le tout est laissé au repos pendant 48 heures.

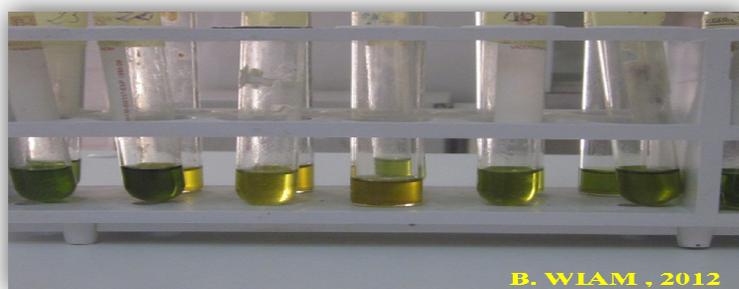


Figure 27: Solutions après la macération du végétal dans l'éthanol

Ensuite évaporer le totale de l'alcool en mettant les tubes à essai dans un bain marie à 80°C pendant 48 heures.

Après refroidissement, Mettre dans chaque tube à essai 20 ml d'eau distillée, prendre ensuite 1 ml de la solution obtenue et ajouter 1 ml de phénol à 5 % en prenant soin de bien agiter.



Figure 28: Solutions après l'ajout de phénol à 5%

Enfin, déposer les tubes à essai dans un bain de glace, ajouter 5 ml d'acide sulfurique concentré à l'aide d'une burette. Et laissez les reposer 25 minutes dans le bain de glace, puis procéder à la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 485nm.



Figure 29: Bain de glace

L'étalonnage de l'appareil se fait par mélange de 3ml d'éthanol, 5ml d'acide sulfurique et 1 ml de phénol à 5%. La courbe d'étalonnage a été exprimé en glucose. Le calcul se fait à partir de l'équation déduite de la gamme d'étalonnage (Annexe IV).

2.3.2.4. Dosage des protéines

Pour le dosage des protéines, nous avons utilisé la méthode de (LAWRY et *al*, 1951).

- Extraction :

Les plantes échantillonnées sont étuvées à 85°C. L'extraction de solution à partir de végétal a été fait en milieu aqueux, nous avons pris 100g du poids sec mis dans 100ml d'eau distillé pendant 24heure.

- Préparation des réactifs :

- a. Solution alcaline (A)**

- 500ml de soude 0.1N (02g/500ml).

- 10g carbonate de sodium anhydre Na_2CO_3 .

- b. Solution cuivrique (B)**

- 02ml de sulfate de cuivre, (0.32g/100ml).

- 02ml de tartrate sodium et potassium (01g/100ml).

- c. Solution (c)**

- 50ml de la solution (A)

-1ml de la solution(B)

- Dosage :

Après macération 24heure dans l'eau distillé nous avons filtré la solution, c'est la solution à doser. Prendre 1 ml de l'échantillon et ajouter 5 ml de la solution (C), laisser les reposer 10 minutes a température ambiante.



Figure 30: Solutions après l'ajout de solution C

Ajouter 0.5ml de réactif de folin-ciocalteu et Laisser 30min a l'obscurité.

Ce réactif permet la réduction des acides aminés aromatiques (tyrosine et tryptophane) conduisant à la formation d'un complexe coloré bleu foncé dont on mesurera l'absorbance à 750nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV –visible .



Figure 31: Solutions après l'ajout de réactif folin- ciocalteu

Enfin les résultats des densités optiques sont rapportés sur un courbe étalon des protéines exprimés en BSA (annexe IV).



Figure 32: Dosage des solutés par le spectrophotomètre

2.3.3. Paramètres analytiques

2.3.3.1. Analyses du sol

Les analyses ont été faites au laboratoire de l'université de Ouargla et celui de l'INRA à Touggourt.

2.3.3.1.1. Granulométrie

La granulométrie a été déterminée par la méthode de tamisage à sec. On superpose les tamis par maille décroissante et l'on mesure le poids de matière retenue sur chaque tamis (Réf. Elec 04). C'est une méthode quantitative qui détermine les proportions physiques de trois particules primaires (Argile, limon et sable).

2.3.3.1.2. Ph du sol

La mesure est effectuée avec un Ph mètre à électrode en verre, avec un rapport sol/eau (1/2.5). Il est nécessaire de connaître la réaction de solution du sol, car celle-ci joue un rôle important dans la solubilité et disponibilité des différents éléments nutritifs pour les plantes.

2.3.3.1.3. Conductivité électrique (25°C)

La conductivité électrique a été déterminée par un conductimètre à une température de 25°C avec un rapport sol/solution de 1/5. La conductivité électrique est en fonction de la concentration de sels dissous dans la solution du sol.

2.3.3.1.4. Calcaire total

Il est plus souvent, la valeur de calcaire déterminé par "Calcimètre de Bernard" Le principe de dosage est fondé sur la réaction caractéristique suivante:



C'est la mesure de CO₂ dégagé suite à l'action d'un excès d'acide Chlorhydrique sur un point connu de l'échantillon. Le volume de CO₂ dégagé est proportionnel à la quantité de carbonate de calcium existante dans l'échantillon analysé.

$$\text{Le taux de CaCO}_3 \text{ en \%} = (\text{P}' \cdot \text{v}) / (\text{P} \cdot \text{V}) \times \text{X}$$

- ✓ *P*: Poids de prise d'essai de l'échantillon.
- ✓ *P'*: Poids de CaCO₃.
- ✓ *V*: Volume de CO₂ dégagé par l'échantillon.
- ✓ *v*: Volume de CO₂ dégagé par CaCO₃.

Si le taux de calcaire total dépasse le 5%, on passe au dosage de calcaire actif.

Calcaire actif 2.3.3.1.5.

Le dosage de calcaire actif a été effectué par la méthode de Drouineau-Galet. L'Oxalate d'ammonium utilisé dans le dosage se combine au calcium du calcaire actif facile à dissoudre, pour former l'oxalate de calcium complexe et insoluble. L'excès d'oxalate d'ammonium est ensuite dosé par une solution de permanganate de potassium en milieu sulfurique pour obtenir le taux de calcaire actif.

2.3.3.1.6.Gypse

Nous avons utilisé la méthode gravimétrique. Le principe est basé sur le dosage des ions SO_4^{-2} libérés après une attaque aux carbonates d'ammonium et précipitation sous forme de chlorure de baryum.

2.3.3.1.7.Carbone organique

La teneur en matière organique a été déterminée par le biais du dosage du carbone organique (méthode ANNE), qui consiste à oxyder la matière par un oxydant puissant (le bichromate de potassium) à chaud et en présence d'acide sulfurique, l'excès de bichromates est dosé par une solution titrée de sel de Mohr (sulfate ferreux), en présence d'indicateur coloré (diphénylamine).

Pour passer du taux de carbone organique obtenu au taux de matière organique totale, les laboratoires d'analyse utilisent le coefficient de multiplication 1.72 .

$$\text{C \%} \times \text{1.72} = \text{MO\%}$$

2.3.3.1.8.Azote total

Une fois dosés, le carbone et l'azote, on peut calculer le rapport C/N qui traduit l'intensité de l'activité microbologique du sol. Le dosage a été fait par la méthode de DJELDAHL; l'azote des composés organiques est transformé en azote ammoniacal; sous l'action de l'acide sulfurique concentré porté à l'ébullition, se comporte comme oxydant. Les substances organiques sont décomposés: le carbone se dégage sous forme de gaz carbonique, l'hydrogène donne de l'eau et l'azote est transformé en azote ammoniacal, ce dernier est fixé immédiatement par l'acide sulfurique sous forme de sulfate d'ammonium. Pour accentuer l'action oxydante de l'acide sulfurique on élève la température d'ébullition, en ajoutant du sulfate de cuivre et du sulfate de potassium qui jouent le rôle de catalyseur. La matière organique totalement oxydée, la solution contenant de sulfate d'ammonium est récupérée. On procède ainsi à un dosage de l'azote ammoniacal par distillation après l'avoir déplacé de sa combinaison par une solution de soude en excès.

2.3.3.1.9.Dosage des cations solubles Ca^{++} , Na^+ et K^+

Le dosage a été réalisé par spectrophotométrie à flamme, après la préparation de l'extrait du sol (1/5) du sol/eau.

2.3.3.2. Analyses du fumier

La caractérisation analytique a été effectuée sur un échantillon représentatif de fumier. Les méthodes d'analyses adoptées pour la caractérisation du matériel organique, sont les mêmes que celles utilisées pour le matériel édaphique, mise à part quelques analyses spécifiques aux substances organiques.

2.3.3.2.1. Carbone organique

Pour le dosage du carbone dans le fumier on a adopté la méthode de calcination (perte au feu) dont le principe se résume comme suit:

On pèse 10 g de broyats de fumier dans des capsules en porcelaine, que l'on fait passer par la suite au four à moufle à une température de 850 °C (DOGGAR 1980 in OUASTANI 2006), on attaque à feu modéré pendant deux heures et on la porte lentement et graduellement à la chaleur rouge (pendant quatre heures).

La perte au feu représente grossièrement la masse de matière organique disparue par combustion et pyrolyse, mais l'attaque thermique donne des résultats par excès c'est à dire qu'il y a toujours départ simultanée d'eau libre résiduelle. En évaluant la quantité d'eau perdue et en la soustrayant de la masse perdue au feu, on détermine le pourcentage de matière organique.

2.3.3.2.2. Dosage de l'azote total

Le dosage a été fait par la méthode de DJELDAHL. Une fois dosés, le carbone et l'azote, on peut calculer le rapport C/N qui traduit l'intensité de l'activité microbologique du sol.

2.3.3.2.3. Dosage du Ca^{++} , K^+ , Na^+ dans le fumier

Le dosage est effectué selon la méthode d'EAWAC. La minéralisation de la matière organique par voie humide avec un mélange triacide (nitrique, perchlorure et sulfurique), puis dosage de la solution obtenue par le spectrophotomètre d'adsorption atomique.

PartieII

*Résultats
et discussions*

Chapitre 1
Approche biométrique

Chapitre 1: Approche biométrique

Ce chapitre est réservé à la discussion des résultats relatifs aux effets des différentes doses du fumier de volailles sur les paramètres biométriques (paramètres de croissance végétative et de rendement), ainsi que sur les paramètres biochimiques étudiés (Chlorophylle; Proline; Sucres solubles et protéines) en fonction de degré de la salure dans les deux sites expérimentaux.

1.1.Effets des doses de fumier de volailles sur les paramètres biométriques en fonction de degré de la salure dans deux sites expérimentaux

1.1.1. Effets du fumier de volailles sur les paramètres liés à la croissance végétative

1.1.1.1.Surface foliaire (cm²)

Les mesures de la surface foliaire présentent des variations notables qui sont illustrées dans le tableau 8 avec sa représentation graphique illustrée dans la figure 33.

Tableau 8 : Effet des différentes doses de fumier de volailles sur la surface foliaire (cm²) de la pomme de terre par plant

Dose \ Niveau du salinité	Sol très salé	Sol peu salé	Moyenne	Signification statistique
D0 (Sans apport)	74,19	63,86	69,03 c	Effet de Fumier HS
D(EM+20t/ha de FV)	163,59	91,99	127,79 b	
D30 (t/ha de FV)	159,66	105,97	132,81 b	Effet de Salinité HS
D40(t/ha de FV)	169,75	105,28	137,51 b	
D50(t/ha de FV)	200,08	134,29	167,18 ab	l'interaction NS
D60(t/ha de FV)	204,96	149,65	177,31 a	
Moyenne	162,04 a	108,50 b	135,27	

- ✓ **HS : hautement significatif;**
- ✓ **NS : non significatif.**
- ❖ **Coefficient de variation(CV) : 19,16 %**

L'analyse de la variance a donné un effet hautement significatif des doses du fumier sur la surface foliaire des plants. La moyenne se passe dans un ordre croissant. Il existe une

différences entre les traitements de fumier de volaille dans le même site, lorsque la dose accroît, la surface foliaire s'étale. Alors la moyenne est limitée entre 69,03 cm² obtenue avec la dose T0, à 177,31cm² obtenue avec la dose de T(60 t/ha de FV). Le test Fisher pour le facteur fumier a révélé quatre groupes :

- Groupe (a) représenté par la dose D(60t/ha FV) ; qui reflète la moyenne la plus élevée (a);
- Groupe (ab) représenté par la dose D(50t/ha FV) ;
- Groupe (b) regroupe les trois doses D(EM+20t/ha FV),D(30t/ha FV), D(40t/haFV);
- Groupe(c) représenté par la dose D0; reflétant la moyenne la plus diminuée.

L'effet de salinité sur la surface foliaire est aussi hautement significatif. La surface foliaire est en siège de 162,04 cm² et 108,50 cm² à la faveur de site salé .

Le test Fisher pour le facteur de salinité a fait ressortir 2 groupes homogènes distingués :

- Groupe (a) représenté par le site salé;
- Groupe (b) représenté par le site peu salé.

Cependant , l'effet de l'interaction des deux facteurs , fumier et salinité , sur la surface foliaire est non significatif, signifiant que les deux facteurs agissent isolément.

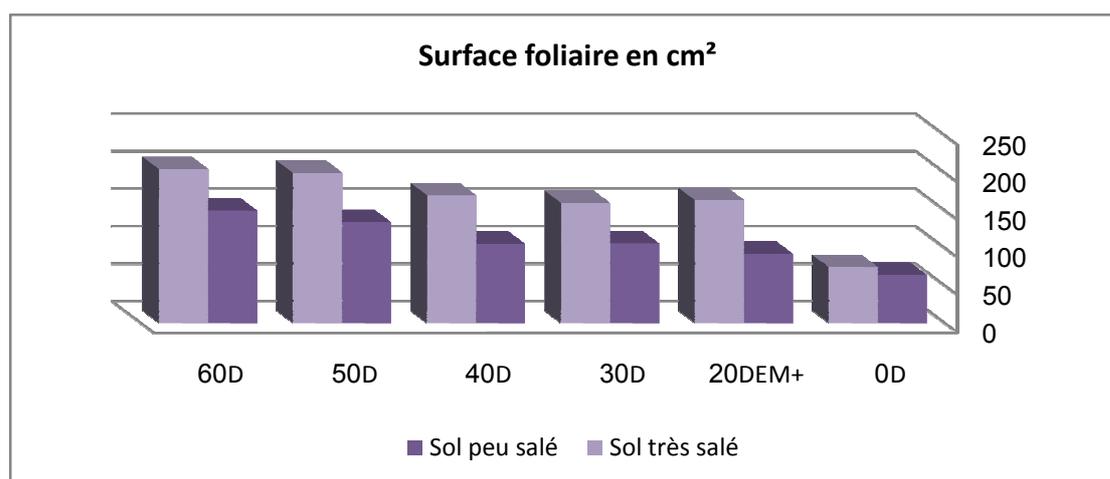


Figure 33: Effet comparé des différentes doses de fumier de volailles sur la surface foliaire par plant (cm²)

1.1.1.2. Nombre de feuilles par plant

Le nombre de feuilles présentent des variations distinctes qui sont illustrées dans le tableau 9, avec sa représentation graphique illustrée dans la figure 34 .

Tableau 9: Effet des différentes doses de fumier de volailles sur le nombre de feuilles par plant

Niveau de salinite Dose	Sol très salé	Sol peu salé	Moyenne	Signification statistique
D0 (Sans apport)	37,08	17,67	27,38 d	Effet de Fumier HS
D(EM+20t/ha de FV)	47,42	27,83	37,63 c	
D30 (t/ha FV)	48,58	28,5	38,54 c	Effet de Salinité HS
D40(t/ha FV)	55,58	35,17	45,38 b	
D50(t/ha FV)	55,42	35,5	45,46 b	Effet de l'Interaction HS
D60(t/ha FV)	96,5	46,75	71,63 a	
Moyenne	56,76 a	31,90 b	44,33	

- ✓ *HS : hautement significatif;*
- ❖ *Coefficient de variation % : 10,29*

L'analyse de la variance a enregistré un effet hautement significatif des doses de fumier de volailles sur le nombre de feuille. En fait la moyenne du nombre de feuilles limité entre 27,38 feuilles/plant comptées dans la dose de D0 , et 71,63 feuilles/plant comptées dans la dose D(60 t/ha de FV). Chaque fois la dose de fumier augmente , le nombre de feuille s'élève.

Le test de Fisher pour le facteur de fumier a fait dégager quatre groupes :

- Groupe (a) représenté par la dose D(60t/ha FV) ;
- Groupe (b) regroupe les deux doses D(40t/ha FV) et D(50t/ha FV) ;
- Groupe (c) regroupe les deux doses: D(EM+20t/ha FV) et D(30t/ha FV) ;
- Groupe (d) représenté par la dose D0.

D'autre part , l'effet du salinité sur le nombre de feuille par plant a montré un effet hautement significatif. Les chiffres sont limités entre 56,76 et 31,90 feuilles par plants dans le site salé et le non salé respectivement.

Le test Fisher a fait ressortir 2 groupes homogènes :

- Groupe (a) représenté par le site très salé;
- Groupe (b) représenté par le site peu salé.

Aussi , l'effet de l'interaction des deux facteurs , fumier et salinité , sur le nombre de feuille par plant a montré un effet d'une haute signification ce qui désigne que les deux facteurs agissent simultanément.

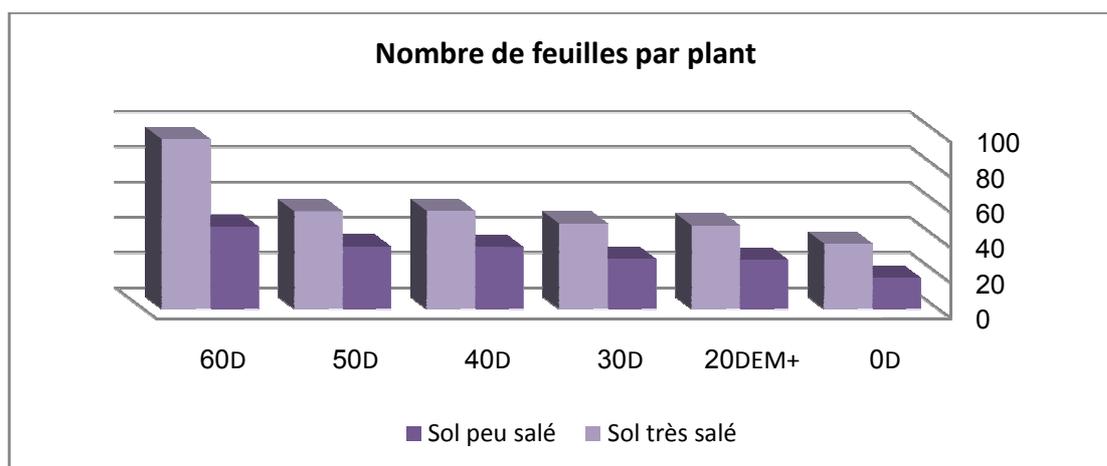


Figure 34: Effet comparé des différentes doses de fumier de volailles sur le nombre de feuilles par plant

1.1.1.3. Nombre de tiges par plant

Le nombre de tiges présentent aussi des variations notables , illustrées dans le tableau 10, avec sa représentation graphique illustrée dans la figure 35 .

Tableau 10: Effet des différentes doses de fumier de volailles sur le nombre de tiges par plant

Niveau de salinité Dose	Sol très salé	Sol peu salé	Moyenne	Signification statistique
D0 (Sans apport)	3,33	3,08	3,21 c	Effet de Fumier HS
D(EM+20t/ha de FV)	4,50	3,75	4,13 b	
D30 (t/ha FV)	4,58	3,50	4,04 b	Effet de Salinité HS
D40(t/ha FV)	5,25	4,17	4,71 ab	
D50(t/ha FV)	4,83	4,25	4,54 ab	Effet de l'interaction NS
D60(t/ha FV)	6,08	4,33	5,21 a	
Moyenne	4,76 a	3,85 b	4,31	

- ✓ *HS : hautement significatif;*
- ✓ *NS : non significatif.*
- ❖ *Coefficient de variation % : 14.16*

L'analyse de variance a montré un effet hautement significative de doses du fumier sur le nombre de tiges par plant. Ce nombre varie entre 3,21 tiges par plant dénombrées dans la dose D0 et 5,21 tiges par plant obtenues par la dose D (60 t/ha de FV).

Le test de Fisher a révélé quatre groupes :

- Groupe (a) présenté par la dose D(60 t/ha de FV) ;
- Groupe (ab) regroupe les doses: (50t/ha FV) et D (40t/ha de FV) ;
- Groupe (b) regroupe les doses: D (EM+20t/ha FV) et D (30t/ha FV) ;
- Groupe (c) représenté par la dose D0.

Pour l'effet de salinité , l'analyse de variance a noté un effet hautement significatif, cet effet est dans le cadre de 4,76 et 3,85 tiges par plans dans le site salé et le non salé respectivement. Le test de Fisher a révélé deux groupes homogènes :

- Groupe (a) représenté par le site très salé;
- Groupe (b) représenté par le site peu salé.

Cependant, l'effet de l'interaction entre les deux facteurs est non significatif, désignant que les deux facteurs (salinité et fumier) agissent séparément.

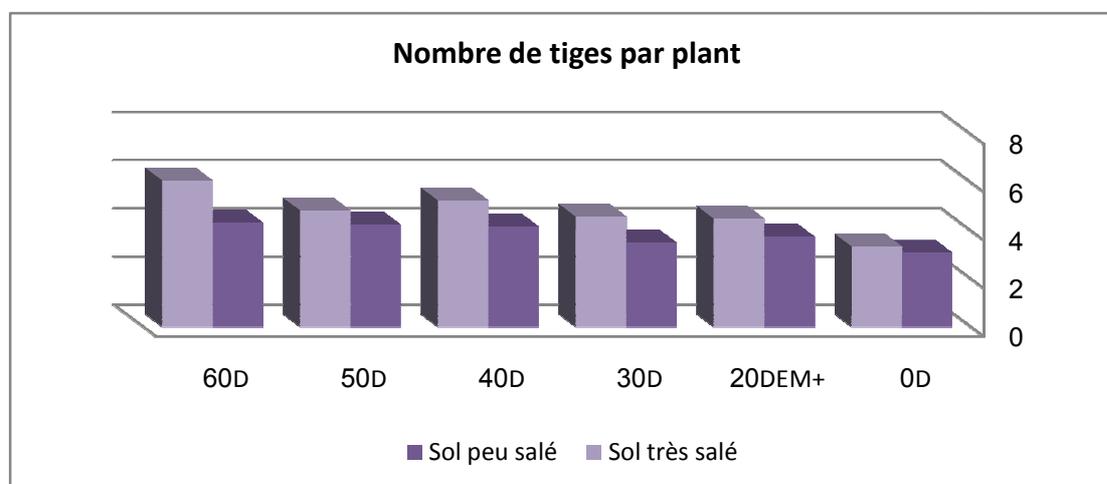


Figure 35: Effet comparé des différentes doses de fumier de volailles sur le nombre de tiges par plant.

1.1.1.4. Hauteur de tiges par plant

La hauteur de tiges présente aussi des différences notées entre les sites et entre les unités expérimentales, illustrées dans le tableau 11, avec sa représentation graphique illustrée dans la figure 36.

Tableau 11: Effet des différentes doses de fumier de volailles sur la hauteur de tiges par plant

Dose	Niveau de salinité		Moyenne	Signification statistique
	Sol très salé	Sol peu salé		
D0 (Sans apport)	13,50	8,25	10,88 d	Effet de Fumier HS
D(EM+20t/ha de FV)	41,75	13,92	27,83 c	
D 30 (t/ha FV)	36,50	17,92	27,21 c	Effet de Salinité HS
D 40(t/ha FV)	46,33	19,75	33,04 bc	
D50(t/ha FV)	46,83	28,50	37,67 b	Effet de l'interaction HS
D 60(t/ha FV)	63,25	31,17	47,21 a	
Moyenne	41,36 a	19,92 b	30,64	

✓ *HS : hautement significatif.*

❖ *Coefficient de variation (CV) : 13.61%.*

L'analyse statistique a enregistré un effet hautement significatif sur le paramètre hauteur des tiges par plant concernant les doses de fumier. La hauteur passe d'une valeur de 10,88 cm de obtenue par la dose D0 , à 47,21 cm obtenue par la dose D(60 t/ha de FV).

Le test Fisher pour le facteur de fumier a ressortit cinq groupes :

- Groupe (a) représenté par la dose D(60t/ha FV) ;
- Groupe (b) représenté par la dose D (50t/ha FV) ;
- Groupe (bc) représenté par la dose D(40t/ha FV) ;
- Groupe(c) regroupe les doses D(EM+20t/ha FV) et D(30t/ha FV) ;
- Groupe(d) représenté par la dose D0 .

L'effet de la salinité sur la hauteur de tiges par plant est hautement significatif, La hauteur de tige la plus élevée est enregistrée au niveau du site du sol très salé 41,36 cm , alors que, la plus faible hauteur a été enregistrée au niveau du site sol peu salé 19,92 cm. Les hauteurs au niveau de site passent dans un ordre croissant. Le test de classement des moyennes à fait distinguer 2 groupes homogènes:

- Groupe (a) représenté par le site très salé;
- Groupe (b) représenté par le site peu salé.

En fait , l'effet de l'interaction de deux facteurs sur la hauteur des tiges par plant ont montré un effet hautement significatif, c'est-à-dire les facteurs (salinité et fumier) agissent simultanément.

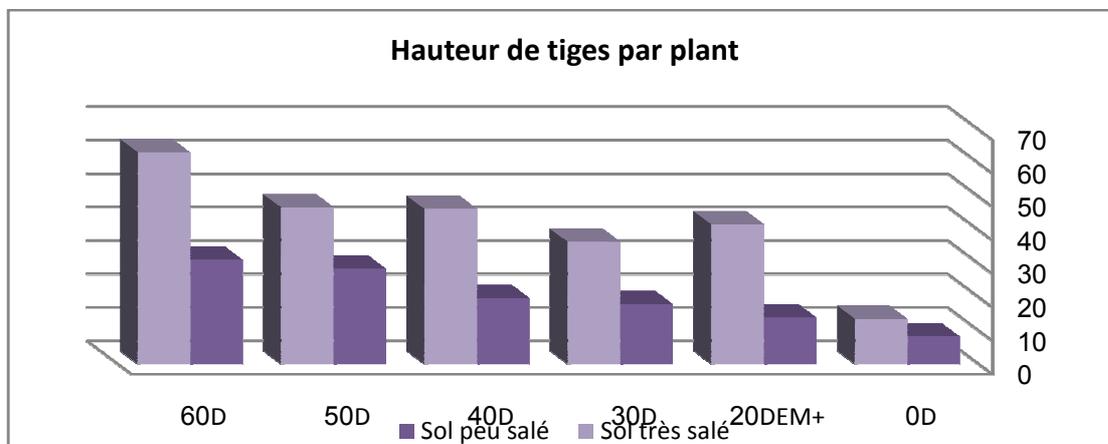


Figure 36 : Effet comparé des différentes doses de fumier de volailles sur la hauteur de tiges par plant

1.1.1.5. Résultats synthétiques

Tableau 12: Résultats synthétiques de la signification statistique des paramètres de croissance végétative

Source de variation	Salinité	Fumier	Interaction
Surface foliaire	HS	HS	NS
Nombre de feuilles/plant	HS	HS	HS
Nombre de tiges/plant	HS	HS	NS
Hauteur de tige/plant	HS	HS	HS

1.1.1.6. Discussion et conclusion

Dans cette partie de notre travail, les résultats obtenus montrent la présence des différences hautement significatives entre les différentes doses de fumier de volailles sur les paramètres de croissance végétatives à savoir: le nombre des feuilles, la surface foliaire et la longueur des tiges/plant.

Par ailleurs, la comparaison entre les différentes doses de fumier de volailles a montré globalement que les meilleurs résultats ont été enregistrés au niveau de la dose D (60t/ha de FV) qui correspond à la plus forte dose de fumier utilisée.

Nos résultats sont en concordance avec plusieurs travaux qui montrent que les apports organiques ont un effet très important sur la croissance végétative chez la pomme de terre.

Nos résultats rejoignent ceux de HOMEDAN et al., (2006) qui ont trouvé que la longueur et le nombre de tiges/plant, le nombre de feuilles /plant de la pomme de terre augmentent significativement avec l'augmentation des doses de fumier organique appliquées au sol. Ces deux paramètres sont aussi des signes d'une bonne nutrition de la pomme de terre sous l'effet de l'apport organique.

L'effet bénéfique de l'apport organique sous forme de fumier de volailles se situe au sein du caractère des colloïdale de la matière organique. Ce dernier est capable d'adsorber les cations du sol. Les charges négatives des colloïdes vont capter les charges positives des cations ce qui améliore la nutrition des plantes.

Par ailleurs, le substrat organique apporté à nos échantillons représenté dans notre cas par le fumier de volailles, nous a prouvé qu'il s'agit d'un fertilisant organique très riche en azote, alors que ce dernier joue un rôle important pendant la croissance végétative et la tubérisation de la pomme de terre. Cet élément favorise dans un premier temps le développement du feuillage, puis la formation et le grossissement des tubercules.

D'après MARTI et MILLS (2002), le taux d'azote a un effet significatif sur le rendement en feuille de la pomme de terre. Cet élément a un effet sur l'augmentation de l'indice foliaire et sur le taux de la photosynthèse chez cette plante.

Ainsi, une bonne nutrition azotée assurée dans notre cas surtout par les fortes doses de fumier a favorisé le développement de feuillages et des tiges, a augmenté l'intensité de la photosynthèse et la production de matière sèche pour assurer par la suite la croissance et le grossissement des tubercules.

Pour le facteur de salinité, l'analyse de la variance a montré que les paramètres de croissance végétative (nombre des feuilles, longueur de tige et la surface foliaire par plant) ont été influencés d'une façon hautement significative par ce facteur.

Quant à l'effet de l'interaction (salinité x fumier), l'analyse statistique n'a montré aucun effet significatif sur le paramètre nombre de tiges par plant ni de celui de la surface foliaire.

L'absence des différences significatives entre traitements pour le paramètre nombre de tiges /plant permet de conclure que ce paramètre est indépendant à la fois à la salinité et de la fertilisation organique.

Le nombre de tige est lié également au nombre de germes par tubercule mère qui est à son tour lié au type de variété .

En revanche, un effet hautement significatif de l'interaction des deux facteurs a été obtenu respectivement pour les paramètres nombre de feuilles par plant et longueur de tiges par plant. En fait les meilleurs paramètres de croissance ont été enregistrés par le site du sol très salé traité par les fortes doses de fumier de volailles.

La présence des différences hautement significatives pour ces deux paramètres signifie que la salinité et le fumier agissent simultanément. Le fumier améliore la capacité d'échange

cationique dans le sol, et par la suite, l'adsorption des cations, et ce ci par la construction des formes complexe ou bien des agents de chélation entre la matière organique et les cations.

Par ailleurs, d'après ÇILİK et *al.*, (2010), l'effet des fortes concentrations de sels engendre une réaction trop alcaline au niveau du sol, ce qui on mesure de diminuer la solubilité et la disponibilité de plusieurs éléments nutritifs. L'application de fumier à effet acidifiant peut diminuer la réaction du sol et par conséquent favorise la nutrition des plantes.

1.1.2. Effets des doses de fumier de volailles sur les paramètres liés au rendement

1.1.2.1. Nombre de tubercules par plant

Le nombre de tubercules par plant est représenté dans le tableau 13 avec sa représentation graphique illustrée dans la figure 37.

Tableau 13 : Effet des différentes doses de fumier de volailles sur le nombre de tubercule par plant

Dose \ Niveau de salinité	Sol très salé	Sol peu salé	Moyenne	Signification statistique
D0 (Sans apport)	2,56	2,33	2,44 b	Effet de fumier HS
D (EM+20t/ha de FV)	10,67	4,11	7,39 b	
D30 (t/ha de FV)	7,00	5,00	6,00 b	Effet de salinité HS
D40(t/ha de FV)	10,78	5,11	7,94 b	
D50(t/ha de FV)	8,22	5,61	6,92 b	Effet de l'interaction S
D60(t/ha de FV)	10,11	6,44	8,28 a	
Moyenne	8,22 a	4,77 b	6,50	

- ✓ *HS : hautement significatif;*
- ✓ *S : significatif.*
- ❖ *Coefficient de variation 26,35%.*

L'analyse statistique effectuée sur le nombre de tubercules par plant a montré un effet hautement significatif (Tableau 13) des doses de fumier de volailles sur ce paramètre, la moyenne va du 2,44 tubercules par plant obtenue par la dose D0 à 8,28 tubercules par plant obtenue par la dose D(60 t/ha FV) et les moyennes passent dans un ordre croissant.

Le test de classement des moyennes pour le facteur de fumier a révélé deux groupes:

- Groupe (a) représenté par la dose D(60t/ha FV);
- Groupe (b) regroupe les doses de traitements : D0, D(EM+20 t/ha FV), D(30t/ha FV),D(40 t/ha FV) et D(50 t/ha FV).

L'effet de la salinité sur le nombre de tubercules par plant a montré une signification haute, Ainsi, le nombre le plus élevé a été enregistré au niveau du site très salé avec 8,22 tubercules par plant, alors que, l'autre site à été enregistré 4,77 tubercules par plant.

Deux groupes sont été distingués par l'analyse statistique :

- Groupe (a) représenté par le site très salé;
- Groupe (b) représenté par le site peu salé.

L'effet de l'interaction (Fumier × Salinité) sur le nombre de tubercules par plant est significatif, ce qui indique que les deux facteurs agissent simultanément .

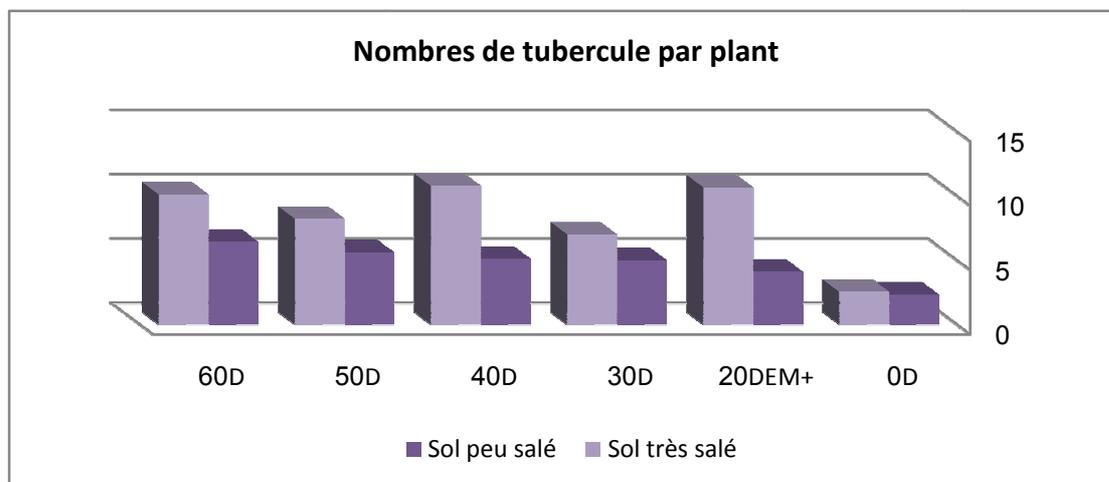


Figure 37 : Effet comparé des différentes doses de fumier de volailles sur le nombre de tubercules par plant

1.1.2.2. Longueur de tubercule par plant

La longueur de tubercules est représenté dans le tableau 14 avec sa représentation graphique illustrée dans la figure 38.

Tableau 14 : Effet des différentes doses de fumier de volailles sur la longueur de tubercules par plant

Dose \ Niveau de salinité	Sol très salé	Sol peu salé	Moyenne	Signification statistique
D0 (Sans apport)	7,83	7,32	7,57 b	Effet de fumier HS
D(EM+20t/ha de FV)	9,95	9,25	9,60 a	
D30 (t/ha de FV)	9,17	8,44	8,80 ab	Effet de salinité S
D40(t/ha de FV)	8,84	8,52	8,68 a	
D50(t/ha de FV)	9,65	8,31	8,98 ab	Effet de l'interaction NS
D60(t/ha de FV)	10,19	9,55	9,87 a	
Moyenne	9,27 a	8,56 b	8,92	

- ✓ *HS : hautement significative.*
- ✓ *S : significative.*
- ✓ *NS :non significative.*
- ❖ *Coefficient de variation 9,97 %.*

Concernant le facteur fumier, L'analyse de la variance a montré un effet hautement significatif sur la longueur de tubercules par plant. La moyenne passe de 7,57 cm obtenue par la dose D (sans apport) à 9,87 cm obtenue par la dose de D(60 t/ha FV). Le test Fisher pour le facteur de fumier a révélé trois groupes :

- Groupe (a) regroupe les trois doses: D(EM+20 t/ha FV), D(40t/ha FV), D (60t/h FV);
- Groupe (ab) regroupe les deux doses: D(30t/ha FV) et D(50t/ha FV);
- Groupe (b) représenté par la dose D0.

L'effet de la salinité sur la longueur de tubercules par plant est significatif , la moyenne passe d'une valeur de 8,56 cm enregistrée au niveau du site non salé à une valeur de 9,27 cm enregistrée au niveau du site très salé.

Deux groupes homogènes ont été ressortit par le test Fisher :

- Groupe (a) représenté par le site très salé;
- Groupe (b) représenté par le site peu salé.

Les résultats de l'effet de l'interaction (Fumier × Salinité) sur la longueur de tubercules par plant n'ont enregistré aucun effet significatif, les deux facteurs agissent isolément.

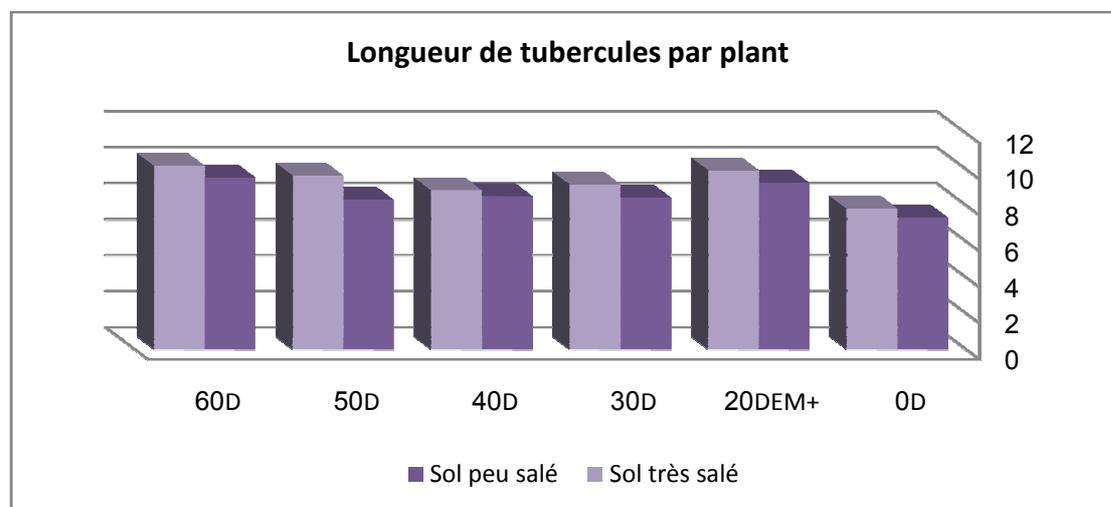


Figure 38: Effet comparé des différentes doses de fumier de volailles sur la longueur de tubercules par plant

1.1.2.3. Diamètre de tubercules par plant

Les diamètres de tubercules sont représentés dans le tableau 15 avec sa représentation graphique illustrée dans la figure 39.

Tableau 15 : Effet des différentes doses de fumier de volailles sur le diamètre de tubercules par plant

Dose	Niveau de salinité		Moyenne	Signification statistique
	Sol très salé	Sol peu salé		
D0 (Sans apport)	4,87	4,32	4,59 b	Effet de fumier HS
D(EM+20t/ha de FV)	6,16	5,27	5,72 a	
D30 (t/ha de FV)	5,88	5,29	5,58 a	Effet de salinité S
D40(t/ha de FV)	5,26	5,24	5,25 a	
D50(t/ha de FV)	5,81	5,38	5,59 a	Effet de l'interaction NS
D60(t/ha de FV)	5,81	5,51	5,66 a	
Moyenne	5,63 a	5,17 b	5,40	

- ✓ *HS : hautement significatif;*
- ✓ *NS : non significatif;*
- ✓ *S : significatif.*
- ❖ *Coefficient de variation 9,31 %.*

Concernant le facteur fumier, L'analyse de la variance a montré un effet hautement significatif sur le diamètre de tubercules par plant . Ce dernier passe de 4,59cm par plant obtenu par la dose D0 (sans apport) à un diamètre de 5,72 cm par plant obtenu par la dose D(EM+20t/ha FV).

Le test Fisher pour le facteur de fumier a révélé deux groupes :

- Groupe (a) rassemble les cinq doses: D(EM+20 t/ha FV), D(30t/ha FV), D(40t/ha FV),D(50t/h FV) et D (60t/ha FV);
- Groupe (b) représenté par la dose D0.

L'effet significatif pour le facteur salinité est significatif pour le diamètre des tubercules par plant. En fait, le site très salé a toujours le faveur et représente 5,63 cm par apport le site peu salé qu'il représente 5,17 cm. Le test Fisher a fait ressortir 2 groupes homogènes :

- Groupe (a) représenté par le site très salé;
- Groupe (b) représenté par le site peu salé.

L'analyse effectuée sur la combinaison de deux facteurs (fumier et salinité) n'a montré aucun effet significatif sur le diamètre des tubercules par plant. Ce qui indique que les deux facteurs agissent indépendamment.

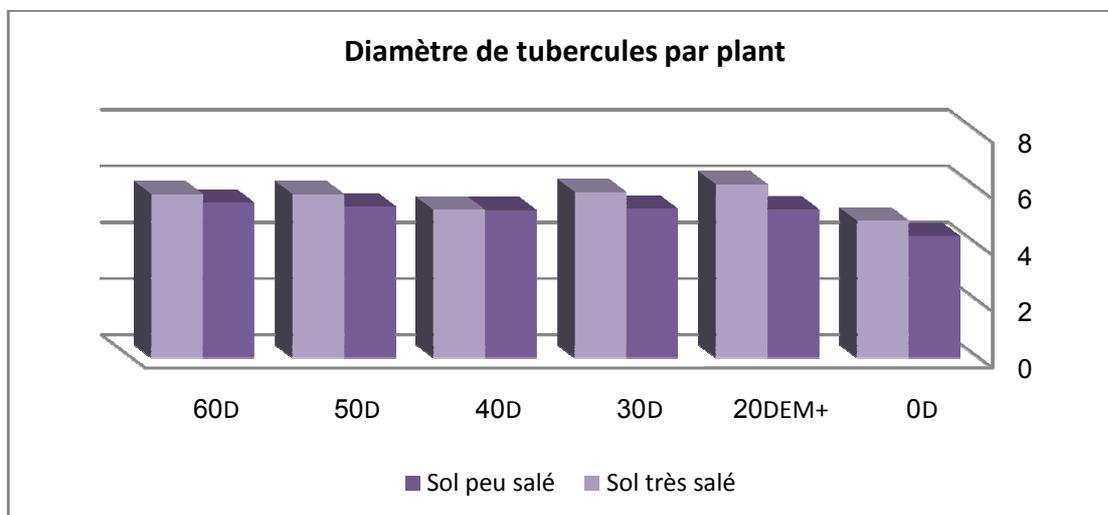


Figure 39: Effet comparé des différentes doses de fumier de volailles sur le diamètre de tubercules par plant

1.1.2.4. Rendement par plant (kg/plant)

Le rendement par plant est représenté dans le tableau 16 avec sa représentation graphique illustrée dans la figure 40.

Tableau 16 : Effet des différentes doses de fumier de volailles sur le rendement par plant (kg/plant)

Dose	Niveau de salinité	Sol très salé	Sol peu salé	Moyenne	Signification statistique
D0 (Sans apport)		0,18	0,14	0,16 b	Effet de fumier HS
D(EM+20t/ha de FV)		0,78	0,34	0,56 a	
D30 (t/ha de FV)		0,79	0,43	0,61 a	Effet de salinité HS
D40(t/ha de FV)		0,77	0,50	0,63 a	
D50(t/ha de FV)		0,85	0,47	0,66 a	Effet de l'interaction NS
D60(t/ha de FV)		0,91	0,68	0,79 a	
Moyenne		0,71 a	0,43 b	0,57 a	

✓ *HS : hautement significatif;*

✓ *NS : non significatif.*

❖ *CV: 26.10%.*

En ce qui concerne l'effet de fumier, l'analyse de la variance a montré un effet hautement significatif sur le rendement par plant . la moyenne passe de 0,16 kg par plant obtenue par la dose D(sans apport) au rendement de 0,79 kg par plant obtenu par la dose D (60t/ha de FV). Le test Fisher pour le facteur de fumier a dégagé deux groupes :

- Groupe (a) regroupe les cinq doses: D(EM+20 t/ha FV),D (30t/ha FV),D (40t/ha FV),D(50t/ha FV) et D(60t/ha FV);
- Groupe(b) représenté par la dose D0.

L'effet de la salinité sur le rendement par plant est un effet hautement significatif. Le rendement par plant le plus faible a été enregistré au niveau du site peu salé avec un

rendement par plant 0,43 kg, alors que, le plus élevé a été enregistré au niveau du site très salé 0,71. Le test Fisher a fait ressortir 2 groupes homogènes :

- Groupe (a) présenté par le site très salé;
- Groupe (b) présenté par le site peu salé.

Il l'effet de l'interaction (Fumier × Salinité) sur le rendement par plant n'a montré aucune différence significative entre traitements. Les deux facteurs agissent sur les plantes séparément.

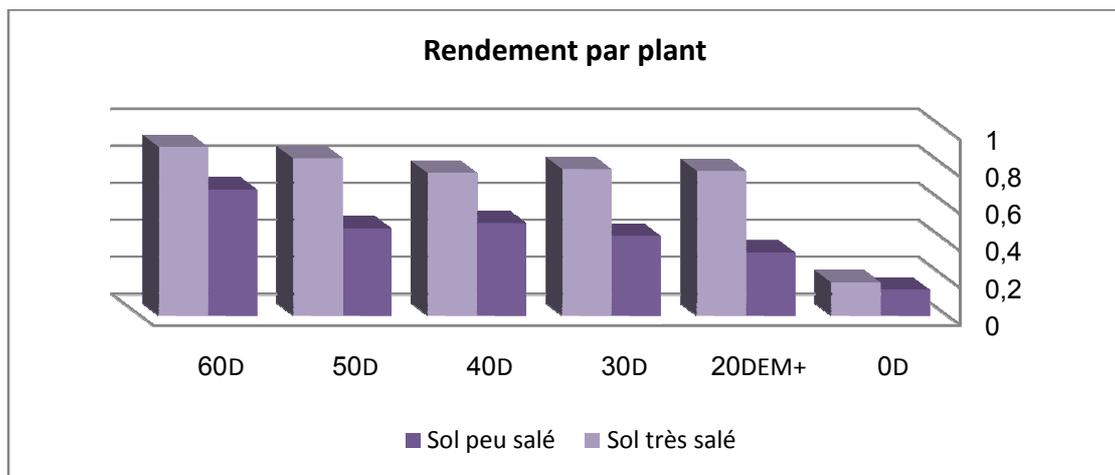


Figure 40: Effet comparé des différentes doses de fumier de volailles sur le rendement par plant (kg/plant)

1.1.2.5.Rendement total (qx/ha)

Le rendement par plant est représenté dans le tableau 17 avec sa représentation graphique illustrée dans la figure 41.

Tableau 17: Effet des différentes doses de fumier de volailles sur le rendement total (qx /ha)

Dose \ Niveau de salinité	Sol très salé	Sol peu salé	Moyenne	Signification statistique
D0 (Sans apport)	70,67	55,11	62,89 b	Effet de fumier HS
D(EM+20t/ha de FV)	313,33	136,44	224,89 a	
D30 (t/ha de FV)	315,56	173,78	244,67 a	Effet de salinité HS
D40(t/ha de FV)	308,00	198,00	253,00 a	
D50(t/ha de FV)	339,11	188,44	263,78 a	Effet de l'interaction NS
D60(t/ha de FV)	363,11	272,00	317,56 a	
Moyenne	284,96 a	170,63 b	227,80	

- ✓ *HS : hautement significatif;*
- ✓ *NS :non significatif.*
- ❖ *Coefficient de variation % : 26,10.*

Concernant l'effet de fumier, l'analyse de la variance a montré un effet hautement significatif sur le rendement total/ha. La dose D(60t/ha de FV) a été classée en première ordre avec un rendement total de 317,56 qx /ha, par rapport à la dose de témoin D0 avec un rendement total de 62,89 qx /ha .

Le test Fisher pour le facteur de fumier a révélé deux groupes :

- Groupe (a) regroupe les cinq doses: D(EM+20 t/ha FV),D(30t/ha FV),D(40t/ha FV),D(50t/ha FV) et D(60t/ha FV);
- Groupe (b) représenté par la dose D80.

Et concernant l'effet de la salinité sur le rendement total (qx/ha), l'analyse de la variance a montré un effet hautement significatif . Le rendement le plus élevé a été enregistré dans le site très salé avec un rendement de 284,96 qx/ ha, alors que le plus faible a été enregistré par le site du sol peu salé avec un rendement de 170,63 qx /ha.

Le test Fisher a fait ressortir 2 groupes homogènes bien distincts :

- Groupe (a) représenté par le site très salé;
- Groupe (b) représenté par le site peu salé.

L'effet de la combinaison entre les deux facteurs n'a montré aucune différence significative sur le rendement total /ha. Les deux facteurs (fumier ,salinité) agissent indépendamment.

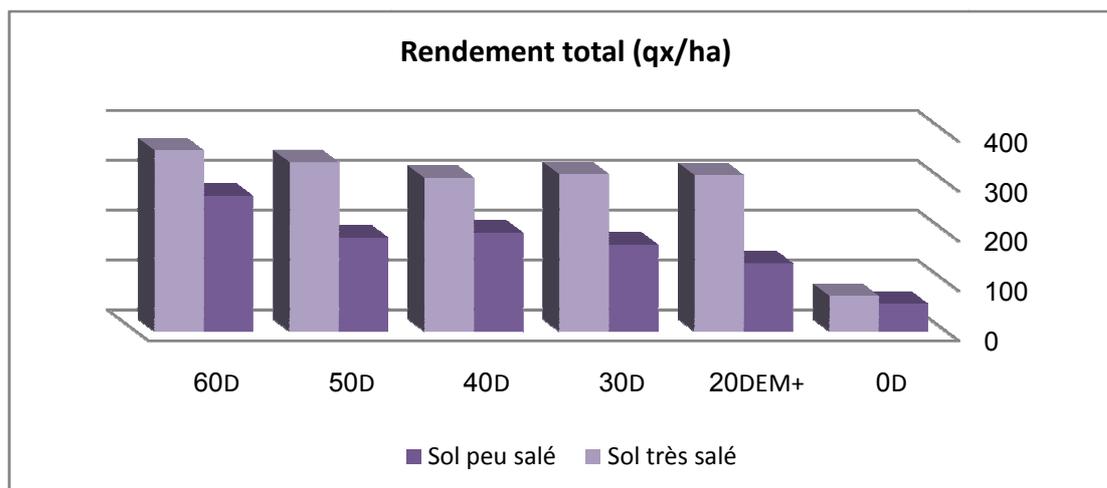


Figure 41: Effet comparé des différentes doses de fumier de volailles sur le rendement total (qx/ha)

1.1.2.6. Résultats synthétiques

Tableau 18 : Résultats synthétiques de la signification statistique des paramètres de rendement

Source de variation	Salinité	Fumier	Interaction
Nombre de tubercules/plant	HS	HS	S
Longueur de tubercules	S	HS	NS
Diamètre de tubercules	S	HS	NS
Rendement par plant	HS	HS	NS
Rendement total qx/ha	HS	HS	NS

1.1.2.7. Discussion et conclusion

Les résultats obtenus montrent que l'effet de différentes doses de fumier de volailles sur les paramètres de rendement étudiés : nombre des tubercules/plant, longueur et diamètre des tubercules, rendement/plant et le rendement total enregistre des différences hautement significatives sur l'ensemble de ces paramètres.

Le fumier de volailles introduit au sol au niveau deux sites expérimentaux a provoqué une forte amélioration des paramètres de rendement par rapport au traitement témoin (sans apport) et ce ci quelque soit le niveau de la salinité dans les deux sites expérimentaux. Ce résultat peut être expliqué par l'action favorable et conjuguée de l'apport de fumier de volailles sur l'ensemble des propriétés physiques (capacité de rétention en eau), chimiques et biologiques du sol (abaissement de Ph, augmentation des sites d'échange, activation des microorganismes du sol) et indirectement sur l'amélioration de la nutrition hydrique et minérale de cette plante.

D'après MNAYER (2004), la fumure organique modifie à la fois le nombre et la taille des tubercules de la pomme de terre.

Dans l'ensemble les meilleurs paramètres de rendement ont été enregistrés au niveau de la dose D (60 t/ha de FV).

Ces résultats confirment ceux obtenus par NEUHOF et *al.*; TOLESTOF (in HOMEDAN, 2006) qui ont montré l'effet positif des doses croissantes de fumier sur l'augmentation de rendement de la pomme de terre.

D'après ÇILİK et *al.*, (2010), l'utilisation de la matière organique bonifie le rendement et améliore la croissance des plantes.

Selon DAROJKINA (in HOMEDAN, 2006), on peut guagner une production économique de pomme de terre, si on utilise des fumures organiques contenant les même quantités des éléments nutritifs apportés par une fumure minérale.

L'amélioration des paramètres de rendement par suite de l'apport organique sous forme de fumier de volailles, peut être due également à la libération rapide et continue de l'azote et du potassium de ce fumier, ce qui a permis de satisfaire les besoins de pointe de la pomme de terre durant tous les stades de cycle végétatif. En fait, l'azote et le potassium sont les facteurs déterminant du rendement de cette culture.

Les résultats de l'effet de salinité sur les paramètres de rendement montrent dans l'ensemble des différences significatives à hautement significatives entre les deux sites. Les meilleurs résultats ont été enregistrés au niveau de site sol très salé pour tous les paramètres étudiés.

En fait, malgré la forte salinité au niveau de ce site, il a été classé en premier rang des paramètres de rendement. L'apport organique sous forme de fumier de volailles apporté en dehors de sa richesse en éléments nutritifs, a provoqué l'abaissement du Ph du sol au niveau de ce site ce qui en relation avec la dissolution libération des éléments nutritifs (notamment le phosphore et les oligoéléments).

D'après HANNACHI et *al.*, (2004), les plantes régénérées sur cal adapté au stress salin se montrent aussi performantes que les plantes régénérées sur cal témoin, pour ce qui est du nombre de tubercules par plante, du poids frais des tubercules et du rendement en tubercules par plante.

Chapitre 2
Approche biochimique

Chapitre 2: Approche biochimique

2.2.Effets des doses de fumier de volailles sur la teneur en chlorophylle et en solutés organiques en fonction de degré de la salure dans deux sites expérimentaux

2.2.1.Teneur en chlorophylle

La teneur en chlorophylle (ug/g MF) est représenté dans le tableau 19 avec sa représentation graphique illustrée dans la figure 42.

Tableau 19: Effet des différentes doses de fumier de volailles sur La teneur en chlorophylle (ug/g MF) chez la pomme de terre

Niveau de salinité / Dose	Sol très salé	Sol peu salé	Moyenne	Signification statistique
D0 (Sans apport)	7.46	5.33	6.40 d	Effet de fumier HS
D(EM+20t/ha de FV)	12.13	13.31	12.72 c	
D30 (t/ha de FV)	14.9	19.81	17.36 b	Effet de salinité S
D40(t/ha de FV)	22.003	23.97	22.99 a	
D50(t/ha de FV)	23.113	25.113	24.11 a	Effet de l'interaction NS
D60(t/ha de FV)	16.78	20.94	18.86 b	
Moyenne	16.06 b	18.08 a	17.07	

- ✓ *HS : hautement significatif;*
- ✓ *S: Significatif;*
- ✓ *NS: non significatif.*
- ❖ *CV% = 12.85*

L'analyse de variance a montré un effet des doses de fumier sur la teneur en chlorophylle hautement significatif, les moyennes figurent que la dose D50(t/ha de FV) avec une teneur de 24.11ug/g MF est la plus élevée , et les plus faibles moyennes sont enregistrées au sein de dose D0 (Sans apport) avec une moyenne de 6.40 ug/g MF. On constate d'après le tableau 19 qu' une foie la dose de fumier augmente la teneur en chlorophylle est importante. Lorsqu'on augmente la dose au 60(t/ha de FV), la teneur en chlorophylle commence à réduire18.86 ug/g MF. Le test Fisher pour le facteur de fumier a révèle quatre groupes :

- Groupe (a) regroupe les doses D50(t/ha de FV) et D40(t/ha de FV);
- Groupe (b)) regroupe les doses D30 (t/ha de FV) et D60 (t/ha de FV);
- Groupe (c) représenté par la dose D(EM+20t/ha de FV);

- Groupe (d) représenté par la dose D0 (Sans apport) .

En ce qui concerne l'effet de salinité, l'analyse de variance a montré qu'il est significatif, et le site peu salé a donné des résultats maximums 18.08 ug/g MF par apport le site très salé 16.06 ug/g MF. Le test Fisher pour le facteur de salinité a révélé deux groupes :

- Groupe (a) représenté par le site peu salé;
- Groupe (b)) représenté par le site très salé.

L'effet de la combinaison entre les deux facteurs (fumier X salinité) n'a montré aucun effet significatif , que signifie que les deux facteurs agissent indépendamment.

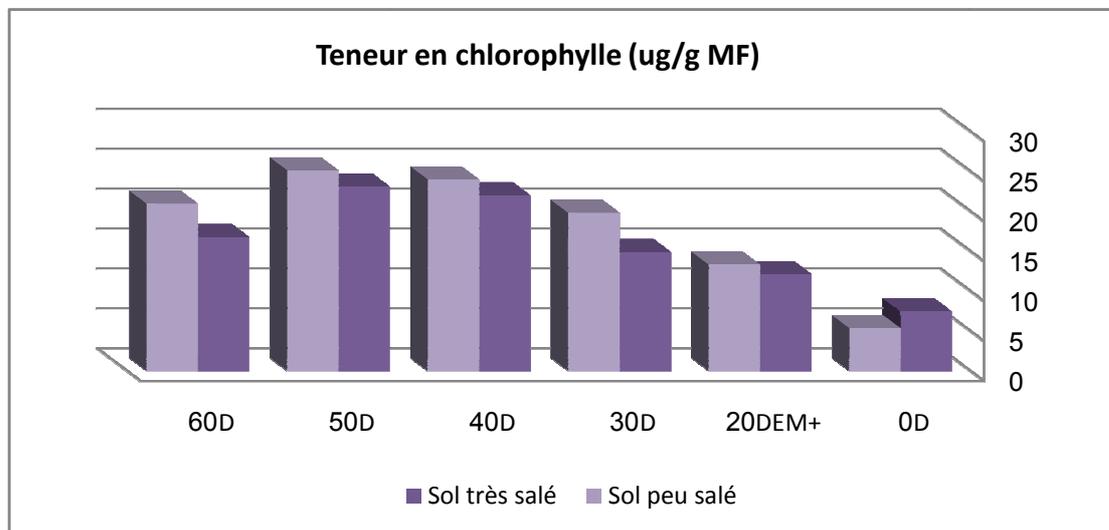


Figure 42: Effet comparé des différentes doses de fumier de volailles sur la teneur en chlorophylle (ug/g MF)

2.2.1.1. Discussion et conclusion

La teneur en la chlophyll est le critère le plus utilisé pour quantifier l'état général de la plante (TRIPATHI, 1999). La diminution dans le taux de biosynthèse de la chlophyll s'accompagne par une diminution de l'assimilation chlorophyllienne, donc une diminution de l'élaboration de la M.O ce qui entraine une perte dans la croissance des espèces et par la suite des pertes de rendements.

Les mesures de la teneur en chlorophylle chez la pomme de terre dans nos conditions expérimentales permettent de donner des informations sur sa sensibilité vis-à-vis de la salinité, et sur la variation de cette teneur en présence de fumier organique.

D'après les résultats obtenus, la salinité diminue la teneur en chlorophylle. En fait, la présence des fortes concentrations en sels (site sol très salé) crée une perturbation dans le métabolisme de la plante, ce qui s'ensuit par une réduction de la concentration en chlorophylle.

La réduction de la concentration en chlorophylle en conditions de stress salin est attribuée à l'augmentation de l'activité des enzymes catalytiques, les chlorophyllases (RAO et RAO, 1981 in LEMEZRI, 2006).

Selon PARIDA et DAS, 2005 (in BOUZID 2010), le taux de la chlorophylle et des caroténoïdes des feuilles diminue en général sous les conditions de stress salin.

Chez les glycophytes une concentration saline élevée réduit l'assimilation du carbone. La réduction de l'assimilation de ce dernier résulte à la fois d'une photosynthèse réduite et un maintien accru de la respiration (HOPKINS, 2003).

La diminution de la synthèse des pigments chlorophylliens dans parcelles témoins des deux sites peut être due à une déficience en certain élément comme le N (ZHAO et al., 2005), le Fe ou en Mg (OUZOUNIDOU et al., 1992).

Néanmoins, la réduction de la teneur en chlorophylle dans parcelles témoins a été beaucoup plus apparente dans les parcelles du site sol peu salé, ce qui peut être expliqué par à l'insuffisance des éléments nutritifs à leurs niveaux, par rapport aux témoins du site sol très salé.

En revanche, l'apport croissant de la matière organique sous forme de fumier de volailles dans les parcelles enrichis en fumier a enregistré une augmentation proportionnelle des teneurs en chlorophylle dans les deux sites expérimentaux jusqu'à la dose D50 t/ha, à partir du quelle, la teneur en chlorophylle commence à s'abaisser.

La figure 44 montre la structure de la molécule de chlorophylle a et b.

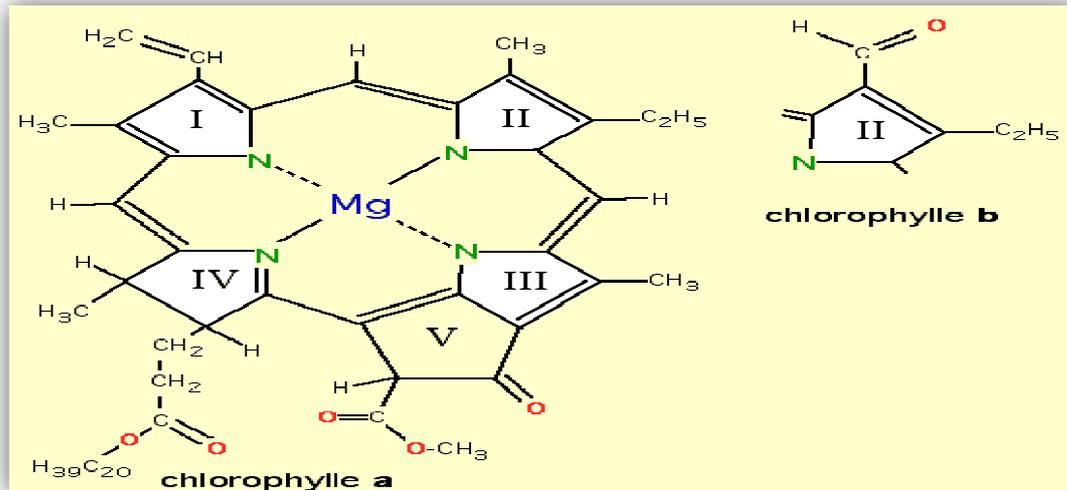


Figure 43 : Structure des chlorophylles a et b (Réf. Elec 05)

D'après la figure 44, on remarque que l'azote le carbone et le magnésium sont les éléments essentiels pour formuler la structure de la chlorophylle. Partant de là, l'apport d'un fumier riche en éléments majeurs et en oligoéléments tel est le cas de fumier de volailles est en mesure de mettre à la disposition de la plante d'une façon progressive et continue (par le processus de minéralisation) tous les éléments nécessaires pour la synthèse de la molécule de la chlorophylle. Ce qui peut expliquer la corrélation positive enregistrée entre l'apport croissant du fumier de volailles et l'augmentation de la teneur en chlorophylle.

La présence de la M.O induit une augmentation de la chlorophylle chez la pomme de terre ce qui est en concordance avec d'autres travaux (SOUFI, 2010 ; BENSASSI et LABED, 2010).

La réduction de la teneur en chlorophylle à la dose D60 (t/ha de FV) peut être due à la forte accumulation des ions fournis par les fortes doses de fumier. D'après ALAOUI (2006), la concentration en chlorophylle diminue par la forte concentration en ions. Ces derniers sont capables de créer des conditions de phytotoxicité par un effet de surfertilisation.

2.2.2. Teneur en proline

La teneur en proline (ug/ml) est représentée dans le tableau 20 avec sa représentation graphique illustrée dans la figure 44.

Tableau 20: Effet des différentes doses de fumier de volailles sur La teneur en proline (ug/ml) chez la pomme de terre

Dose	Niveau de salinité		Moyenne	Signification statistique
	Sol très salé	Sol peu salé		
D0 (Sans apport)	0.092667	0.090867	0.091767 c	Effet de fumier HS
D(EM+20t/ha de FV)	0.093033	0.091067	0.09205 c	
D30 (t/ha de FV)	0.094167	0.091933	0.09305 b	Effet de salinité HS
D40(t/ha de FV)	0.094667	0.0923	0.093483 ab	
D50(t/ha de FV)	0.094933	0.0926	0.093767 ab	Effet de l'interaction NS
D60(t/ha de FV)	0.09517	0.0932	0.094185 a	
Moyenne	0.094106 a	0.091994 b	0.09305	

- ✓ *HS* : hautement significatif;
- ✓ *NS* : non significatif.
- ❖ *CV%* = 0.57

L'analyse de variance a montré un effet hautement significatif des doses de fumier sur la teneur en proline, et les moyennes figurent que la dose D60(t/ha de FV) avec de 0.094ug/ml est la plus remarquée avec sa teneur élevée, à l'opposé ,les plus faibles moyennes sont enregistrées au sein de dose D0 (Sans apport) avec 0.091 ug/ml.

On constate d'après le tableau 20 ,qu'il existe une corrélation positive entre la dose de fumier et la teneur en proline, une fois la dose de traitement s'accroît la teneur en proline devient important. Aussi il y'a une corrélation positive entre la salinité et la teneur en proline. Le test Fisher pour le facteur de fumier a révélé quatre groupes :

- Groupe (a) représenté par la dose D60(t/ha de FV);
- Groupe (ab)) regroupe les doses D40 (t/ha de FV), D50 (t/ha de FV);
- Groupe (b) représenté par la dose : D30(t/ha de FV);
- Groupe (c) représenté par la dose : D0.

En ce qui concerne l'effet de salinité, l'analyse de variance a montré qu'il est significatif, et le site très salé a donné des résultats maximums de moyenne de 0.094ug/ml par apport le site peu salé 0.0919 ug/ml. Le test Fisher pour le facteur de salinité a révélé deux groupes homogènes :

- Groupe (a) représenté par le site très salé;

- Groupe (b)) représenté par le site peu salé.

L'effet de l'interaction entre les deux facteurs (salinité et fumier) est non significatif , que signifie que les deux facteurs agissent indépendamment.

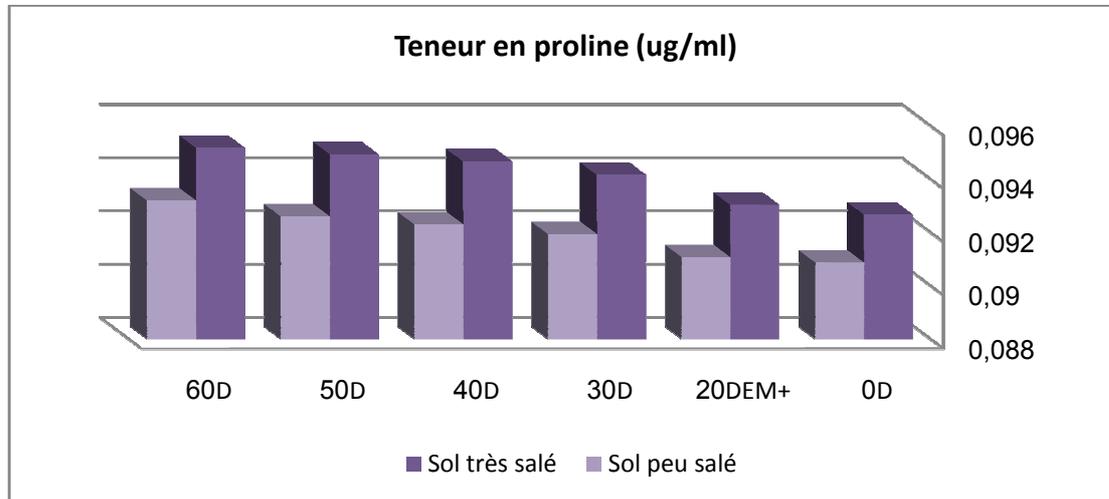


Figure 44: Effet comparé des différentes doses de fumier de volailles sur la teneur en proline (ug/ml)

2.2.2.1. Discussion et conclusion

La proline est un acide aminé accumulé dans les tissus des plantes comme réponse aux types divers de stress (ABOU EL-MAGD et al, 2008). Cet acide aminé peut agir comme un osmoticum dont l'accumulation cytoplasmique permet de neutraliser les effets ioniques et osmotiques de l'accumulation du sel dans la vacuole, en facilitant l'exclusion des sels des sites métaboliques. Selon un autre point de vue, cette accumulation n'est pas une réaction d'adaptation au stress, mais plutôt le signe d'une perturbation métabolique (HERNANDEZ, 2000).

Généralement, le rôle attribué à la proline dans la réponse des plantes au stress salin, reste parfois controversé : Pour QIAN et al (2001), son accumulation contribue à l'acquisition de cette résistance grâce à l'ajustement osmotique dont la proline est responsable. Elle pourrait, également intervenir dans la régulation du Ph cytoplasmique (DENDEN et al ,2005). La présence de la proline est nécessaire pour contrecarrer le stress pour assurer les fonctions vitales de cellules. L'accumulation de proline permet la protection de la membrane cellulaire et participe à l'ajustement osmotique (HASSANI et al, 2008).

Dans notre cas, les résultats obtenus ont montré que l'accumulation de cet acide aminé est proportionnelle au degré de la salure dans les deux sites expérimentaux, autrement dit que, l'accumulation la plus importante en cet acide aminé a été enregistrée au niveau du site 1 (sol très salé) à fort concentration en sel. Ces résultats sont en conformité aussi avec ceux de SOUFI (2010).

Chez le blé, le NaCl conduit à accroître le contenu foliaire en proline, et de réduire leur contenu en chlorophylle des plantes (ALI TURAN *et al* , 2007).

Nos résultats montrent, bien que, la pomme de terre fait partie des plantes glycophytes, elle possède au même titre que les plantes halophytes l'aptitude d'accumuler la proline sous les conditions saline.

Enfin, les feuilles de la pomme de terre accumulent la proline sous forme d'un osmorégulateur, et maintiennent une concentration cellulaire plus élevée que le milieu extérieur pour faire ajuster la direction de l'osmose.

Par ailleurs, la figure 45 montre une corrélation positive entre la teneur en proline et l'apport croissant de fumier, ce ci reflète l'activation de la biosynthèse de cet acide aminé à l'intérieur de la cellule en réponse à la fertilisation organique.

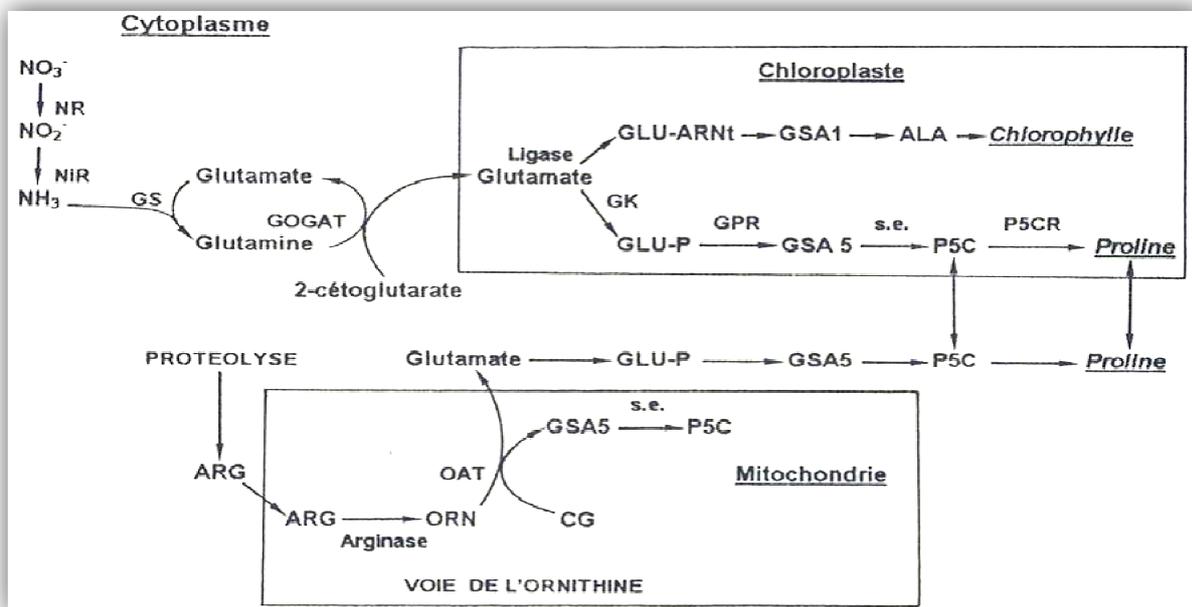


Figure 45: Interconnexion des voies de biosynthèse de la chlorophylle et de la proline (TAHRI *et al*, 1997)

ALA: Alanine, **ARG:** Arginine, **CG:** Cétoglutarate, **GLU-P:** Glutamyl phosphate, **GLU-ARNt:** Glutamyl-ARNt, **GOGAT:** Glutamate synthase, **GS:** Glutamine synthétase, **GSA1:** Glutamate 1-semialdéhyde, **GSA5:** Glutamate 5-semialdéhyde, **ORN:** Ornithine, **P5C:** Pyrroline 5-carboxylate, **GK:** Glutamyle Kinase, **GPR:** Glutamyle phosphate réductase, **OAT:** Ornithine-aminotransférase, **P5CR:** Pyrroline5-carboxylate réductase, **NiR:** Nitrite réductase, **NR:** Nitrate réductase, **s.e:** sans enzyme.

D'après, la figure 46 relative à la biosynthèse de la proline ; la présence d'une source azotée est nécessaire dans le cytoplasme pour synthétiser le glutamate qui est un précurseur de la proline. Le fumier de volailles dans ce cas là est considéré comme source d'azote très importante pour activer la synthèse de ce précurseur exigeant en cet élément (azote).

Par ailleurs, la présence du glutamate dans le chloroplaste est indispensable pour la synthèse métabolique de la chlorophylle et/ou de la proline. En fait le glutamate contribue à la formation de la chlorophylle par son association avec l'ARNt, ou pour la formation de la proline avec son association avec le phosphate, c'est peut être une des causes de la réduction de teneur en chlorophylle lorsqu'on atteint la dose D60t/ha de FV, car à ce niveau ; le glutamate s'oriente vers la formation de la proline au dépens de la biosynthèse de la chlorophylle.

D'après TAHRI et al. (1997), il existe une compétition entre les voies métaboliques de biosynthèse des pigments chlorophylliens et de celle de la proline, par suite de l'existence des précurseurs en communs entre les deux.

Pareillement, selon la figure 46, dans le cytoplasme, le processus de protéolyse donne comme synthétat le glutamate par l'intervention des mitochondries, et le glutamate ensuit la composition de proline. Alors que, la formation de proline ou acide pyrrolidine 2-carboxylique passe par des processus tout en débutant par une source d'azote, et cela est soutenu par la figure 47, en montrant la structure de la proline, qu'il a besoin de l'azote et du carbone pour se former et pour que la plante peut accumuler cet acide aminé.

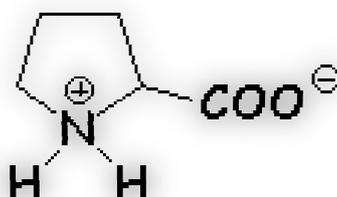


Figure 46: Formule de proline (acide pyrrolidine 2-carboxylique) (Réf. Elec

La formation de proline débute aussi par le glutamate résultant du processus de protéolyse. une altération de la biosynthèse des protéines serait, en partie, à l'origine de la proline accumulée (TAHRI et *al* , 1997).

2.2.3. Teneur en sucres solubles

La teneur en sucres solubles (ug/ml) est représenté dans le tableau 21 avec sa représentation graphique illustrée dans la figure 47.

Tableau 21: Effet des différentes doses de fumier de volailles sur La teneur en sucres solubles (ug/ml) chez la pomme de terre

Dose \ Niveau de salinité	Sol très salé	Sol peu salé	Moyenne	Signification statistique
D0 (Sans apport)	0.030	0.025	0.027 d	Effet de fumier HS
D(EM+20t/ha de FV)	0.032	0.028	0.0301 c	
D30 (t/ha de FV)	0.0341	0.0297	0.0319 b	Effet de salinité HS
D40(t/ha de FV)	0.035	0.0306	0.0332 b	
D50(t/ha de FV)	0.0381	0.0317	0.0349 a	Effet de l'interaction NS
D60(t/ha de FV)	0.0388	0.0318	0.0353 a	
Moyenne	0.0348 a	0.0295 b	0.0322	

- ✓ *HS* : hautement significatif;
- ✓ *NS* : non significatif.
- ❖ $CV\% = 2.81$

L'analyse de variance a donné un effet hautement significatif des doses de fumier sur la teneur en sucres solubles, et les moyennes paraissent que la dose D60(t/ha de FV) est la dose donnant un bon teneur avec de 0.0353ug/ml , les plus faibles moyennes sont enregistrées au sein du dose D0 (Sans apport) avec 0.027 ug/ml. On distingue d'après le (tableau 21) qu'il existe une corrélation positive entre la dose de fumier et la teneur en sucres, une fois la dose accroît la teneur en sucres augmente. Ainsi , une corrélation positive entre les sels et la teneur en sucres solubles.

Le test Fisher pour le facteur de fumier a démontré quatre groupes :

- Groupe (a) regroupe les doses D50 (t/ha de FV), D60 (t/ha de FV);

- Groupe (b)) regroupe les doses D30 (t/ha de FV), D40 (t/ha de FV);
- Groupe (c) représenté par la dose D(EM+20t/ha de FV);
- Groupe (d) représenté par la dose: D0.

En ce qui concerne l'effet de salinité, l'analyse de la variance a présenté qu'il est hautement significatif, et le site très salé a donné des effets maximums de moyenne de 0.0348 ug/ml par rapport le site peu salé 0.0295 ug/ml. Le test Fisher pour le facteur de salinité a établi deux groupes homogènes :

- Groupe (a) représenté par le site très salé;
- Groupe (b)) représenté par le site peu salé.

L'effet de l'interaction entre les deux facteurs (fumier X salinité) est non significatif, que signifie que les deux facteurs agissent séparément.

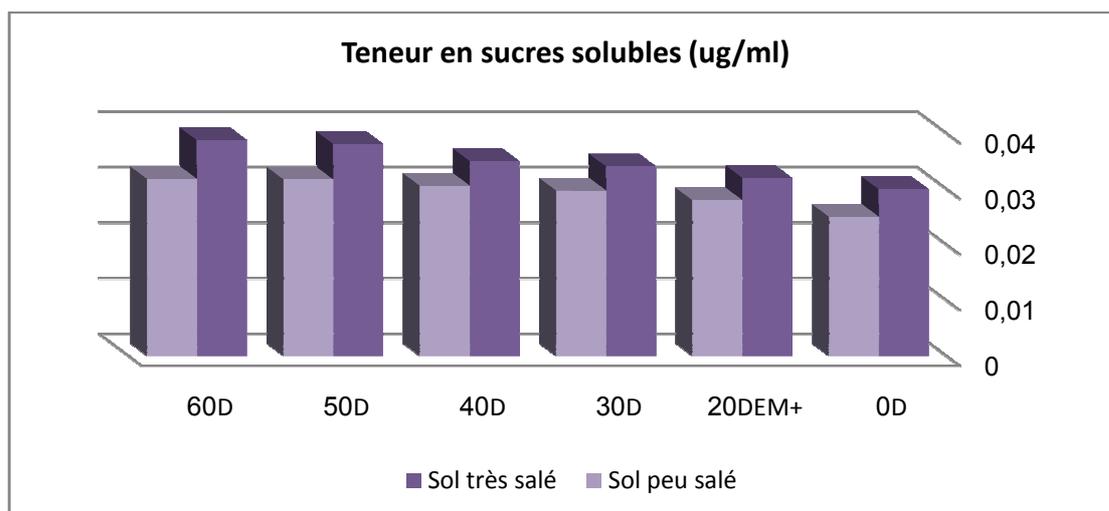


Figure 47: Effet comparé des différentes doses de fumier de volailles sur la teneur en sucres solubles (ug/ml)

2.2.3.1. Discussion et conclusion

D'après la figure 48, on constate que la teneur en sucres solubles augmente proportionnellement avec l'augmentation des doses de fumier appliquées aux deux sols. Autrement dit, il existe une corrélation positive entre la teneur en sucres solubles et les doses de fumier.

Les sucres sont des composés carbonés qui nécessitent la présence d'une source carbonée pour s'élaborer, ce qui justifie la corrélation positive enregistrée entre l'augmentation des teneurs en sucres et les doses croissantes de fumier.

Par ailleurs, le site sol très salé a présenté des valeurs maximales par rapport au site sol peu salé, signifiant ainsi qu'il existe une proportionnalité entre la teneur en sucres solubles et l'augmentation de la salinité. Ces résultats sont en concordance avec ceux de Soufi (2010), qui a montré dans un travail précédent sur la pomme de terre, que la salinité induit une accumulation des sucres solubles à chaque fois, que le niveau de la salinité augmente.

D'après les résultats obtenus, l'accumulation des sucres semble être l'un des mécanismes de tolérance au stress salin. Les sucres solubles sont considérés au même titre que la proline des osmorégulateurs, permettant d'ajuster l'osmose entre le milieu extérieur et l'intérieur des cellules.

D'après LEVIGNERON et al., (1995), les teneurs en sucres et en amidon des feuilles semblent être des indicatrices du degré de résistance des espèces végétales à la salinité.

D'après LEMEZRI (2006), les sucres solubles sont des marqueurs biochimiques capables d'ajuster l'osmose. Les sucres peuvent servir de composés solubles compatibles pour l'ajustement osmotique comme de nombreuses autres molécules.

Les sucres solubles font partie des solutés organiques qui interviennent dans la tolérance à la salinité (ALLAOUI, 2006).

2.2.4. Teneur en protéines

La teneur en protéines (ug/ml) est représentée dans le tableau 22 avec sa représentation graphique illustrée dans la figure 48.

Tableau 22: Effet des différentes doses de fumier de volailles sur La teneur en protéines (ug/ml) chez la pomme de terre

Dose	Sol très salé	Sol peu salé	Moyenne	Signification statistique
D0 (Sans apport)	0.015	0.011667	0.013333 c	Effet de fumier HS
D(EM+20t/ha de FV)	0.015667	0.012333	0.014 b	
D30 (t/ha de FV)	0.015667	0.014	0.014833 ab	Effet de salinité HS
D40(t/ha de FV)	0.016	0.014333	0.015167 a	
D50(t/ha de FV)	0.016333	0.014333	0.015333 a	Effet de l'interaction S
D60(t/ha de FV)	0.015667	0.014667	0.015167 ab	
Moyenne	0.015722 a	0.013556 b	0.014639	

- ✓ *HS : hautement significatif.*
- ✓ *S : significatif.*
- ❖ *CV% = 6.51*

L'analyse de variance a montré un effet hautement significatif des doses de fumier sur la teneur en protéine. Les moyennes se montrent que la dose D50(t/ha de FV) est la dose donnant un bon teneur avec de 0.0153 ug/ml , les plus faibles moyennes sont enregistrées au sein de dose D0 (Sans apport) avec 0.0133ug/ml. On distingue d'après le tableau 22 qu'il existe une corrélation positive entre la dose de fumier et la teneur en protéine, une fois la dose de traitement s'accroît la teneur en protéine augmente.

Le test Fisher pour le facteur de fumier a démontré quatre groupes :

- Groupe (a) regroupe les doses: D40 (t/ha de FV)et D50 (t/ha de FV);
- Groupe (ab)) regroupe les doses: D30 (t/ha de FV)et D60 (t/ha de FV);
- Groupe (b): représenté par la dose D(EM+20t/ha de FV);
- Groupe (c) : représenté par la dose D0.

En ce qui concerne l'effet de salinité, Ainsi , une corrélation positive entre le sel et la teneur en protéine. L'analyse de variance a présenté qu'il est hautement significatif, et le site

très salé a donné des effets maximums de moyenne de 0.0157ug/ml par rapport le site peu salé avec 0.0135ug/ml.

Le test Fisher pour le facteur de salinité a établi deux groupes homogènes :

- Groupe (a) représenté par le site très salé;
- Groupe (b) représenté par le site peu salé.

L'effet de l'interaction entre les deux facteurs (fumier X salinité) est significatif, que signifie que les deux facteurs agissent simultanément.

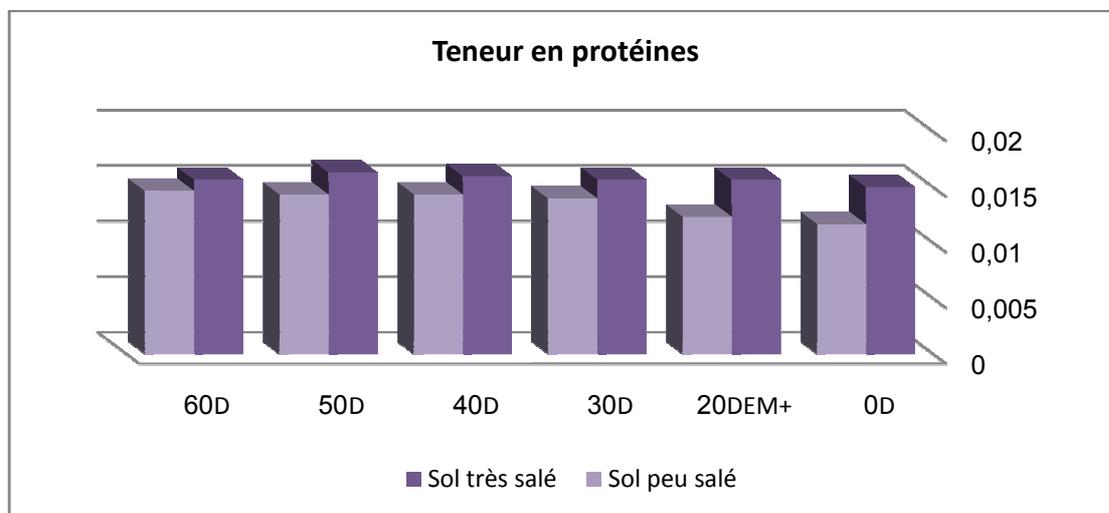


Figure 48: Effet comparé des différentes doses de fumier de volailles sur la teneur en protéines (ug/ml)

2.2.4.1. Discussion et conclusions

L'accumulation des protéines sous stress salin est nécessaire pour le phénomène d'osmorégulation (HELLER et al., 1998 ; CALU., 2006).

D'après MOUELLEF (2010), sous le stress hydrique et salin, certaines protéines perdent leur configuration native (fonctionnelle) et ont tendance à s'agréger.

La salinité induit des modifications qualitatives et quantitatives dans la synthèse des protéines (ALLAOUI, 2006). Alors, la modification ne se situe pas seulement sur le plan quantitatif, mais dans la qualité de ces protéines c'est-à-dire une dénaturation de ces composés.

En conclusion, la pomme de terre accumule les protéines sous des conditions salines. Ces composés se comportent comme une osmolite pour élever la concentration intracellulaire.

Conclusion

Les résultats globaux relatifs à cette partie de notre travail expérimental ont montré que l'augmentation des doses de fumier de volailles s'accompagne d'une augmentation hautement significative des teneurs des feuilles en chlorophylle et en solutés organiques par rapport au témoin sans aucun apport.

En fait, les doses de fumier de volailles ont augmenté la teneur des feuilles en proline, protéines et en sucres solubles et ceci proportionnellement à la dose du fumier apportée au sol. Toutefois, il est à signaler que la teneur en chlorophylle commence à s'abaisser à partir de la dose D50.

Les faibles teneurs en chlorophylle au niveau des traitements témoins sont dues probablement à une carence et/insuffisance en éléments minéraux, ce qui peut avoir des répercussions négatives sur le processus photosynthétique.

Par ailleurs, les meilleurs teneurs en solutés organiques ont été enregistrés par les fortes doses de fumier notamment la dose D6 (60t/ha de FV).

Concernant l'effet de la salinité, la réponse biochimique de la plante au stress salin à travers l'analyse des teneurs des feuilles en solutés organiques a montré une accumulation significative et proportionnelle de ces produits au degré de la salure dans les deux sites expérimentaux.

Ainsi, les fortes concentrations ont été enregistrées au niveau du site sol très salé). D'après STROGONON et al (in ACILLA, 2003), les plantes améliorent leur tolérance à la salinité en accumulant plus des solutés organiques sous les conditions salines.

L'accumulation de ces solutés organiques en réponse à la salinité permet de réduire le potentiel osmotique, permettant ainsi le maintien du potentiel de turgescence des cellules de la plante.

Conclusion

Conclusion générale

Quelque soit le niveau de salinité (peu ou très salé), l'effet significatif des doses de fumier sur les paramètres de croissance végétative et ceux de rendement arrive à atténuer l'effet nocif des sels. Toutefois, cette amélioration a été plus marquée au niveau du sol le plus salé traité par la forte dose de fumier de volailles.

Le paramètre le plus cherché par les paysans, à ce qu'il concerne la pomme de terre, demeure le rendement et le calibre de tubercule, et cet étude conclura que le meilleur rendement a été enregistré par la dose 60 t/ha FV et 50t/ha, et la formule fertilisante (20t/ha FV+ engrais minéral) concernant le diamètre de tubercule. Mais au dessus de la dose (50 t/ha FV), les teneurs en chlorophylle totale deviennent sensibles, et commencent à décroître, ceci affecte l'autotrophie de la plante et donne une idée sur le degré de tolérance de la pomme de terre à la salinité et en présence des apports organiques. Alors on tient à opter le traitement 50t/ha comme une dose raisonnable aux plantes, dont un bon rendement, bonne croissance, bonne composition chimique (essentiellement de sucres) donnant un goût appréciable, et un potentiel élevé de la chaîne photosynthétique des plantes, ce dernier demeure l'usine d'énergie propre à la plante. Et de point de vue économique et pas exagéré aussi.

Dans ce cadre, on peut conclure que la production de la pomme de terre (variété Spunta) aux conditions salines ($CE > 5$ ds/m) peut être améliorée par des apports organiques raisonnés et bien conduites.

En ce qui concerne les paramètres biochimiques, la variation de la teneur en chlorophylle, proline, sucres solubles et protéines peut être considérée comme critère de l'évaluation de la tolérance à la salinité, et que ces solutés interviennent dans l'ajustement osmotique.

Dans notre étude, la réalisation des mesures de la teneur en chlorophylle ainsi les solutés organiques chez les feuilles des plantes permet d'avoir des informations sur leur sensibilité vis-à-vis les apports organiques sous les conditions salines.

Comme on a une perspective, de faire essayer l'étude biochimique par diversifier la variété, d'une autre peau par exemple ou dans un autre saison, afin de pouvoir conclure des

idées complémentaires et satisfaisantes. Ainsi, on peut aussi augmenter le stress salin par un essai bien contrôlé (en pots) pour avoir confirmé les résultats.

En conclusion, la glycophyte (pomme de terre) peut répondre positivement aux conditions salines, s'elle est armée par un apport organique qu'est connue par son pouvoir de chélation. Elle a comme réponse, orientation de la métabolisme vers la synthèse des molécules osmorégulatrices pour maintenir un pôle osmotique élevé, capable d'épuiser l'eau de milieu extérieur.

Enfin, les glycophytes supportent les teneurs élevées en sel, s'il y a une source fertilisante de nature organique.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

1. ALLAOUI A.,2006 - *Étude comparative de la tolérance de trois porte-greffes d'agrumes à la salinité*, Mémoire d'Ingénieur.Agro., Institut agronomique et vétérinaire HASSAN II . 143Pp.
2. ABOU EL-MAGD M.M, M.F. Zaki , S.D. ABOU-HUSSEIN.,2008 *Effect of Organic Manure and Different Levels of Saline Irrigation Water on Growth, Green Yield and Chemical Content of Sweet Fennel* -Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 2(1): 90-98.
3. ANONYME, les acides aminés, peptides et protéines.
4. ARNON D.,1949 Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in (*Beta vulgaris*). Plant physiology. Volume 24.
5. LOURTIE B., 2008, *Tester de nouvelles expériences (BIOCH. I.2, a), expériences réalisables en TP de biologie avec des élèves du 3^{ème} degré-30Pp.*
6. B LE CLECHE.,2000-*Agronomie de bases aux nouvelles orientations*,docteur des sciences, maitre de conférences Ecole nationale d'ingénieur des travaux agricoles de Bordeaux.
7. LOURTIE B., 2008 CCM d'extraits de pigments végétaux de feuilles de couleurs différentes prélevées sur un même arbre, expériences réalisables en TP de biologie avec des élèves du 3^{ème} degré-Pp33.
8. EGIDIO B N , Paes B H Almeida, S N Pereira1, S J H Bezerra da., *Effect of salt stress on soluble carbohydrates and proline content of sorghum-* n°: 2452.
9. BEN HASSINE H, T ALOUI, T GALLALI, T BOUZID, S EL AMRI, ET R BEN HASSEN., 2008 *Evaluation quantitative et rôles de la matière organique dans les sols cultivés en zones subhumides et semi-arides méditerranéennes de la Tunisie- Agrosolutions vol .19, N°2.*
10. BRADY et N.C.,2002 *Gestion des sols salinisés par l'irrigation-The Nature and Properties of Soils*, New Jersey, USA, Prentice Hall.
11. DUCATTILLON C.,2008-*Impact de la disponibilité en méso- et oligo-éléments sur la phytotechnie de la pomme de terre*. Centre pour l'agronomie et l'agro industrie de la province de Hainaut.
12. CALU G.,2006 *Effet de stress salin sur les plantes-Master 1 recherche biotechnologies : du gène à la molécule.*
13. CARRIER A.,2003- *Que se passe- t-il dans le? Serriculture maraichère biologique*.Québec
14. ÇELİK H, KATKAT A.V, AŞIK B.B , TURAN M.A.,2010 *Effects of humus on growth and nutrient uptake of maize under saline and calcareous soil conditions-* Uludağ University.Vol.97, No.4, p.15-22.
15. DJERROUDI –ZIDANE O, M BELKHODJA, S BISSATI,et S HADJADJ.,2010-*Effect of Salt Stress on the Proline Accumulation in Young Plants of Atriplex Halimus L. and Atriplex Canescens (Pursh) Nutt.* European Journal of Scientific Research Vol.41 No.2 pp.249-260.
16. DUBOIS M., GILLES K.A., HAMILTON J.K., REBECS P.A., SMITH F., 1956- *Colorimetric method for determination of sugars and related substances*. Anal. Chem. 28 (3): 350-356.
17. DUBOST D., 2002 - *Ecologie, Aménagement et développement Agricole des oasis algériennes*. Ed. Centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides, Thèse Doctorat. 423 Pp.
18. TAHRI E, BELABED A et SADKI K.,1997- *Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur*

(*Triticum durum*). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, n°21 Pp.81-87. Manuscrit déposé le 2 janvier 1998, Version modifiée acceptée le 28 mai 1998.

19. ETEHADNIA M., 2009- *Salt Stress Tolerance in Potato Genotypes*, 230Pp.
20. CHEIKH M'HAMED H, ABDELLAOUI R , KADRI K, BEN NACEUR M, BEL HADJ S., 2008 *Evaluation de la tolérance au stress salin de quelques accessions d'orge (Hordeum vulgare L.) cultivées en Tunisie: Approche physiologique*, Reçu le 25/02/2007– Accepté le 17/10/2008, N°28 Décembre (2008), pp.30 -37.
21. HALILAT M.T., 1993 - *Etude de la fertilisation azotée et potassique sur le blé dur (variété al dura) en zone saharienne (région de Ouargla)*.Thèse magistère INFS d'agronomie, Batna, 132Pp.
22. HANNACHI C, P DEBERGH, E ZID, A MESSAI, T MEHOUACHI., 2004- *Tubérisation sous stress salin de vitroplants de pomme de terre (Solanum tuberosum L.)*, Reçu le 15 janvier 2003, accepté le 22 janvier 2004. Tunisie, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 8 (1), 9–13.
23. HASSANI A, DELLAL A, BELKHODJA M, KAID- HARCHE M., 2008 *Effet de la Salinite Sur L'eau et Certains Osmolytes Chez L'orge (Hordeum Vulgare)-* European Journal of Scientific Research, Vol.23 No.1 (2008), Pp.61-69.
24. SCHOENAU J J, ASSEFA B, M GREVERS, J CHARLES, P MOOLEKI, P QIAN and T ZELEKE- College of Agriculture, University of Saskatchewan.
25. CHASTAIN J P, J J CAMBERATO, and P SKEWES., *Poultry Manure Production and Nutrient Content*.
26. JEAN-CHRISTOPHE LATA., *Importance du sol dans la biologie de la plante : ou sol et plante, une histoire de vie commune*.
27. KEMASSI S., 2010- *Etude de l'effet des fertilisants organiques sur l'amélioration de la nutrition minérale de la pomme de terre (variété spunta) sous les conditions salines des régions sahariennes (cas de la région de Ouargla)*, mémoire Ing, Université de Ouargla, Pp89.
28. L ETOURNEAU G., 2010 *Mouvements de sels en substrats organiques pour la culture de la tomate de serre* -Mémoire, grade de maître es sciences (M. Sc.), Université Laval Québec. Pp 104.
29. *La conduite de la pomme de terre dans les zones sahariennes*-fiche publicitaire 1997, ministère de l'agriculture et de la pêche.
30. LEMZERI H., 2006 -*Réponses écophysiologicals de trois espèces forestières du genre Acacia, Eucalyptus et Schinus (A. cyanophylla, E. gomphocephala et S. môle) soumises à un stress salin* - Magistère, Université Mentouri Constantine, 180Pp.
31. LEVITT, J., 1980- *Responses of Plant to Environmental Stress Chilling, Freezing and High Temperature Stresses*, 2nd edit. Levitt, J. (Ed.). Academic Press, New York, NY.
32. LOUÉ A., 1978 *Le potassium et la pomme de terre* -Département d'Agronomie de la S.C.P.A. Mulhouse, 39Pp.
33. LOWRY O H, ROSEBROUGH N J, FARR A L & RANDALL R J., 1951-*Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem.* 193:265, 1951.
34. DENDEN M , BETTAIEB T , SALHI A et MATHLOUTHI M., 2005- *Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementales*. *Tropicultura*. 23, 4, 220-225.

35. BELKHODJA M et BIDAI Y., *Analyse de la proline pour l'étude de la résistance d'une halophyte Atriplex halimus L. à la salinité*- Université d'Oran Algérie.
36. HAMANA KORICHI M F.,1997-*Contribution à l'étude de la réponse protéique de trois cultivars de blé dur (Triticum durum Des.f) au déficit hydrique*.revues semestrielle N°0. INRAA,*recherche agronomique*.0.13-17.
37. MAILLAR J.,2001 *Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone aride : Risques et Recommandations*. Handicap International,35Pp.
38. MENACER A., 2009- *Effet de différents types d'engrais potassiques sur la production et la qualité technologique de la pomme de terre (var.Spunta) dans la région de Ouargla*,mémoire Ing Université Ouargla,115Pp.
39. MNAYER D.,2004 *Effets de la fertilisation potassique et du temps d'application sur la production et la qualité technologique des tubercules de pomme de terre (Solanum tuberosum L.)*- Mémoire de Diplôme d'Études Approfondies(DEA), 79Pp.
40. MOUELLEF A.,2010 *Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (Triticum durum Desf.) au stress hydrique*- Mémoire de magistère en Biotechnologies Végétales (École Doctorale), Université Mentouri, Constantine, 118Pp.
41. MUFWANZALA N et DIKINYA O.,2010 - *Impact of Poultry Manure and its Associated Salinity on the Growth and Yield of Spinach (Spinacea oleracea) and Carrot (Daucus carota)*. Internationa journal of agriculture and biology, University of Botswana, (Received 07 February 2010; Accepted 12 April 2010)., 12,4,489–494
42. ASSEMIEN N K.,1984 *Réponse physiologique du riz (ORYZA SATIVA L) au déficit hydrique etude comparée de deux types culturaux (variété pluviale, variété aquatique)* -Thèse de docteur-ingénieur en sciences agronomiques , Ecole nationale supérieur agronomique de Montpellier, 148Pp.
43. BORDJIBA O et KETIF A.,2009 *Effet de Trois Pesticides (Hexaconazole, Bromuconazole et Fluazifop-p-butyl) sur quelques Métabolites Physio-Biochimiques du Blé dur : Triticum durum. Desf-* European Journal of Scientific Research Vol.36 No.2 , Pp.260-268.
44. OUSTANI M.,2006-*Contribution à l'étude de l'influence des amendements organiques sur les propriétés microbiologiques des sols sableux non salés et salés dans les régions Sahariennes (Cas de Ouargla)*.Thèse Magister. Université .Ouargla. 187Pp.
45. DU JARDIN P.,1994 *Physiologie de la tubérisation chez la pomme de terre cultivée (Solarium tuberosum L.) :quelques conclusions de données moléculaires*-Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux,pp. 439-446.
46. Chabaliier P F de Kerchove H S Macary.,2007-*Guide de la fertilisation organique à La Réunion*.
47. LETOURMY P.,1999-*Expérimentation agronomique planifiée*, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD).
48. ROCHETTE P, CHANTIGNY M, ANGERS D et VANASSE A.,Gestion de l'azote des fumiers :comment réduire les pertes?. Agriculture et Agroalimentaire Canada.
49. PATEL R.M, PRASHER S.O, Donnelly D, Bonnell R.B.,2001- *Effect of initial soil salinity and subirrigation water salinity on potato tuber yield and size*. 46 .231-239, Accepted 7 February 2000, Que, Canada.P9.

50. POIDEVIN G et PLANQUETTE L.,2003 *Le potassium : l'élément "qualité et sécurité" des récoltes*- la lettre Unifa.
51. DIEHL R., 1974- *Agriculture générale*, éditions J.-B. BAILLIÈRE , 2^{ème} édition n° 2065,Paris 396Pp.
52. BOUZID S.,2010 *Étude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysologique de deux variétés de plantes de l'espèce Phaseolus vulgaris L.*- Memoire du diplôme de magistère, 178Pp.
53. SAHNOUNE M.,1986-*Contribution à l'étude des litières de volailles comme amendement organique en cultures maraichères, sous trois étages bioclimatiques (sub-humide, semi-aride et saharien) en Algérie.* Thèse de Magistère en sciences agronomiques,Université d'Alger, 63Pp.
54. SAKALLOVA N., 1979- *Foliage calculation method.* Agri Research (TCXA), Pp40-42.
55. SOUFI R.,2010- *La réponse physiologique et biochimique de la pomme de terre (variété Spunta) à la salinité en présence de fertilisant organique (fumier des volailles) (Cas de Ouargla).* Université de Ouargla,131Pp.
56. STEWART P., 1969 - Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. *Bull. soc. hist. nat. agro.* : 24 -25p.
57. DEKSISSA T, W HARE W et ALLEN J R., *Effect of pelletized poultry manure on crop production and vadose zone water quality*-University of the District of Columbia.
58. TROLL W et LINDSEY J.,1954- *A photometric method for the determination of proline* Received for publication, October 21, 1954.
59. TURAN M ALI, KATKAT V et TABAN S.,2007 *Variation in proline, chlorophyll and mineral element contents of wheat plants grown under salinity stress*- Journal of agronomy 6(1): 137-141.
60. ZEBARTH B , MOREAU G et KAREMANGINGO C.,2007 *Gestion de l'azote dans la pomme de terre : Analyse de la teneur en nitrate du pétiole*- Fiche technique produite par l'équipe en charge du programme des gaz à effets de serre (GES)
61. ZERRAD W, HILLALI S, MATAOUI B.S, EL ANTRI S, et HMYENE A.,2006- *Etude comparative des mécanismes biochimiques et moléculaires de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur*, congrès international de biochimie, Agadir.
62. REUST W, HEBEISEN T, BALLME T.,2006- *Fumure azotée et nouvelles variétés de pommes de terre cultivées en Suisse*, Revue suisse Agric. 38 (6): 309-313.
63. (Réf.Elec01)
http://maps.google.fr/maps?hl=fr&cp=7&gs_id=ey&xhr=t&q=carte+grise&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.r_qf.&biw=1366&bih=597&um=1&ie=UTF-8&sa=N&tab=wl (12-07-2112).
64. (Réf. Elec 02) <http://fr.wikipedia.org/wiki/Spunta> (26-05-2012).
65. (Réf. Elec 03) <http://www.vanrijn-kws-france.fr/variete-11-everest.php> (05-06-2012)
66. (Réf. Elec 04) <http://fr.wikipedia.org/wiki/Granulom%C3%A9trie#Tamisage> (22-03-2012)
67. (Réf. Elec 05) <http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/metabo/photosynthese/014pigments.htm> (18-07-2012)
68. (Réf. Elec 06)
http://www.ac-nancymetz.fr/enseign/physique/chim/jumber/aminoacides/les_aminoacides.htm (25-07-2012)
69. (Réf. Elec 07) <http://biologie.wikispaces.com/La+Photosynthese> (16-07-2012)

70. (Réf. Elec 08) <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=fr> (13-05-2012).
71. (Réf. Elec 09) <http://fr.wikipedia.org/wiki/Chlorophylle> (16-07-2012)
72. (Réf. Elec 10) http://www.futura-sciences.com/fr/news/t/medecine/d/les-secrets-du-dichroa-febrifuga-plante-medicinale-chinoise_36769 (12-07-2012).
73. O.N.M. Ouargla.
74. جون راين، جورج اسطفان و عبد الرشيد، 2003- تحليل التربة والنبات دليل مختبري . المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (إيكاردا) حلب سوريا والمركز الوطني للبحوث الزراعية اسلام اباد الباكستان.

Annexes

Annexe I

Tableau 01: Les principaux pays producteurs de la pomme de terre en 2009 (d'après le FAO)
(Réf. Elec 08)

Région	Quantité (tonnes)
Espagne	701545
Belgique	1328350
Allemagne	578258
Italie	598157
Pays-Bas	1045600

Tableau 02: Echelle de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5 à 25°C (B
LE CLECHE, 2000)

CE (ds/m) à 25°C	Degré de salinité
CE < 0.6	Sol non salé
0.6 < CE < 02	Sol peu salé
02 < CE < 2.4	Sol salé
2.4 < CE < 06	Sol très salé
CE > 06	Sol extrêmement salé

Tableau 03: Classification de l'eau selon (Maillard, 2001)

Classe	EC en dS/m	Concentration en sels totale en mg/l	Type d'eau
Non saline	< 0.7	< 500	Eau potable et irrigable
Légèrement saline	0.7 – 2	500 – 1500	Eau d'irrigation
Modérément saline	2 – 10	1500 - 7000	Première eau de drainage et eau souterraine
Très saline	10 – 25	7000 – 15 000	Seconde eau de drainage et
Très fortement saline	25 – 45	15 000 – 35 000	eau souterraine
Saumure		>45 000	Eau de mer

Annexe II

1.-Surface foliaire :

VARIANCE TABLE

VS	DF	SS	MS	F
Factor1-F1	1	25792.89534	25792.89534	38.3787 **
Factor2-F2	5	43444.77615	8688.95523	12.9288 **
Int. F1xF2	5	3698.03868	739.60774	1.1005 ns
Treatments	11	72935.71016	6630.51911	9.8659 **
Error	24	16129.49087	672.06212	
Total	35	89065.20103		

** Significant at a level of 1% of probability ($p < .01$)

* Significant at a level of 5% of probability ($.01 \leq p < .05$)

ns Non-significative ($p \geq .05$)

DF	DFE	F-krit	F	p
1	24	7.8229	38.3787	<0.001
5	24	3.8951	12.9288	<0.001
5	24	2.6207	1.1005	0.386
11	24	3.0936	9.8659	<0.001

Factor 1 = salinite

Factor 2 = fumier

AVERAGES AND MEASURES

Averages Factor 1

1	162.03833	a
2	108.50444	b

Averages Factor 2

1	69.02500	c
2	127.79167	b
3	132.81167	b
4	137.51167	b
5	167.18333	ab
6	177.30500	a

INTERACTION AVERAGES

Factor 1 x Factor 2 (AxB)

A	B					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
A1	74.1933	163.5900	159.6567	169.7467	200.0800	204.9633
A2	63.8567	91.9933	105.9667	105.2767	134.2867	149.6467

The test of comparison of averages was not applied
because the F of interaction **was not significant**

VC% = 19.16

2.-Nombre de feuilles :

VARIANCE TABLE

VS	DF	SS	MS	F	
Factor1-F1	1	5562.67361	5562.67361	267.2310	**
Factor2-F2	5	6679.89583	1335.97917	64.1805	**
Int. F1xF2	5	1115.97222	223.19444	10.7223	**
Treatments	11	13358.54167	1214.41288	58.3404	**
Error	24	499.58333	20.81597		
Total	35	13858.12500			

** Significant at a level of 1% of probability (p < .01)

* Significant at a level of 5% of probability (.01 =< p < .05)

ns Non-significative (p >= .05)

DF	DFE	F-krit	F	p
1	24	7.8229	267.231	<0.001
5	24	3.8951	64.1805	<0.001
5	24	3.8951	10.7223	<0.001
11	24	3.0936	58.3404	<0.001

Factor 1 = salinite

Factor 2 = fumier

AVERAGES AND MEASURES

Averages Factor 1

1	56.76389	a
2	31.90278	b

Averages Factor 2

1	27.37500	d
2	37.62500	c
3	38.54167	c
4	45.37500	b
5	45.45833	b
6	71.62500	a

INTERACTION AVERAGES

Factor 1 x Factor 2 (AxB)

A	B					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
A1	37.0833 aC	47.4167aB	48.5833 aB	55.5833 aB	55.4167 aB	96.5000 aA
A2	17.6667 bC	27.8333bB	28.5000 bB	35.1667 bB	35.5000 bB	46.7500 bA

VC% = 10.29

3.- Nombre de tiges:

VARIANCE TABLE

VS	DF	SS	MS	F
Factor1-F1	1	7.56250	7.56250	20.3551 **
Factor2-F2	5	14.03472	2.80694	7.5551 **
Int. FlxF2	5	2.00000	0.40000	1.0766 ns
Treatments	11	23.59722	2.14520	5.7740 **
Error	24	8.91667	0.37153	
Total	35	32.51389		

** Significant at a level of 1% of probability (p < .01)

* Significant at a level of 5% of probability (.01 =< p < .05)

ns Non-significative (p >= .05)

DF	DFE	F-krit	F	p
1	24	7.8229	20.3551	<0.001
5	24	3.8951	7.5551	<0.001
5	24	2.6207	1.0766	0.3981
11	24	3.0936	5.774	<0.001

Factor 1 = salinite

Factor 2 = fumier

AVERAGES AND MEASURES

Averages Factor 1

1	4.76389	a
2	3.84722	b

Averages Factor 2

1	3.20833	c
2	4.12500	b
3	4.04167	b
4	4.70833	ab
5	4.54167	ab
6	5.20833	a

INTERACTION AVERAGES

Factor 1 x Factor 2 (AxB)

A	B					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
A1	3.3333	4.5000	4.5833	5.2500	4.8333	6.0833
A2	3.0833	3.7500	3.5000	4.1667	4.2500	4.3333

The test of comparison of averages was not applied
because the F of **interaction was not significant**
VC% = 14.16

4.-Hauteur de tige :

VARIANCE TABLE

VS	DF	SS	MS	F	
Factor1-F1	1	4138.77778	4138.77778	237.8703	**
Factor2-F2	5	4439.76389	887.95278	51.0338	**
Int. FlxF2	5	690.80556	138.16111	7.9406	**
Treatments	11	9269.34722	842.66793	48.4311	**
Error	24	417.58333	17.39931		
Total	35	9686.93056			

** Significant at a level of 1% of probability (p < .01)

* Significant at a level of 5% of probability (.01 =< p < .05)

ns Non-significative (p >= .05)

DF	DFE	F-krit	F	p
1	24	7.8229	237.8703	<0.001
5	24	3.8951	51.0338	<0.001
5	24	3.8951	7.9406	<0.001
11	24	3.0936	48.4311	<0.001

Factor 1 = salinite

Factor 2 = fumier

AVERAGES AND MEASURES

Averages Factor 1

1	41.36111	a
2	19.91667	b

Averages Factor 2

1	10.87500	d
2	27.83333	c
3	27.20833	c
4	33.04167	bc
5	37.66667	b
6	47.20833	a

INTERACTION AVERAGES

Factor 1 x Factor 2 (AxB)						
A	B					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
A1	13.5000 aD	41.7500 aBC	36.5000aC	46.3333 aB	46.8333 aB	63.2500 aA
A2	8.2500 aC	13.9167 bBC	17.9167bB	19.7500 bB	28.5000 ba	31.1667 ba

VC% = 13.61

5.-Nombre de tubercules :

VARIANCE TABLE

VS	DF	SS	MS	F
Factor1-F1	1	107.35267	107.35267	36.6418 **
Factor2-F2	5	137.44834	27.48967	9.3828 **
Int. F1xF2	5	41.74461	8.34892	2.8497 *
Treatments	11	286.54562	26.04960	8.8913 **
Error	24	70.31484	2.92978	
Total	35	356.86046		

** Significant at a level of 1% of probability ($p < .01$)

* Significant at a level of 5% of probability ($.01 \leq p < .05$)

ns Non-significative ($p \geq .05$)

DF	DFE	F-krit	F	p
1	24	7.8229	36.6418	<0.001
5	24	3.8951	9.3828	<0.001
5	24	2.6207	2.8497	0.037
11	24	3.0936	8.8913	<0.001

Factor 1 = Salinite

Factor 2 = fumier

AVERAGES AND MEASURES

Averages Factor 1

1	8.22222	a
2	4.76852	b

Averages Factor 2

1	2.44444	b
2	7.38889	a
3	6.00000	a
4	7.94445	a
5	6.91667	a
6	8.27778	a

INTERACTION AVERAGES

Factor 1 x Factor 2 (AxB)						
A	B					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
A1	2.5556 aB	10.6667aA	7.0000 aA	10.7778 aA	8.2222 aA	10.1111 aA
A2	2.3333 aA	4.1111 bA	5.0000 aA	5.1111 bA	5.6111 aA	6.4444 bA

VC% = 26.35

6.-Longueur de tubercules :

VARIANCE TABLE

VS	DF	SS	MS	F
Factor1-F1	1	4.50618	4.50618	5.6957 *
Factor2-F2	5	19.48017	3.89603	4.9245 **
Int. FlxF2	5	0.90242	0.18048	0.2281 ns
Treatments	11	24.88877	2.26262	2.8599 *
Error	24	18.98766	0.79115	
Total	35	43.87643		

** Significant at a level of 1% of probability (p < .01)

* Significant at a level of 5% of probability (.01 =< p < .05)

ns Non-significative (p >= .05)

DF	DFE	F-krit	F	p
1	24	4.2597	5.6957	0.0252
5	24	3.8951	4.9245	0.003
5	24	0.159	0.2281	>0.050
11	24	2.2158	2.8599	0.0151

Factor 1 = salinite

Factor 2 = fumier

AVERAGES AND MEASURES

Averages Factor 1

1	9.27130	a
2	8.56370	b

Averages Factor 2

1	7.57333	b
2	9.60056	a
3	8.80444	ab
4	8.68111	a
5	8.97889	ab
6	9.86667	a

INTERACTION AVERAGES

Factor 1 x Factor 2 (AxB)

A	B					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
A1	7.8267	9.9533	9.1700	8.8411	9.6511	10.1856
A2	7.3200	9.2478	8.4389	8.5211	8.3067	9.5478

The test of comparison of averages was not applied because the F of **interaction was not significant**
VC% = 9.97

7.-Diamètre de tubercule :

VARIANCE TABLE

VS	DF	SS	MS	F
Factor1-F1	1	1.92901	1.92901	7.6293 *
Factor2-F2	5	5.48634	1.09727	4.3397 **
Int. F1xF2	5	0.64132	0.12826	0.5073 ns
Treatments	11	8.05667	0.73242	2.8967 *
Error	24	6.06826	0.25284	
Total	35	14.12493		

**Significative at a level of 1% of probability (p < .01)

* Significant at a level of 5% of probability (.01 =< p < .05)

ns Non-significative (p >= .05)

DF	DFE	F-krit	F	p
1	24	4.2597	7.6293	0.0108
5	24	3.8951	4.3397	0.0059
5	24	0.159	0.5073	>0.050
11	24	2.2158	2.8967	0.0142

Factor 1 = salinite

Factor 2 = fumier

AVERAGES AND MEASURES

Averages Factor 1

1	5.63111	a
2	5.16815	b

Averages Factor 2

1	4.59278	b
2	5.71556	a
3	5.58444	a
4	5.24889	a
5	5.59389	a
6	5.66222	a

INTERACTION AVERAGES

Factor 1 x Factor 2 (AxB)

A	B					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
A1	4.8667	6.1589	5.8800	5.2578	5.8089	5.8144
A2	4.3189	5.2722	5.2889	5.2400	5.3789	5.5100

The test of comparison of averages was not applied because the F of **interaction was not significant**
VC% = 9.31

8.- Rendement par plant :

VARIANCE TABLE

VS	DF	SS	MS	F
Factor1-F1	1	0.73531	0.73531	33.2884 **
Factor2-F2	5	1.40528	0.28106	12.7238 **
Int. F1xF2	5	0.15283	0.03057	1.3837 ns
Treatments	11	2.29341	0.20849	9.4387 **
Error	24	0.53014	0.02209	
Total	35	2.82355		

** Significant at a level of 1% of probability (p < .01)

* Significant at a level of 5% of probability (.01 =< p < .05)

ns Non-significative (p >= .05)

DF	DFE	F-krit	F	p
1	24	7.8229	33.2884	<0.001
5	24	3.8951	12.7238	<0.001
5	24	2.6207	1.3837	0.2655
11	24	3.0936	9.4387	<0.001

Factor 1 = salinite

Factor 2 = fumier

AVERAGES AND MEASURES

Averages Factor 1

1	0.71241	a
2	0.42657	b

Averages Factor 2

1	0.15722	b
2	0.56222	a
3	0.61167	a
4	0.63250	a
5	0.65944	a
6	0.79389	a

INTERACTION AVERAGES

Factor 1 x Factor 2 (AxB)

A	B					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
A1	0.1767	0.7833	0.7889	0.7700	0.8478	0.9078
A2	0.1378	0.3411	0.4344	0.4950	0.4711	0.6800

The test of comparison of averages was not applied because the F of **interaction was not significant**
VC% = 26.10

9.-Rendement par hectare :

VARIANCE TABLE

VS	DF	SS	MS	F
Factor1-F1	1	117649.00000	117649.00000	33.2884 **
Factor2-F2	5	224844.79028	44968.95806	12.7238 **
Int. F1xF2	5	24452.40517	4890.48103	1.3837 ns
Treatments	11	366946.19545	33358.74504	9.4387 **
Error	24	84821.64733	3534.23531	
Total	35	451767.84278		

** Significant at a level of 1% of probability (p < .01)

* Significant at a level of 5% of probability (.01 =< p < .05)

ns Non-significative (p >= .05)

DF	DFE	F-krit	F	p
1	24	7.8229	33.2884	<0.001
5	24	3.8951	12.7238	<0.001
5	24	2.6207	1.3837	0.2655
11	24	3.0936	9.4387	<0.001

Factor 1 = salinite

Factor 2 = fumier

AVERAGES AND MEASURES

Averages Factor 1

1	284.96296	a
2	170.62963	b

Averages Factor 2

1	62.88889	b
2	224.88888	a
3	244.66667	a
4	253.00000	a
5	263.77778	a
6	317.55555	a

INTERACTION AVERAGES

Factor 1 x Factor 2 (AxB)

A	B					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
A1	70.6667	313.3333	315.5556	308.0000	339.1111	363.1111
A2	55.1111	136.4444	173.7778	198.0000	188.4445	272.0000

The test of comparison of averages was not applied because the F of **interaction was not significant**

VC% = 26.10

10.-Chlorophylle: VARIANCE TABLE

VS	DF	SS	MS	F
Factor1-F1	1	36.56218	36.56218	7.5984 *
Factor2-F2	5	1324.80742	264.96148	55.0645 **
Int. FlxF2	5	46.28549	9.25710	1.9238 ns
Treatments	11	1407.65509	127.96864	26.5946 **
Error	24	115.48407	4.81184	
Total	35	1523.13916		

** Significant at a level of 1% of probability (p < .01)

* Significant at a level of 5% of probability (.01 =< p < .05)

ns Non-significative (p >= .05)

DF	DFE	F-krit	F	p
1	24	4.2597	7.5984	0.011
5	24	3.8951	55.0645	<0.001
5	24	2.6207	1.9238	0.1276
11	24	3.0936	26.5946	<0.001

Factor 1 = salinité

Factor 2 = fumier

AVERAGES AND MEASURES

Averages Factor 1

1	16.06333	b
2	18.07889	a

Averages Factor 2

1	6.39500	d
2	12.71833	c
3	17.35500	b
4	22.98833	a
5	24.11333	a
6	18.85667	b

INTERACTION AVERAGES

Factor 1 x Factor 2 (AxB)

A	B					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
A1	7.4600	12.1267	14.9000	22.0033	23.1133	16.7767
A2	5.3300	13.3100	19.8100	23.9733	25.1133	20.9367

The test of comparison of averages was not applied
because the F of interaction was not significant

VC% = 12.85

11.-Proline:

VARIANCE TABLE

VS	DF	SS	MS	F	
Factor1-F1	1	0.00004	0.00004	143.8102	**
Factor2-F2	5	0.00003	0.00001	19.9376	**
Int. FlxF2	5	0.00000	0.00000	0.2872	ns
Treatments	11	0.00007	0.00001	22.2668	**
Error	24	0.00001	0.00000		
Total	35	0.00008			

** Significant at a level of 1% of probability (p < .01)

* Significant at a level of 5% of probability (.01 =< p < .05)

DF	DFE	F-krit	F	p
1	24	7.8229	143.8102	<0.001
5	24	3.8951	19.9376	<0.001
5	24	0.159	0.2872	>0.050
11	24	3.0936	22.2668	<0.001

Factor 1 = salinité

Factor 2 = fumier

AVERAGES AND MEASURES

Averages Factor 1

1	0.09411	a
2	0.09199	b

smd = 0.00036

Averages Factor 2

1	0.09177	c
2	0.09205	c
3	0.09305	b
4	0.09348	ab
5	0.09377	ab
6	0.09419	a

INTERACTION AVERAGES

Factor 1 x Factor 2 (AxB)

A	B				
	B1	B2	B3	B4	B5
A1	0.0927	0.0930	0.0942	0.0947	0.0949
A2	0.0909	0.0911	0.0919	0.0923	0.0926

Continuation
Factor 1 x Factor 2 (AxB)

A	B
	B6
A1	0.0952
A2	0.0932

VC% = 0.57

12.-Sucre solubles :

VARIANCE TABLE

VS	DF	SS	MS	F	
Factor1-F1	1	0.00026	0.00026	310.5981	**
Factor2-F2	5	0.00025	0.00005	61.3385	**
Int. F1xF2	5	0.00001	0.00000	2.1920	ns
Treatments	11	0.00052	0.00005	57.1137	**
Error	24	0.00002	0.00000		
Total	35	0.00054			

****** Significant at a level of 1% of probability (p < .01)

ns Non-significative (p >= .05)

DF	DFE	F-krit	F	p
1	24	7.8229	310.5981	<0.001
5	24	3.8951	61.3385	<0.001
5	24	2.6207	2.192	0.0887
11	24	3.0936	57.1137	<0.001

Factor 1 = salinité

Factor 2 = fumier

AVERAGES AND MEASURES

Averages Factor 1

1	0.03488	a
2	0.02956	b

smd = 0.00062

Averages Factor 2

1	0.02777	d
2	0.03017	c
3	0.03192	b
4	0.03323	b
5	0.03490	a
6	0.03533	a

smd = 0.00162

INTERACTION AVERAGES

Factor 1 x Factor 2 (AxB)

A	B					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
A1	0.0301	0.0323	0.0341	0.0358	0.0381	0.0388
A2	0.0254	0.0280	0.0297	0.0306	0.0317	0.0319

The test of comparison of averages was not applied because the F of interaction was not significant

VC% = 2.81

13.-Protéines :

VARIANCE TABLE

VS	DF	SS	MS	F
Factor1-F1	1	0.00006	0.00006	72.7625 **
Factor2-F2	5	0.00009	0.00002	20.2658 **
Int. F1xF2	5	0.00001	0.00000	3.2204 *
Treatments	11	0.00016	0.00001	17.2903 **
Error	24	0.00002	0.00000	
Total	35	0.00018		

** Significant at a level of 1% of probability (p < .01)

* Significant at a level of 5% of probability (.01 =< p < .05)

DF	DFE	F-krit	F	p
1	24	7.8229	72.7625	<0.001
5	24	3.8951	20.2658	<0.001
5	24	2.6207	3.2204	0.023
11	24	3.0936	17.2903	<0.001

Factor 1 = salinité

Factor 2 = fumier

AVERAGES AND MEASURES

Averages Factor 1

1	0.01539	a
2	0.01278	b

smd = 0.00063

Averages Factor 2

1	0.01100	c
2	0.01350	b
3	0.01422	ab
4	0.01533	a
5	0.01547	a
6	0.01500	ab

INTERACTION AVERAGES

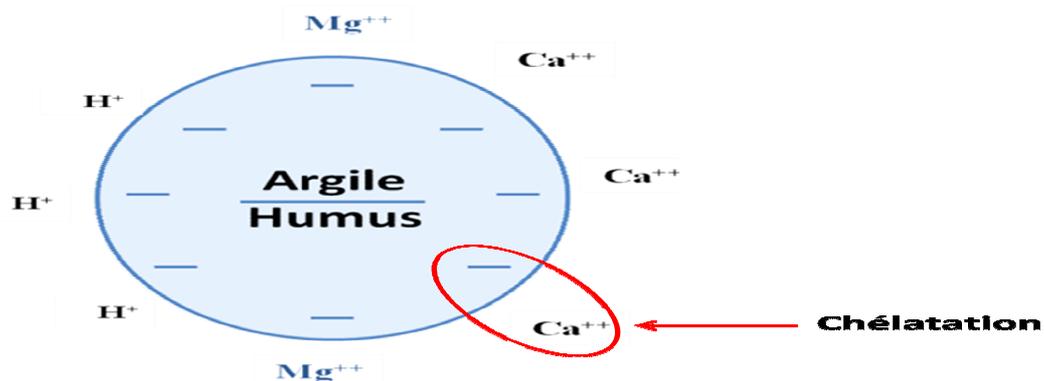
Factor 1 x Factor 2 (AxB)

		B				
A	B1	B2	B3	B4	B5	
A1	0.0130 aB	0.0157 aA	0.0157 aA	0.0160 aA	0.0163 aA	
A2	0.0090 bC	0.0113 bB	0.0128 bAB	0.0147 aA	0.0146 bA	

Continuation
Factor 1 x Factor 2 (AxB)

		B
A	B6	
A1	0.0157 aA	
A2	0.0143 aA	

VC% = 6.51



Wiam B, 2012

Figure 1: Chélatation

Annexe III

Tableau 1 : Principaux caractères de chlorophylle a et b (Réf. Elec 09)

	<u>Chlorophylle a</u>	<u>Chlorophylle b</u>
<u>Formule brute</u>	$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$	$C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$
Groupe en C2	<u>$-CH_3$</u>	<u>$-CH_3$</u>
Groupe en C3	<u>$-CH=CH_2$</u>	<u>$-CH=CH_2$</u>
Groupe en C7	<u>$-CH_3$</u>	<u>$-CHO$</u>
Groupe en C8	<u>$-CH_2CH_3$</u>	<u>$-CH_2CH_3$</u>
<u>Pics d'absorption</u> en solution dans l' <u>acétone-eau</u> à 90 %	430 nm à 664 nm	460 nm à 647 nm
Occurrence	Universelle	Principalement - <u>plantes vertes</u> - <u>algues vertes</u>

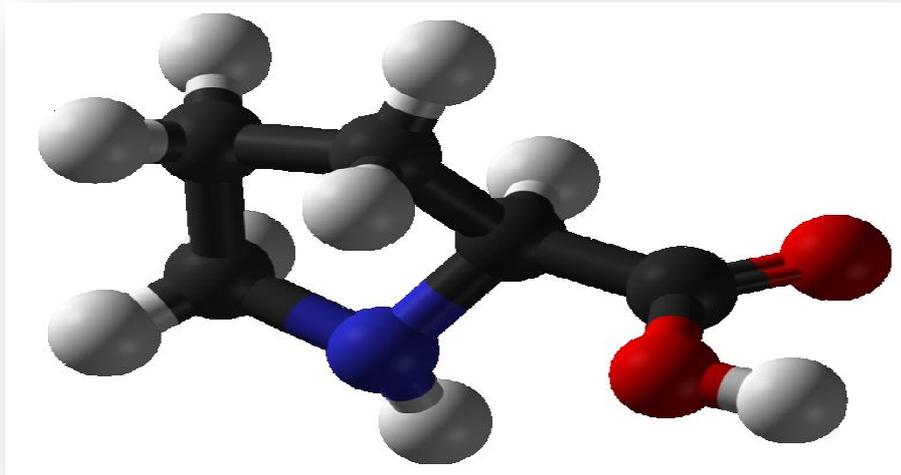
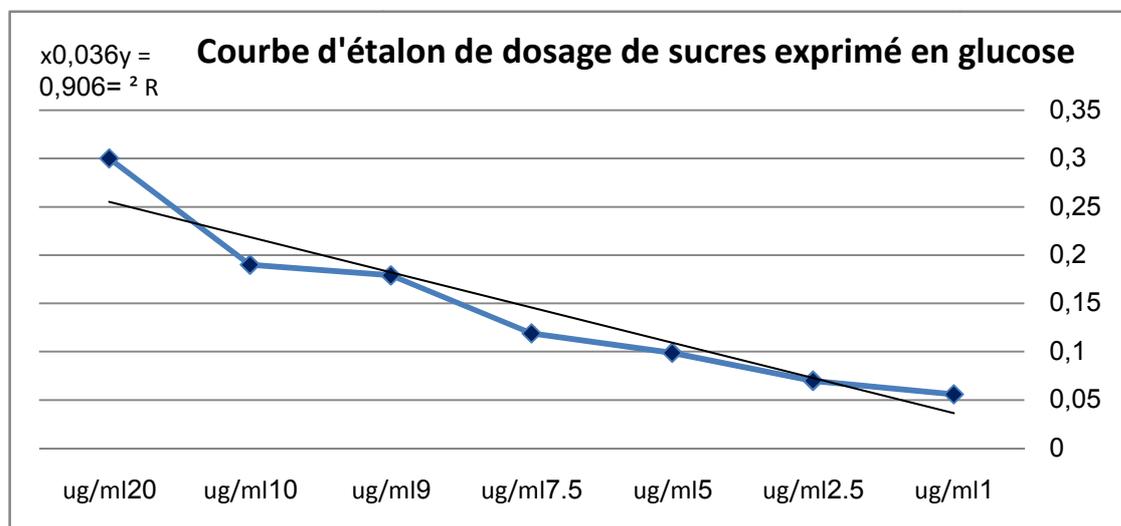
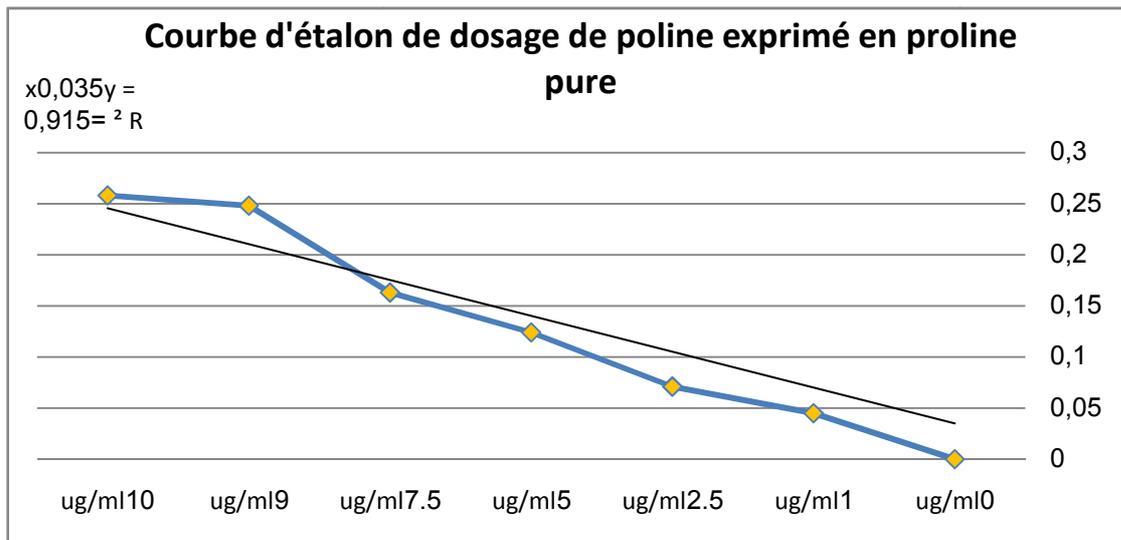


Figure 2 : la structure de proline en 3 dimensions (Réf. Elec 10)

Annexe IV



$y = 0.004x + 0.008$
 $R^2 = 0.9612$

Courbe d'étalon du dosage des protéines exprimée en BSA

