

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université KASDI MERBAH Ouargla



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
ET DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS



DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'État en Sciences Agronomiques

Spécialité : Agronomie Saharienne

Option : Mise en valeur des sols sahariens

THÈME

Essai de l'optimisation de la fertilisation organique de la culture de pomme de terre dans les conditions salines des régions sahariennes (Cas de Ouargla)

Présenté par :

M. MENACER Abdsamed

Composition du jury :

Président	: Mr. CHELLOUFI .H.	Maître de conférences	U. K.M. Ouargla
Promoteur	: M^{elle}. OUSTANI .M.	Maître Assistant. A	U. K.M. Ouargla
Examineurs	: Mr. HALILAT M.T.	Professeur	C.U. Ghardaïa
	Mr. IDDER M.A.	Maître Assistant .A	U. K.M. Ouargla
	M^{me}. BOUKHALFA N.	Maître assistant .A	U. K.M. Ouargla

Année Universitaire 2008/2009

Remerciements

Avant tout nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens afin de pouvoir accomplir ce modeste travail.

Au terme de ce travail nous tenant à remercier tout d'abord notre promoteur M^{elle} OUSTANI Mabrouka maître assistante à l'Université KASDI MERBAH de Ouargla, pour son encadrement, sa précieuse aide, son appui et ses conseils.

Comme nous remercions également :

Mr. CHELLOUFI .H. Maître de conférences à l'Université KASDI MERBAH de Ouargla d'avoir accepté de présider le jury.

M. HALILAT M.T. Professeur et Directeur du Centre Universitaire de Ghardaïa et M. IDDER M.A. Maître assistant .B à l'Université KASDI MERBAH Ouargla, d'avoir accepter d'examiner ce travail.

Nous tenant également a exprimer nos remerciements :

A tous le corps enseignants de l'Université Kasdi Merbah, particulièrement aux enseignants de l'institut d'Agronomie Saharienne.

En fin, nous remercions les amis et en particulier ceux de la 20^{eme} promotion, ainsi à tous ce qui ont contribué de prés ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail, particulièrement à zaki, 2 Adel et Fouad.

SAMADI

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
1	Composition comparée de plusieurs types de fumiers	15
2	Superficie de la production Algérienne de la pomme de terre	22
3	Les principaux ennemis de la pomme de terre	33
4	Les données climatiques de la région de Ouargla (1999-2008)	42
5	Résultats d'analyse (physico-chimique) des échantillons de sol des trois sites étudiés	46
6	Résultats de l'analyse de l'eau d'irrigation dans les trois sites (Caractérisation physico-chimique)	47
7	Résultats de la caractérisation physico-chimique et biochimique de fumier de volailles	48
8	Calendrier des périodes d'application des engrais minéraux et de fumier de volailles au niveau des différents traitements.	54
9	Effet du fumier volaille sur le nombre de tiges par plant en fonction de degré de la salure dans les trois sites expérimentaux	63
10	Effet du fumier volaille sur la longueur des tiges (cm) en fonction de degré de la salure dans les trois sites expérimentaux	65
11	Effet du fumier volaille sur le nombre des feuilles par plant en fonction de degré de la salure dans les trois sites expérimentaux	66
12	Résultats synthétiques de la signification statistique des paramètres de croissance végétative	69
13	Effet du fumier de volaille sur la longueur des tubercules (cm) en fonction de degré de la salure dans les trois sites expérimentaux	70
14	Effet du fumier de volaille sur le diamètre des tubercules (cm) en fonction de degré de la salure dans les trois sites expérimentaux	72
15	Effet du fumier de volaille sur le nombre des tubercules par plant en fonction de degré de la salure dans les trois sites expérimentaux	73
16	Effet du fumier de volaille sur rendement par plant (kg/plant) en	75

	fonction de degré de la salure dans les trois sites expérimentaux et la	
17	Effet du fumier de volaille sur le rendement total (qx/ha) en fonction de degré de la salure dans les trois sites expérimentaux.	78
18	Résultats synthétiques de la signification statistique des paramètres de rendement	81
19	Effet du fumier de volaille sur l'évolution de la teneur en Azote, dans les feuilles de pomme de terre (% MS) dans les trois sites expérimentaux (Stade début tubérisation)	83
20	Effet du fumier de volaille sur l'évolution de la teneur en Azote, dans les feuilles de pomme de terre (% MS) dans les trois sites expérimentaux (Stade maturation)	85
21	Effet du fumier de volaille sur l'évolution de la teneur en potassium dans les feuilles de pomme de terre (% MS) dans les trois sites expérimentaux (Stade début tubérisation)	87
22	Effet du fumier de volaille sur l'évolution de la teneur en potassium dans les feuilles de pomme de terre (% MS) dans les trois sites expérimentaux (Stade de maturation)	89
23	Effet du fumier de volaille sur l'évolution de la teneur en Sodium dans les feuilles de pomme de terre (% MS) dans les trois sites expérimentaux (Stade début tubérisation)	91
24	Effet du fumier de volaille sur l'évolution de la teneur en sodium dans les feuilles de pomme de terre (% MS) dans les trois sites expérimentaux (Stade de maturation)	93
25	Moyennes générales de la teneur des feuilles en éléments (azote, potassium et sodium) durant deux stades végétatifs de cycle de pomme de terre (en % de MS)	95
26	Résultats synthétiques de la signification statistique des teneurs des feuilles (en Azote, Potassium et Sodium)	97
27	Effet du fumier de volaille sur l'évolution de la teneur du sol en Azote,	100

	dans le sol (en ppm) dans les trois sites expérimentaux (stade début tubérisation)	
28	Effet du fumier de volaille sur l'évolution de la teneur du sol en Azote, (en ppm) dans les trois sites expérimentaux (Stade maturation)	102
29	Effet du fumier de volaille sur l'évolution de la teneur du sol en potassium (en ppm) dans les trois sites expérimentaux (Stade début tubérisation)	103
30	Effet du fumier de volaille sur l'évolution de la teneur du sol en potassium (en ppm) dans les trois sites expérimentaux (Stade maturation)	105
31	Effet du fumier de volaille sur l'évolution de la teneur du sol en Sodium (en ppm) dans les trois sites expérimentaux (Stade début tubérisation)	107
32	Effet du fumier de volaille sur l'évolution de la teneur en sodium dans le sol (ppm) dans les trois sites expérimentaux (Stade de maturation)	109
33	Moyennes générales de la teneur du sol en éléments (Azote, Potassium et Sodium) durant les deux stades du cycle végétatif de la pomme de terre (en ppm)	111
34	Résultats synthétiques de la signification statistique des teneurs des du sol (en Azote, Potassium et Sodium	113

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Evolution de la matière organique dans le sol	13
2	Valeur nutritionnelle (pour 100 g de pommes de terre) (FAO, 2008)	21
3	Description morphologique de la plante de pomme de terre	24
4	Cycle de développement de la pomme de terre	26
5	Situation géographique de la région de Ouargla	38
6	Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la région de Ouargla (1999-2008)	42
7	Tubercule de la variété "Spunta"	49
8	Schéma du dispositif expérimental	51
9	Effet du fumier volaille sur le nombre de tiges par plant en fonction de degré de la salure	64
10	Effet du fumier volaille sur la longueur des tiges (cm) en fonction de degré de la salure	66
11	Effet du fumier volaille sur le nombre des feuilles par plant en fonction de degré de la salure	68
12	Effet du fumier de volaille sur la longueur des tubercules (cm) en fonction de degré de la salure	71
13	Effet du fumier de volaille sur le diamètre des tubercules (cm) en fonction de degré de la salure	73
14	Effet du fumier de volaille sur le nombre des tubercules par plant en fonction de degré de la salure	75
15	Effet du fumier de volaille sur rendement par plant (kg/plant) en fonction de degré de la salure	77
16	Effet du fumier de volaille sur le rendement total (qx/ha) en fonction de degré de la salure	79

17	Teneur en azote des feuilles (stade début tubérisation) en % MS	85
18	Teneur en azote des feuilles (stade maturation en % MS)	87
19	Teneur en potassium des feuilles (stade début tubérisation) en % MS	89
20	Teneur en potassium des feuilles (stade de maturation) en % MS	91
21	Teneur en sodium des feuilles (stade début tubérisation) en % MS	93
22	Teneur en sodium des feuilles (stade de maturation) en % MS	95
23	Evolution des éléments (azote, potassium et sodium) des feuilles durant le cycle végétatif de la pomme de terre	97
24	Teneur en azote dans sol (stade de début tubérisation) en ppm	101
25	Teneur en azote dans sol (stade de maturation) en ppm	103
26	Teneur en potassium des sols (stade de tubérisation) en (ppm)	105
27	Teneur en potassium des sols (stade de maturation) en ppm	107
28	Teneur en sodium des sols (stade début tubérisation) en ppm	109
29	Teneur en sodium des sols (stade de maturation) en (ppm)	111
30	Evolution des éléments (azote, potassium et sodium) dans le sol durant le cycle végétatif de la pomme de terre	112

Liste des photos

Photo	Titre	Page
1	Préparation du sol et traçage des billons	52
2	Deuxième épandage de fumier de volailles	54
3	Traitements phytosanitaires	55
4	Rendement de l'essai dans la ferme de BABZIZ	55
5	Rendement des plantes du traitement T3 (40t/ha) (ferme de BABZIZ)	76
6	Rendement des plantes du traitement T0 (0t/ha) (ferme BABZIZ)	76

Liste des cartes

Cartes	Titre	Page
A	Carte politique de l'Algérie (Encarta, 2004)	38
B	Division administrative de la wilaya de Ouargla (D.P.A.T.2001)	38

Liste des abréviations

A.N.R.H.: Agence Nationale des Ressource Hydriques, Direction Regionale Sud-Ouargla.

AFNOR : Association française de Normalisation

C/N. : Carbone /Azote

CE: Conductivité électrique

CV% = Coefficient de variation

D.P.A.T: Direction de planification et d'aménagement de Territoire de Ouargla.

FAO: Food and Agriculture Organization

FV: Fumier de Volailles

H S: Hautement significatif

T.H S: Très Hautement Significatif

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique.

ITDAS : Institut Technique de Développement d'Agronomie Sahariennes

MS: Matière seche

N S : Non Significatif

O.N.M.: Office nationale de météorologie de Ouargla

S : Significatif

Introduction et problématique

Dans les zones arides et semi-arides, la salinité des sols et celle des eaux d'irrigation est l'un des principaux facteurs qui limite la productivité végétale et le rendement agricole (Zid grignon 1991; Zhu, 2001; Baatour et al, 2004), ce qui constitue une menace sérieuse pour la sécurité et l'équilibre alimentaire (kinet et al, 1998; Balkhodja et Bidai, 2004).

Les conditions climatiques de ces régions sont caractérisées par une faiblesse et une forte irrégularité des précipitations (Rezgui et al, 2004) associés à une importante évaporation favorisant, l'accumulation des sels dans le sol (Abdelly, 2004).

Néanmoins, la salinisation dans les zones arides est due non seulement aux conditions climatiques, mais également à l'utilisation irrationnelle des engrais chimiques (Messedi et Abdelly, 2004).

Dans le cas de stress salin, une double problématique se pose à l'organisme végétal : d'un côté, en abaissant le potentiel hydrique du sol, menace l'approvisionnement en eau des plantes. De l'autre côté, les effets nutritionnels de la salinité qui incluent à leur tour deux actions primaires du sel sur les plantes : la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions.

Ainsi, des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale des plantes (Levigneron et al, 1995).

En fait, l'accumulation des ions Na^+ et Cl^- dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que K^+ et Ca^{++} et NO_3^- . Des expériences ont démontré que c'est principalement les déficits ces ions qui semblent le plus préjudiciable aux retards de croissance constatés

A l'instar des plantes sensibles à la salinité, la pomme de terre présente un niveau de tolérance qui varie de 1,5 à 2 g/l de NaCl (Maas, 1986). À la concentration de 3 g/l, ce sel diminue de 50 % la croissance de la plante (Bouaziz, 1980). Ainsi, la salinité peut être l'un des facteurs majeurs déterminant le rendement de la pomme de terre dans les zones arides.

Or cette plante stratégique, constituée 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 dans le monde. Cette position prédominante tient aux qualités extraordinaires de ce légume. Dans sa présentation la plus simple, la pomme de terre apporte

des principes nutritifs qui en font un produit indispensable à notre alimentation et la base du régime alimentaire des populations dans les pays en voie de développement.

Un défi principal que doit relever les agriculteurs dans les régions arides consiste à trouver des solutions pour combattre les effets néfastes de la salinité des sols et des eaux sur la pomme de terre.

Dans ce contexte, la fertilisation organique semble être une des solutions les plus aptes à résoudre le problème de la salinité.

En fait, l'amélioration génétique par sélection classique de croisements en vue d'obtenir des génotypes tolérants à la salinité s'avère une approche relativement difficile à appliquer en raison du temps qu'elle requiert (Bajaj, 1987).

Par contre, l'utilisation de la fertilisation organique peut être une voie prometteuse pour améliorer la tolérance de cette espèce au stress salin.

Par ailleurs, dans le complexe sol – sels – matière organique, Guenzi (in Dommergues et Manganot, 1970) ; (Mallouhi, 1982) soulignent que l'effet de la salinité sur les végétaux peut être atténué en présence de la matière organique qui peut masquer l'action défavorable des sels.

D'après Mallouhi (1982), l'apport de la matière organique dans les sols salés fait diminuer les principaux paramètres de la salinité à savoir : le pH, le SAR et l'ESP.

Cependant, le maintien d'un taux optimum de matière organique impose des restitutions organiques régulières afin de conserver la fertilité du sol sur le triple plan biologique, physique et chimique.

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

Les systèmes de production durable, dont nous avons besoin pour l'avenir de l'agriculture dans le milieu saharien, doivent avoir un triple objectif : fournir des produits de qualité, minimiser les impacts sur l'environnement, conserver le patrimoine sol dans toutes ses potentialités.

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

L'objectif du présent travail dans son premier volet est d'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 de croissance et ceux de rendement, en comparaison avec l'engrais minéral. Toute en déterminant la dose optimale de l'apport organique à apporter permettant une meilleure production de cette plante et ce ci en fonction de l'importance de degré de la salure dans trois sites expérimentaux.

Par ailleurs, les études aux mécanismes impliqués dans la tolérance à la salinité ont montré que le maintien de la sélectivité entre le sodium et le potassium est parmi les conditions nécessaires à l'amélioration de la production végétale au milieu salin. C'est à ce niveau d'appréhension des mécanismes adaptatifs exprimés par les plantes pour résister à la salinité en présence des fertilisants organiques que se situe le deuxième volet de notre travail.

Résumé : Essai de l'optimisation de la fertilisation organique de la culture de pomme de terre dans les conditions salines des régions sahariennes (Cas de Ouargla)

Dans les zones arides, la salinité des sols et l'irrigation avec des eaux saumâtres ainsi l'apport massif d'engrais chimiques constituent des contraintes majeures 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 et l'augmentation de niveau de tolérance de cette plante à la contrainte saline, trois doses croissantes (20, 40, 60 t/ha) de fumier de volailles ont été testées et comparées à un traitement engrais minéral et un témoin sans aucun apport dans trois sites expérimentaux à des niveaux de salinité croissant.

Les résultats obtenus ont montré une augmentation significative des paramètres de croissance végétative et ceux de rendement en présence des doses croissantes fumier par rapport au engrais minéral et au témoin sans apport, et ce ci quelque soit le niveau de la salinité dans les trois sites expérimentaux. Toutefois, l'effet de l'interaction (Salinité x Fumier) a montré que le meilleur rendement a été enregistré par le traitement D4 (60 t/ha FV) x site 3 (sol très salé), avec un rendement maximal de 528 qx/ha.

Par ailleurs, l'analyse de la variance relative à l'évolution de l'état nutritionnel de la plante (au cours de deux stades majeurs de cycle de développement de la pomme de terre) a montré d'une part, que les traitements aux fumier de volailles ont augmenté les concentrations et les contenus foliaires en azote et en potassium et d'autre part une baisse des concentrations et contenus foliaires en sodium avec une augmentation de ce dernier au niveau du sol, ce qui témoigne et confirme l'amélioration de niveau de tolérance de la pomme de terre à la salinité suite à l'apport de fumier de volailles.

Étant donné les coûts associés à l'achat des engrais et à leur effet sur l'environnement, et selon les résultats obtenus, nous recommandons aux producteurs de pomme de terre dans les zones arides d'appliquer le fumier de volailles comme fertilisant organique en conditions salines à raison de 60 t/ha qui peut être considérée comme une dose optimale et formule exclusive de fertilisation (c.as sans engrais minéral) dans ces conditions.

Mots clés : Salinité, Fertilisation Organique, Fumier de Volailles, Pomme de Terre, Engrais minéral, Rendement, Nutrition.

Summary: optimization of organic fertilization of potatoes culture in thin salty condition Sharers regions (case station of Ouargla)

In arid areas, soil salinity and irrigation with brackish waters and the massive influx of chemical fertilizers are major constraints for development of the potato crop strategic for our country.

To highlight the effect of organic fertilization on improving production and increasing level of tolerance of this plant to saline stress, three increasing doses (20, 40, 60 t / ha) of poultry manure have tested and compared to mineral fertilizer treatment and a control without any input in three experimental sites in increasing levels of salinity.

The results showed a significant increase in vegetative growth parameters and those of performance in the presence of increasing doses manure compared to mineral fertilizers and without any witness, and this latter whatever the level of salinity in the three experimental sites. However, the effect of the interaction (Manure x Salinity) showed the best performance was recorded by the D4 treatment (60 t / ha FV) x location 3 (very salty soil), with a maximum yield of 528 quintals / ha.

Furthermore, analysis of variance on the evolution of the nutritional status of the plant (during two major stages of development cycle of the potato) showed a hand that treatments poultry manure increased concentrations and leaf nitrogen content and potassium and other lower concentrations and leaf sodium content with an increase of that at ground level, which confirms témoignage and improving level of tolerance of potatoes to salinity following the intake of poultry manure.

Given the costs associated with the purchase of fertilizers and their effect on the environment, and according to the results, we recommend that producers of potatoes in arid applying poultry manure as fertilizer in organic conditions saline at 60 t/ha can be considered an optimal dose in these conditions with the absence of fertilizers

. Keywords: salinity, fertilization, organic manure from poultry, potatoes, Performance, Nutrition, mineral fertilizer.

المخلص : دراسة تجريبية لتحسين مستوى التسميد العضوي لنبات البطاطا في ظروف الملوحة بالمناطق الجافة (نموذج عن ورقة)

في المناطق الجافة، تعد ملوحة التربة والري بالمياه المالحة إلى جانب الاستعمال اللامحدود والمبالغ فيه للأسمدة الكيماوية من المعوقات الرئيسية لزراعة البطاطا هذه الزراعة الإستراتيجية لبلادنا. بهدف تسليط الضوء على تأثير التسميد العضوي في تحسين الإنتاج وزيادة مستوى تحمل هذا النبات للملوحة، ثلاثة مقادير متزايدة (20، 40، 60 طن / هكتار) من السماد العضوي على هيئة سماد دواجن استعملت وقرنت بالسماد المعدني و شاهد دون أي تسميد و ذلك في ثلاث محطات تجريبية ذات ملوحة متزايدة.

النتائج المتحصل عليها بينت تزايد معنوي في عاملي النمو الخضري و في دلالات المحصول في ظروف وجود التسميد العضوي بالمقارنة بالسماد المعدني و الشاهد و ذلك بغض النظر على مستوى الملوحة في المحطات التجريبية الثلاث و سجل أعلى معدل لتحسين هذه العوامل في

تأثير التفاعل (السماد × الملوحة) في المعاملة المتمثلة بالتسميد بأعلى جرعة من سماد الدواجن (60 طن/هكتار) في المحطة التجريبية الثالثة (تربة مالحة جدا) على جميع المعاملات بتسجيل 528 قنطار/هكتار.

من جهة أخرى، التحليل الإحصائي المتعلق بتتبع اثر تطور العناصر الغذائية في المحتوى للبطاطا وفي التربة بين تأثير معنوي و ايجابي لسماد الدواجن في رفع مستويات المحتوى الورقي و التربة من عنصري البوتاسيوم و الأزوت مع تناقص في عنصر الصوديوم في النبات و تزايدة في التربة مما يؤكد فاعلية هذا السماد في تحسين مستوى تحمل البطاطا للملوحة.

بالنظر إلى التكاليف الباهظة المرتبطة بشراء الأسمدة المعدنية وتأثيرها على البيئة، وبالنظر للنتائج المتحصل عليها، نوصي منتجي البطاطا في المناطق الجافة باقتناء الجرعة (60 طن/هكتار) من سماد دواجن كجرعة مثلى في ظروف الملوحة مع الاستغناء الكلي على استعمال السماد المعدني.

الكلمات الرئيسية : ملوحة، سماد عضوي، سماد دواجن، سماد معدني، بطاطا، محصول، تغذية.

Conclusion

Afin d'améliorer la production des plantes en conditions de salinité et de sécheresse, les contraintes du milieu peuvent être en grande partie levées sinon au moins allégées par différentes techniques.

Dans ce contexte, la fertilisation organique est considérée parmi les meilleures solutions préconisées pour l'amélioration des rendements de la culture de pomme de terre, culture stratégique mais très consommatrice en éléments fertilisants.

Ainsi, au terme de notre étude nous jugeons utile de rappeler l'objectif scientifique essentiel de ce travail qui consiste à apporter une contribution à l'optimisation de fertilisation organique de la culture de pomme de terre en conditions salines des régions sahariennes, et ceci dans le but d'améliorer la production et d'augmenter la tolérance de la plante à la contrainte saline par des apports organiques sous forme de fumier de volailles.

Par ce travail, on a essayé de tester la réponse de la pomme de terre (variété Spunta) à la fertilisation organique en fonction de l'importance de degré de la salinité dans trois sites expérimentaux à des niveaux de salinité différents.

Notre étude a été axée dans un premier temps sur l'influence des différentes doses du fumier de volailles sur les paramètres de croissance végétative et ceux des paramètres de rendement, et dans un second temps, la réalisation d'un suivi d'évolution des teneurs de la plante et du sol en N, K et en Na, durant deux stades majeurs de cycle végétatif de la pomme de terre (début tubérisation et maturation)

Les résultats obtenus ont montré une augmentation significative des paramètres de croissance végétative et ceux de rendement en présence des doses croissantes de fumier de volailles par rapport au engrais minéral et au témoin sans apport., et ce ci quelque soit le niveau de la salinité dans les trois sites expérimentaux.

Toutefois, cette augmentation a été plus marquée dans le cas de site 3 correspondant au fort niveau de salinité (sol très salé).

L'effet de l'interaction (Salinité x Fumier) a montré que le meilleur rendement a été enregistré par le traitement D4 (60 t/ha FV) x site 3 (sol très salé), avec un rendement maximal de 528 qx/ha.

Par ailleurs, l'analyse de la variance relative à l'évolution de l'état nutritionnel de la plante (au cours de deux stades majeurs de cycle de développement de la pomme de terre) a montré d'une part, que les traitements aux fumier de volailles ont augmenté les concentrations et les contenus foliaires en azote et en potassium et d'autre part une baisse des concentrations et contenus foliaires en sodium avec une augmentation de ce dernier au niveau du sol, ce qui témoigne et confirme l'amélioration de niveau de tolérance de la pomme de terre à la salinité suite à l'apport de fumier de volailles.

Sur le plan agronomique, les résultats obtenus nous permettent de recommander la dose de 60t/ha de fumier de volailles, comme une dose optimale sous les conditions salines des régions sahriennes. Néanmoins, pour bien exploiter ces résultats et maximiser la rentabilité du fumier de volailles, une étude économique est donc indispensable.

En fin, il ressort d'après cette étude que la production et la qualité de la pomme de terre dans les sols salés des régions sahariennes peuvent être améliorées par une fertilisation organique raisonnée et bien conduite. Néanmoins, Il est recommandé de porter les autres facteurs de production à leur optimum, en particulier le travail de sol qui doit être profond, le choix de la variété qui doit être adaptée à la salinité, la semence qui doit être saine et certifiée ainsi que l'entretien de la culture qui doit être intensif et efficace. Une fois ces facteurs sont optimisés, le rôle de la fertilisation organique devient de plus en plus important et bénéfique.

Références bibliographiques

AMMAR A.F., 1989- Plant growth in desert soils irrigated with sea water. Thèse El Azhar Univ 253 p.

ASHRAF M., ALI Q., 2008-Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes the key determinants of salt tolerance in canola. Environmental and experimental Botany vol.63.266-273p.

AUBERT G., 1960- Les sols de la zone aride: étude de leur formation, de leur caractères, de leur utilisation et de leur conservation. Coll. Généralités sur les problèmes des zones arides. Unesco, Paris, 30 p.

AUBERT G., 1976- Les sols sodiques en Afrique du nord. Annal Inst. Nat. Agr, Vol.VI n° 1, Alger, pp 185-196.

AUBERT G., 1978- Méthodes d'analyse des sols .Edit: C.R.D.P., Marseille, 191 p.

BACYE B., MOREAU R., FELLER C., 1998 – Décomposition d'une poudrette de fumier incorporé dans un sol sableux de versant et un sol argileux de bas-fond en milieu Soudano – Sahélien , AFES –INRA Vol 5 N° pp 82-283.

BAISE D., 2000- Guide des analyses en pédologie. INRA, Edit: Paris, 257p.

BAJAJ YPS., 1987-Biotechnology and 21st century potato.In Bajaj YPS. (Ed). Biotechnology in agriculture and forestry. Vol 3. Potato. Berlin: Springer- Verlag Heidelberg, p. 3–22.

BALESDENT J., 1996- Un point d'évolution de la réserve organique des sols en France, INRA, unité de science de sol, N° spécial, Paris, 245-260p.

BAMOUE H., 1999-Technique de production De la culture de pomme de terre, bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTA,N°58,pp1-15

BELKHODJA M., BIDAI Y., 2004-Analyse de la proline pour l'étude de la résistance d'une halophyte *Atriplex halimus* L à la salinité.

BERNARDLE CLECH , 2000 docteur ès sciences, maître de conférences Ecole Nationale d'Ingénieurs des Travaux Agricoles de Bordeaux - agronomie des bases aux nouvelles orientations

BERTHOMIEU P., COPNEJERO G., NUBLAT A., BRACHENBURY W.J., LAMBERT C., WJ SAVIO C., Functional analysis of ATHKT1 in Arabidopsis shows that Na⁺ recirculation by the phloem is crucial for tolerance *Embo Journal* mVol.2004-20014.

BJJI M.M., KINET J.M., LUTTS S. 1998- Salts stress effects on roots and leaves of *Atriplex halimus* L. and their corresponding callus cultures. *Plant Science* Vol.137: 131-142

BONNEAU M., SOUCHIER B., 1979- Constituants et propriétés du sol. Edit, Masson et Cie, Paris, 459 p.

- BOUAZIZ E., 1980-** Tolérance à la salure de la pomme de terre. *Physiol. Vég.* 18, p.11–17.
- BOUAZIZ E., 1980-** Tolérance à la salure de la pomme de terre. *Physiol. Vég.* 18, p. 11–17.
- BOUKACHABIA E., 1993-**Contribution à l'étude de quelques mécanismes morphologiques et biochimiques de tolérance à la salinité chez cinq génotypes de blé dur .Thèse de magistère e production et physiol.108p.
- BOULAINE J., 1974-** Cours d'hydro pédologie, 122 p.
- CHAHHATA M A., 1993** – Les engrais organiques et les nouvelles terres 149p (en arabe)
- CHAMAYOU H., 1984-** Notion fondamentale de science du sol. ENSA, Montpellier, pp 68-95
- CHAREAU C., 1975-** Matière organique et propriétés biochimiques du sol dans la zone tropicale sèche d'Afrique occidentale, Bul, pédologique de la FAO, N^o 27, Rome, pp 305-323.
- CHAUSSOD R, GATROUX G, NICOLARDORDOT B., 1987-** Appréciation de la fourniture d'azote par le sol. *C.R., acad. Agric, Fr* 73, N^o 3, pp 213-226.
- CHAUSSOD R., 1996-** La qualité biologique du sol: évaluation et implication. Étude et gestion du sol, N^o3, Vol 4, pp 264-275.
- DAOUD Y., 1983-** Contribution à l'étude dynamique de l'eau et de sol dans un sol irrigué du haut Chélif. Thèse Doct, Univ. Rennes, 163 p.
- DELAS J, JUST C. , GOULAS J.P., 1973-** Matière organique et fertilité des sols, contribution à l'étude des effets de la matière organique sur les rendements et la qualité des récoltes ainsi que l'évolution du milieu. *B.T.I N^o 285*, pp 842-855.
- DELLAL A., 1994** -Réactivité physicochimique, fonctionnement physiologique et microbiologique en conditions salines .Thèse Doct. ENASA de Rennes, 219p.
- DEMOLON A., 1968-** Principe d'agronomie, croissances des végétaux cultivés. Edit: Dunod, Paris, 576 p
- DOGGAR A .M, 1980-** Méthodes d'analyses des sols salés alcalins, polycopie, I.N.A. Alger, 35p.
- DOMMERCUES Y et MANGENOT F., 1970** - Ecologie microbienne du sol .Masson et Cie Editeurs, Paris, 796 p.
- DOMMERCUES Y., 1962-**. Contribution à l'étude de la dynamique microbienne des sols semi aride tropicale sèche. Thèse Doct., Paris.
- DOMMERCUES Y., 1999-** Principes d'écologie microbienne du sol. INA, Paris, 178 p.
- DUCHAUFOR PH., 1966-** Nouvelle recherche sue l'extraction et le fractionnement des composés humides. *Bultin, E.N.S.A.M*, pp 3-44.
- DUCHAUFOR PH., 1976-** Pédologie, Tome I pédogenèse et classification, Edit: Masson

et Cie, 477 p.

DUCHAUFOR PH., 1977- Pédologie, Tome I pédogenèse et classification, Edit: Masson et Cie, 28-67 p.

DUCHAUFOR PH., 1979- Constituants et propriétés du sol .Edit . Masson et Cie Paris, 520 p.

DUCHAUFOR PH., 1980-Ecologie de l'humification et pédogenèse des sols forestiers in person (P), Edit, Gautiers, Villars, pp 177-200.

DUCHAUFOR PH., 1997- Abrégé de pédologie. Sol, végétation, environnement .5^{ème} Edit. Coll. Enseignement des sciences de la Terre .Masson, Paris .291p.

DURAND J.H., 1983- Les sols irrigables, étude pédologique. Edit. Imprimerie, Paris 339 p.

DURAND J.H., Utilisation des eaux salines pour l'irrigation .Bull.Tech.1.Agro.27(6): 39-58.

DURANTJ.H.,1983-Les sols irrigables .Etude p2dologiaue,Edimpremerie Boudin, Parie,339p.

DUTHIL. J., 1975- Elément d'écologie et d'agronomie, Tome III, Edit: J.B. Baillère, Paris, 636 p.

DUTHL R., 1975- Agriculture générale 2^{ème} Edit: Doin, Paris, 396 p.

F.A.O, 2005: Annuaire statistique de la FAO

F.A.O, 2006: Annuaire statistique de la FAO

F.A.O, 2007: Annuaire statistique de la FAO

F.A.O, 2008 : Annuaire statistique de la FAO

GOBAT.J, ARAGNO M., MATTHEY W., 1998- Le sol vivant, base de pédologie, biologie des sols, 572p.

GREGORY B., 2005-Ecophysiologie de semis de coniferes ectomycorhizes en milieu salin et sodique. Thèse de doctorat en science forestières 190p.

GRISSA H, BEN KHEDIR M., 2000- Principes de base de l'agriculture biologique centre technique de l'agriculture biologique. 33p.

GROS.A., 1979: Engrais : guide pratique de fertilisation, la maison rustique, 75006, Paris, 382 p.

HAJJI M., 1986- Interaction des transports d'eau et d'ions chez laurier-rose en milieu salé .Coloque sur les végétaux en milieu aride .FST/CCT.Tunisie (Jerba) :391-400.

HALILAT MT., 1993- Etude de la fertilisation azotée et potassique sur le blé dur (variété aldura) en zone sahariennes. (Région de Ouargla). Thèse Magist. Univ, Batna, 130 p.

HALITIM A., 1988- Sols des régions arides. Edit. OPU, 1988.

HALITIM A, DELLAL A., 1992- Activités microbiologique en conditions salines: cas de quelques sols salés de la région de Rélizan (Algérie), Cahiers agricultures 1, 335p.

HALITIM A., 1973- Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise

HAMDY A., 1999- Saline irrigation and management for sustainable use .In: Advanced Short Course on saline irrigation Proceeding, Agadir.152-227.

HANNACHI C., Debergh P. , Zid E. , Messaï A., Mehouchi T., 2004- Tubérisation sous stress salin de vitroplants de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2004 **8** (1), 9–13

HAOUALLA F., FERDJANI H., BEN ELHADJI S., 2007 – effets de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺, et Ca⁺⁺) et du chlore (Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray gras anglais et du chiendent. Biotechnology, Agronomie, Société et Environnement, vol .11, N° 3:235-244.

HARRIS PM., 1982- The potato crop. The scientific basis for improvement. London: Chapman & Hall, ISBN 0-41212830-6, 730 p.

HAYEKT ABDELLY C., 2004 – effets de la sqliinite sur Letat hydriacue foliaire, la conductance stomatique, la transpiration et le rendement en grains chez 3 populations de mil. Revue des régions arides m tome 1, N° spécial.273-284

HELLER R., ESNAULT R., LANCE C., 1998- Physiologie végétale Tome1. Nutrition. 6^{eme} édition , Dunod, Paris:134-135.

HELLER R., 1998- Physiologie végétale. 1-nutrition 4^{eme} 2^{éds}-Masson et Cie Paris., 266p.

HENIN S., GRAS R., MONNIER G., 1969- Le profil cultural. État physique du sol et ses conséquences agronomique. Edit. Masson, Paris, 321p.

JACQUIN F, HAIDOUTI C, MULLER J.C., 1980- Dynamique de la matière organique en sol carbonatés cultivés, Sci, sol, bul. AFES N° 1, pp 27-36.

KINET M ., BENREBIHA S., BOUZID S., 1998- Reseeu Atriplex .Atelier biotechnologies et écologie pour la sécurité alimentaire en régions arides et semi arides. Cahiers Agriculture, Vol.7N°6 pp 505-509

LAKHDARI F. 1986- Influence de la salinité sur la croissance et la nutrition minérale chez une sollanacée (la tomate) thèse de Doctorat , USTL Acad Montpellier 182,p

MAAS EV., 1986- Salt tolerance of plants. Appl. Agric. Res.1, p. 12–26.

MADEC P., 1966– Croissance et tubérisation de la pomme de terre. Ed Bull soc .Fr. 246p.

MALLOUHI N, JACQUIN F., 1988- Influence des ions sodium sue les mécanismes de humification. Bul, sol, vol 26 N⁰ 4, pp 215-222.

MALLOUHI N., 1978- Contribution à l'étude d'évolution du compost urbain dans les sols carbonatés. Thèse Doct. Ing, INPL, Nancy, 104p.

MALLOUHI N., 1982- Contribution à l'étude de l'influence de la salinité sur l'évolution de la matière organique. Thèse Doct. INPL, Nancy 127 p.

MESSAIDI D., ABDELLY C., 2004 –Physiologie de la tolérance au sel d'une halophyte de recouvrement .Revue des régions arides, tome 1,N° spécial :192-199-

MONNIER G., 1981- Action de la matière organique sur la stabilité structurale des sols. Ann, Agr, 16,4-5, pp 393-420.

MOULLE C., 1972: Les plantes sarclées et déverses-B.Ballière et fils, éditeur , Paris .246p.

MUSTIN M., 1987- Le compost : gestion de la matière organique. Edit: François Dubusc, Paris, pp 1-954.

NIU X., BRESSAM RA., HASEGAWA PM., 1995-Ion homoeostasis in NaCL stress environment .Plant Physio.109:735-742.

OUSTANI M.1994- Contribution à l'étude de l'influence de certains amendements organiques sur les propriétés biologiques et chimiques d'un sol salé de la région de Ouargla .Thèse d' Ing..INFSAS .Ouargla. 128p

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. 187p

RECOUS S., 1987- Les mécanismes de transformations de l'azote dans le sol: Perspective agricole (2), N° 115, ITCF, Paris, pp 100-105.

ROSE F, GUISE A., 1986- Effets comparés de différentes litières sur la minéralisation et la nitrification nettes dans un sol de lande haute, coll., forêt sol et syst, interactifs, rainpont, pp 1-41.

ROUVILLOUIS –BRIGOL M., 1975- Le pays de Ouargla. Ed. département de g , Paris, 389p.

SAHNOUNE M., 1986- Contribution à l'étude des litières de volailles comme amendement organique en cultures maraîchères, sous trois étages bioclimatiques (Sub –humide, semi aride, et saharien) en Algérie. Thèse Magist, INA Alger 66p

SASSON A., 1967- Recherches écophysiologicals de la microflore bactérienne de sols des régions arides du Maroc. Thèse Ing, Rabat, 224 p.

SERVANT J., 1970- Etude expérimentale des conditions salines sur la perméabilité des sols, conséquences pédologiques, science du sol, pp 85 - 105.

SKIREDJ A., 2007 : Département d'Horticulture/IAV HassanII/ Rabat/ Maroc
Raisonnement du plan de fumures de la pomme de terre

SOLTNER D., 2003- Les bases de la production végétale, Tome I, le sol et son amélioration. Edit collection science technique agricole. 472p.

SOLTNER D., 1979-Les grandes productions végétales phytotechnies spéciale.10eme

.Edition .427p.

SOLTNER D., 1983- La biologie de la pomme de terre et la sélection des plants. I n Soltnerr D. Les grandes

SOLTNER D., 1983-. La biologie de la pomme de terre et la sélection des plants.

TAMMA AK.,2009-Effet de différents types d'engrais potassiques sur la production et la qualité technologique de la pomme de terre de Oued Souf .Thèse Ing .Université de Ouargla .85p

TOUTAIN F., 1981- Humus forestiers, structures et modes de fonctionnement, rev, forest, Franç (6), pp 449-464.

ZHU J.K., 2001 –Plant Salt tolerance. Trends in plant science , vol.6,N°.2:66-71.

ZID E., GRIGNON C., 1991-Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress .Cas des stress sqlin et hydrique .l'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. jon Libbey Eurotext

Paris: 91-108.

AMBERG A., 1987, - Utilisation of organic wastes and its environmental implication. In: Agricultural waste management and environmental protection. Proc. 4 th Int. Symp. CIEC, Braunschweig, pp 37-54.

BARANNIKOVA, Z.D and MELNIKOVA, I.E., 1987-The effect of different level of nitrogen fertilization in the yielding and quality of potato, pp 46 - 52.(in Russian).

ABDEL MOUNAIME H., إنتاج البطاطا. الدار العربية للنشر و التوزيع.446ص.

KUTAIBA M.H., 1990: علاقة التربة بالماء و النبات ديوان المطبوعات الجامعية

www. La_culture_de_la_pomme_de_terre_avec_ICS_Variétés.htm

ANNEXE .I.

Echelle d'interprétation de quelques analyses physiques et chimiques du sol

Tableau 1: Granulométrie

Terre fine					
Taille	<2 µm	2 à 20 µm	20 à 50 µm	50 à 200 µm	0.2 à 2 mm
classes	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier
Élément grossiers					
Taille	2 à 20 mm	2 à 5 cm	5 à 20 cm	>20 cm	
classes	Gravier	caillou	pierre	bloc	

Tableau 2: Calcaire

Quand les sols sont calcaires, la texture peut être qualifiée en conséquence :

Taux de calcaire en % de masse	<5	5à20	20à50	>50
Dénomination	Normal	Suffixe « calcaire »	Préfixe « calcaro »	calcaire
Exemples	Sablo argileux	Argilo calcaire	Calcaro argileux	Calcaire argilo-limoneux

(Bernard LE CLECH, 2000)

Tableau 3 : pH

Le pH, potentiel hydrogène, représente l'acidité du sol. Il est mesuré dans un rapport sol/solution de 2.5.

PH	<3.5	3.5 – 4.2	4.2 – 5	5 – 6.5	6.5 – 7.5	7.5 – 8.7	>8.7
Classes	Hyper acide	Très acide	Acide	Faiblement acide	neutre	basique	Très basique

(Bernard LE CLECH, 2000)

Tableau 4 : Echelle de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5

Condivite électrique (ds/m à 25°c)	Degrés de la salinité
<0.6	Sol non salé
0.6 < CE <2	Sol peu salé
2 <CE <2.4	Sol salé
2.4 <CE <6	Sol très salé
>6	Sol extrêmement salé

(Bernard LE CLECH, 2000)

Tableau 5 : Classification des sols salés

	Sols salins (Solontchaks)	Sols salés à alcalis (Solontchaks Solonetz)	Sols alcalins (Solonetz)
CE ds/m (à 25C°)	> 4ds/m	> 4ds/m	< 4ds/m
pH	<8.5	<8.5	>8.5
ESP (%CEC)	<15 %	> 15 %	> 15 %

Tableau 6 : Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation en Algérie

Conductivité electrique	Concentration (g/l)	Evaluation Americaine	Evaluation Russe	Evaluation de Durand pour l'Algérie
CE < 0.25	< 0.2	Faiblement salée	Bonne qualité	Non saline
0.25 < CE < 0.75	0.2-0.5	Moyennement salée	-	Salinité moyenne
0.75 < CE < 2.25	0.5-1.5	Fortement salée	Risque de salinisation	Forte salinité
2.25 < CE < 5	1.5-3	Très fortement salée	-	Très forte salinité
5 < CE < 20	3-7	Salinité excessive	Ne peut être utilisée sans lessivage	Salinité excessive

(Douad et Halitim, 1998)

Tableau 7 : Matière organique, humus et biomasse : la fraction organique

Taux de MO en %	<4	4 à 10	10 à 20	>20
Dénomination	Normal	Suffixe « humifère »	Préfixe « humo »	Humus
Exemples	Sablo argileux	Sablo humifère	Humo argileux	Humus sableux

(Bernard LE CLECH, 2000)

Tableau 8 : Rapport C/N

C/N	Minéralisation de la MO
<8	Minéralisation trop rapide, perte d'éléments fertilisants.
Voisin de 10	Bonne minéralisation
>15	Minéralisation lente, accumulation de Matière Organique

(Bernard LE CLECH, 2000)

Tableau 9 : Capacité d'échange cationique (CEC): Classes d'appréciation des sols d'après la quantité de bases échangeables en meq pour 1000 g de sol

Appréciation de la CEC	Valeur de CEC (en meq/Kg)
Très faible	<60
Faible	60 - 120
moyenne	120 – 200
Elevée	200 – 300
Très élevée	>300

(Bernard LE CLECH, 2000)

Niveau de saturation	S/T en %
Saturé	>95
Sub-saturé	80 – 95
Méso-saturé	50 – 80
Oligo-saturé	20 – 50
Désaturé	<20
Insaturé	<80

(Bernard LE CLECH, 2000)

Bases échangeables	Très faible	Faible	Moyenne	Satisfaisant ou Elevé*	Très élevé
100 Ca/CEC	<40	41 à 60	61 à 80	81 à 100	-
100 Mg/CEC	<5	5.1 à 7	7.1 à 9	9.1 à 12	>12
100 K /CEC	<1	2 à 3	3.1 à 4	4.1 à 5	>5

* : satisfaisant pour le Ca, élevé pour le Mg et K.

ANNEXE.II.

Quelles photos de la conduite de la culture de pomme de terre dans les 3 sites expérimentaux



Photos01: Mise en place des billons (Site ITDAS 2)



Photos02 : début de croissance végétative (site1 ITDAS)



Photos03 : des quatre blocs dans ferme BABZIZ



Photos 04: Stade floraison(site ITDAS)



Photos 05 : Stade floraison (site BAAZIZ)



Photos 05 : Stade croissance végétative (ITDAS 2)

Photos des quelles que symptômes des maladies rencontrées sur les feuilles lors de l'essai



Photos 06: Symptômes des attaques fongiques des feuilles de pomme de terre par le mildiou



Photos 07: Symptômes de flétrissement des feuilles de pomme de terre

Photos de quelles que symptômes des maladies et des anomalies physiologiques rencontrées sur tubercules de pomme de terre lors de l'essai



Galles verruqueuse



La fissuration des tubercules (trouble physiologique)



Photos : Symptomes des attaques fongiques des tubercules de pomme de terre par le mildiou

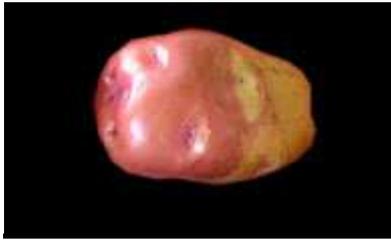


Dégât de vert de terre sur le tubercule



Déformation du tubercule (trouble physiologique)

Photos des variétés de pomme de terre



1. Atahualpa

Cultivée au Pérou, rendement élevé, convient cuite au four ou frite



2. Nicola

Variété hollandaise courante, savoureuse bouillie ou en salade



3. Russet Burbank

Un classique américain, excellente cuite au four et pour les frites



4. Lapin puikula

Cultivée en Finlande, dans des champs baignés par le soleil de minuit



5. Yukon Gold

Variété canadienne, chair jaune et crémeuse, convient frite, bouillie ou en purée



6. Tubira

Cultivée en Afrique de l'Ouest. Chair blanche, peau rose, bon rendement



7. Vitelotte

Variété française, prisée des gourmets, peau bleu foncé et chair violette



8. Royal Jersey

De Jersey, c'est le seul légume anglais doté d'une appellation d'origine de l'UE



9. Kipler

Originaire d'Allemagne, forme allongée, chair crème, bonne en salade



10. Papa colorada

Introduite aux îles Canaries en 1567 par des bateaux espagnols de passage



11. Maris Bard

Cultivée au R.-U., chair blanche, texture douce et ferme, convient pour bouillir



12. Désirée

Peau rouge, chair jaune, saveur caractéristique



13. Spunta

Variété commerciale, convient pour bouillir et rôtir

14. Mondial

Variété hollandaise à la peau lisse. A consommer bouillie ou en purée

15. Inconnu

Une des 5 000 variétés encore cultivées dans les Andes

(FAO, 2008)

ANNEXE .III.

Nombre de tige par plant

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	21.76	59		0.37				
VAR.FACTEUR 1	7.05	4		1.76	7.73	0.0001		
VAR.FACTEUR 2	1.17	2		0.58	2.56	0.0873		
VAR.INTER F1*2	2.73	8		0.34	1.50	0.1868		
VAR.BLOCS	1.25	3		0.42	1.83	0.1546		
VAR.RESIDUELLE1	9.57	42		0.23			0.48	13.2%

Longueur de tige

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	3110.01	59		52.71				
VAR.FACTEUR 1	2657.42	4		664.36	95.88	0.0000		
VAR.FACTEUR 2	86.40	2		43.20	6.23	0.0044		
VAR.INTER F1*2	52.46	8		6.56	0.95	0.4903		
VAR.BLOCS	22.70	3		7.57	1.09	0.3636		
VAR.RESIDUELLE1	291.02	42		6.93			2.63	10.7%

Nombre des feuilles par plant

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2836.54	59		48.08				
VAR.FACTEUR 1	1894.67	4		473.67	40.41	0.0000		
VAR.FACTEUR 2	86.96	2		43.48	3.71	0.0322		
VAR.INTER F1*2	291.03	8		36.38	3.10	0.0077		
VAR.BLOCS	71.60	3		23.87	2.04	0.1219		
VAR.RESIDUELLE	492.28	42		11.72			3.42	11.2%

La longueur des tubercules

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	80.92	59		1.37				
VAR.FACTEUR 1	16.18	2		8.09	12.14	0.0001		
VAR.FACTEUR 2	28.01	4		7.00	10.51	0.0000		
VAR.INTER F1*2	5.60	8		0.70	1.05	0.4156		
VAR.BLOCS	3.14	3		1.05	1.57	0.2101		
VAR.RESIDUELLE	1 27.99	42		0.67			0.82	7.9%

Le diamètre des tubercules

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	32.28	59	0.55					
VAR.FACTEUR 1	8.99	2	4.49		30.35	0.0000		
VAR.FACTEUR 2	15.42	4	3.85		26.03	0.0000		
VAR.INTER F1*2	0.94	8	0.12		0.80	0.6110		
VAR.BLOCS	0.71	3	0.24		1.59	0.2052		
VAR.RESIDUELLE 1	6.22	42	0.15				0.38	6.7%

Le nombre des tubercules

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	377.72	59	6.40					
VAR.FACTEUR 1	95.69	2	47.84		18.50	0.0000		
VAR.FACTEUR 2	153.59	4	38.40		14.84	0.0000		
VAR.INTER F1*2	18.21	8	2.28		0.88	0.5421		
VAR.BLOCS	1.59	3	0.53		0.20	0.8928		
VAR.RESIDUELLE 1	108.65	42	2.59				1.61	18.8%

Le rendement par plant

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	6.88	59	0.12					
VAR.FACTEUR 1	1.02	2	0.51		8.01	0.0012		
VAR.FACTEUR 2	2.47	4	0.62		9.70	0.0000		
VAR.INTER F1*2	0.54	8	0.07		1.06	0.4070		
VAR.BLOCS	0.17	3	0.06		0.88	0.4626		
VAR.RESIDUELLE 1	2.68	42	0.06				0.25	27.5%

Le rendement total

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	587767.63	59	9962.16					
VAR.FACTEUR 1	179589.31	4	44897.33		94.82	0.0000		
VAR.FACTEUR 2	306784.22	2	153392.11		323.96	0.0000		
VAR.INTER F1*2	75744.09	8	9468.01		20.00	0.0000		
VAR.BLOCS	5763.50	3	1921.17		4.06	0.0128		
VAR.RESIDUELLE 1	19886.50	42	473.49				21.76	27.5%

Teneur en azote des feuilles au stade début tubérisation

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	7.08	59	0.12					
VAR.FACTEUR 1	3.01	4	0.75		109.57	0.0000		
VAR.FACTEUR 2	1.56	2	0.78		113.64	0.0000		
VAR.INTER F1*2	2.21	8	0.28		40.36	0.0000		
VAR.BLOCS	0.01	3	0.00		0.58	0.6328		
VAR.RESIDUELLE 1	0.29	42	0.01				0.08	3.7%

Teneur en azote des feuilles au stade de maturation

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	5.79	59	0.10					
VAR.FACTEUR 1	1.79	4	0.45		64.83	0.0000		
VAR.FACTEUR 2	3.15	2	1.58		227.66	0.0000		
VAR.INTER F1*2	0.55	8	0.07		9.85	0.0000		
VAR.BLOCS	0.01	3	0.00		0.45	0.7224		
VAR.RESIDUELLE 1	0.29	42	0.01				0.08	3.8%

Teneur en azote dans le sol au stade début tubérisation

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	3203.66	59	54.30					
VAR.FACTEUR 1	1168.80	4	292.20		191.66	0.0000		
VAR.FACTEUR 2	1709.56	2	854.78		560.66	0.0000		
VAR.INTER F1*2	250.55	8	31.32		20.54	0.0000		
VAR.BLOCS	10.72	3	3.57		2.34	0.0856		
VAR.RESIDUELLE 1	64.03	42	1.52				1.23	4.6%

Teneur en azote dans le sol au Stade de maturation

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	874.15	59	14.82					
VAR.FACTEUR 1	185.84	4	46.46		17.92	0.0000		
VAR.FACTEUR 2	539.75	2	269.88		104.11	0.0000		
VAR.INTER F1*2	34.48	8	4.31		1.66	0.1359		
VAR.BLOCS	5.21	3	1.74		0.67	0.5791		
VAR.RESIDUELLE 1	108.87	42	2.59				1.61	7.2%

Teneur en potassium des feuilles au stade début tubérisation :

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	42.43	59	0.72					
VAR.FACTEUR 1	3.14	4	0.78		37.51	0.0000		
VAR.FACTEUR 2	36.14	2	18.07		864.79	0.0000		
VAR.INTER F1*2	2.16	8	0.27		12.92	0.0000		
VAR.BLOCS	0.11	3	0.04		1.75	0.1697		
VAR.RESIDUELLE 1	0.88	42	0.02				0.14	3.7%

Teneur en potassium des feuilles au stade de maturation

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	7.21	59	0.12					
VAR.FACTEUR 1	0.79	4	0.20		6.30	0.0005		
VAR.FACTEUR 2	3.11	2	1.56		49.58	0.0000		
VAR.INTER F1*2	1.65	8	0.21		6.57	0.0000		
VAR.BLOCS	0.33	3	0.11		3.52	0.0229		
VAR.RESIDUELLE 1	1.32	4	0.03				0.18	4.8%

Teneur en potassium de sol au stade début tubérisation

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	488.26	59	8.28					
VAR.FACTEUR 1	266.50	4	66.62		23.63	0.0000		
VAR.FACTEUR 2	56.06	2	28.03		9.94	0.0003		
VAR.INTER F1*2	45.70	8	5.71		2.03	0.0662		
VAR.BLOCS	1.60	3	0.53		0.19	0.9031		
VAR.RESIDUELLE 1	118.40	42	2.82				1.68	7.6%

Teneur en potassium de sol au stade maturation

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	649.34	59	11.01					
VAR.FACTEUR 1	468.86	4	117.22		57.33	0.0000		
VAR.FACTEUR 2	45.50	2	22.75		11.13	0.0002		
VAR.INTER F1*2	14.98	8	1.87		0.92	0.5139		
VAR.BLOCS	34.13	3	11.38		5.57	0.0027		
VAR.RESIDUELLE 1	85.87	42	2.04				1.43	6.6%

Teneur en sodium des feuilles au stade début tubérisation :

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	156.74	59		2.66				
VAR.FACTEUR 1	28.04	4		7.01	612.77	0.0000		
VAR.FACTEUR 2	107.51	2		53.75	4698.65	0.0000		
VAR.INTER F1*2	20.37	8		2.55	222.62	0.0000		
VAR.BLOCS	0.34	3		0.11	9.92	0.0001		
VAR.RESIDUELLE 1	0.48	42		0.01			0.11	3.9%

Teneur en sodium des feuilles au stade de maturation

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	66.88	59		1.13				
VAR.FACTEUR 1	14.57	4		3.64	306.69	0.0000		
VAR.FACTEUR 2	19.63	2		9.81	826.49	0.0000		
VAR.INTER F1*2	31.87	8		3.98	335.47	0.0000		
VAR.BLOCS	0.32	3		0.11	9.02	0.0001		
VAR.RESIDUELLE 1	0.50	42		0.01			0.11	4.3%

Teneur en sodium de sol au stade début tubérisation

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	32248.78	59		546.59				
VAR.FACTEUR 1	2366.08	4		591.52	233.54	0.0000		
VAR.FACTEUR 2	27057.26	2		13528.63	5341.31	0.0000		
VAR.INTER F1*2	2694.22	8		336.78	132.96	0.0000		
VAR.BLOCS	24.84	3		8.28	3.27	0.0301		
VAR.RESIDUELLE1	106.38	42		2.53			1.59	2.2%

Teneur en sodium de sol au stade maturation

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	110870.76	59		1879.17				
VAR.FACTEUR 1	12419.63	4		3104.91	335.16	0.0000		
VAR.FACTEUR 2	70632.41	2		35316.21	3812.22	0.0000		
VAR.INTER F1*2	27278.71	8		3409.84	368.08	0.0000		
VAR.BLOCS	150.91	3		50.30	5.43	0.0031		
VAR.RESIDUELLE 1	389.09	42		9.26			3.04	3.0%