

République Algérienne Démocratique et populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur

et de la Recherche Scientifique

Université ABBES LAGHROUR Khenchela

Faculté des sciences de la nature et de la vie



MEMOIRE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
EN BIOLOGIE

OPTION : BIOTECHNOLOGIE ET AMELIORATION DES PLANTES

Thème

*Contribution à l'étude de l'effet de deux fertilisants azotés
sur pomme de terre
(Solanum tuberosum L. variété Dounia)*

Réalisé par : Bahar A/Malek

Devant le jury composé de :

Présidente	Mm Kadi. k.	Maître de conférences	Université de Khenchela
Examinatrice	Mm Zitouni.w.	Maître assistante	Université de Khenchela
Promoteur	Mr. Lakhdar Mazouz.	Maitre assistant	Université de Khenchela

Année universitaire : 2016/2017

Introduction

En 2007, plus de 19 millions d'hectares de pommes de terre étaient cultivés dans le monde, aussi bien dans les zones tempérées que tropicales ou arides. La Chine est le premier producteur de pommes de terre devant l'Inde et la Russie. A eux trois, ces pays représentent 40 % du marché mondial. En 20 ans, la part des pays en développement dont figure l'Algérie est passée de 20 à 50 % pour représenter 52 % de la production mondiale en 2005 (F.A.O, 2008).

Depuis les années 1990, la production de pommes de terre dans les pays en développement a amorcé une nouvelle phase de croissance. Inférieure à 30 millions de tonnes au début des années 60, elle dépasse les 100 millions de tonnes au milieu de cette décennie.

En Algérie depuis son introduction au milieu du 19^{ème} siècle, la pomme de terre est devenue une des principales cultures destinée à l'alimentation humaine surtout après l'indépendance, ce qui explique sa pleine évolution, qui passe de 12 076 900 de tonnes en 2000 à 49 280 280 de tonnes en 2013 (MADRP, 2013). En analysant les données pour l'Algérie, en termes de surfaces cultivées, des productions et des rendements obtenus on se rend compte que la situation est encourageante.

Néanmoins, ces données nous amènent à conclure que la production locale arrive à couvrir et à satisfaire la demande du consommateur. En effet la production est instable d'une année à une autre et aussi même dans la saison, cette instabilité est causée parfois par les aléas climatiques et la non maîtrise de l'itinéraire technique en général, particulièrement le choix du potentiel génétique de la semence, travail du sol, la fertilisation et la protection phytosanitaire.

La maîtrise de la fertilisation est l'un des maillons les plus importants de l'itinéraire technique qui a son importance surtout lorsque l'on sait que les irrigations excessives sont non seulement un gaspillage de l'eau, mais aussi une perte d'engrais par lessivage causant dans la plupart des cas la pollution des ressources en eau souterraine, et par voie de conséquence la diminution de ces ressources en quantité et en qualité surtout que cette eau est déjà une denrée rare. La fertilisation azotée est l'un des aspects de la fertilisation les plus déterminants pour le devenir de la culture, en choisir les meilleurs types ainsi que les meilleures doses revient à assurer une bonne production sans toutefois porter atteinte à l'équilibre fragile de l'écosystème agricole.

L'effet de la fertilisation azotée sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) a été largement décrit en bibliographie. C'est dans cette optique que s'inscrit notre contribution qui s'est néanmoins limitée à mettre en évidence l'influence de la fertilisation azotée à base d'Urée 46% et le Sulfazote 26% sur la production et la qualité de la pomme de terre et leurs impacts tenant compte des conditions agro- pédoclimatiques de la région d'Oum El Bouaghi.

Notre document est structuré en trois grandes parties :

- *Première partie* : synthèse bibliographique où nous avons fait une mise au point sur les aspects les plus importants liés à notre travail (généralités sur la pomme de terre « *Solanum tuberosum* L. », économie de la pomme de terre et la fertilisation de la pomme de terre).
- *Deuxième partie* : étude expérimentale (conditions expérimentales, matériels et méthodes utilisées dans ce travail)
- *Troisième partie* : résultats et discussion où nous discuterons les résultats.

Nous terminons notre document par une conclusion générale dans laquelle nous nous focaliserons sur les résultats les plus importants et essayons de dégager des perspectives pour une continuité de ce travail.

Introduction

Première partie

Synthèse bibliographique

Chapitre 01

Généralités sur la pomme de terre
« *Solanum tuberosum* L. »

Chapitre 02

Economie de la pomme de terre

Chapitre 03

La fertilisation de la pomme de terre

Deuxième partie

Etude expérimentale

Chapitre 01

Conditions expérimentales

Chapitre 02

Matériels et méthodes

Troisième partie

Résultats et discussion

Chapitre 01

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

Liste des figures

Figures	Titre	Page
01	Description végétale et terminologie de la pomme de terre	10
02	Caractéristiques morphologiques et cycle végétatif de la pomme de terre	14
03	Stades de développement de la pomme de terre	15
04	Production mondiale de pomme de terre (1991-2007)	28
05	Production de pommes de terre par région (2007)	29
06	Consommation de pommes de terre par région (2005)	30
07	L'évolution de la superficie et la production en Algérie (2000/2013)	31
08	Evaluation des rendements en Algérie (2000/2013)	31
09	Répartition de la superficie et de la production par type de production (2011/2012)	32
10	La consommation de pomme de terre par habitant par année (1970/2005)	33
11	Principales wilayas productrices	34
12	Superficie et production dans la wilaya d'Oum El Bouaghi (2003/2013)	35
13	Valeur nutritive de pomme de terre (pour 100 g de matière fraîche)	37
14	Principaux minéraux du tubercule de la pomme de terre	38
15	La Charte de Mulder	55
16	Situation géographique de la station expérimentale (I.T.C.M.I)	60
17	Plan de la ferme expérimentale ITCMI – Oum El Bouaghi	61
18	Les températures mensuelles moyennes (2006/2016)	63
19	Précipitations moyennes mensuelle 2006/2016 (mm)	64
20	Précipitations moyennes saisonnières 2006/2016 (mm)	65
21	Précipitations moyennes annuelles 2006/2016 (mm)	66
22	L'humidité relative de l'air 2006/2016 (%)	67
23	Diagramme ombrothermique de GAUSSEN (1953)	70
24	Forme et couleur du tubercule et position superficielle des yeux	75
25	Schéma du dispositif expérimental	76
26	Taux de levée (%)	87
27	La hauteur (cm)	88
28	Taux du couvert végétal (%)	89
29	Quantité récolté (Kg) par parcelle élémentaire	91
30	Rendements en (qx / ha)	91
31	La récolte mécanique de la pomme de terre	92
32	Evolution au champ	92
33	La qualité des tubercules par traitement	92
34	Comparaison entre les traitements	94
35	Répartitions du calibre (%)	95
36	Tubercules commercialisables	95

Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
01	Les périodes de plantation de la pomme de terre en Algérie	18
02	Les principales maladies de la pomme de terre	24
03	Principaux minéraux du tubercule de la pomme de terre	38
04	Les exportations de pomme de terre en kg/tonnes	42
05	Les températures mensuelles moyennes (2006/2016)	62
06	Précipitations moyennes mensuelles (2006/2016)	64
07	Précipitations moyennes saisonnières et leur contribution à la pluie moyenne annuelle (2006-2016)	65
08	Précipitations moyennes annuelles 2006/2016	66
09	Humidité relative de l'air (%) 2006/2016	66
10	Vitesse du vent et évaporation 2006/2016	68
11	Nombre de jours de la neige, la grêle, les gelés et le sirocco	69
12	Précipitation moyennes mensuelle et température moyenne mensuel	69
13	Indice d'aridité mensuelle de DE MARTONNE	70
14	Résultats d'analyses de sol	71
15	Analyses chimiques d'eau d'irrigation	72
16	Les dimensions des parcelles expérimentales	77
17	Doses et période d'apport d'engrais	78
18	Domaines d'application d'urée 46 %	80
19	Les produits phytosanitaires utilisés sur la parcelle	82
20	Taux de levée (%)	86
21	La hauteur de la plante (cm)	88
22	Taux du couvert végétal (%)	89
23	Quantités récoltées par parcelle élémentaire et rendement par hectare	90
24	Comparaison entre les traitements	93
25	Répartitions du calibre (%)	94
26	Analyse de variance sur la hauteur de la plante	96
27	Analyse de variance sur taux du couvert végétal	97
28	Analyse de variance sur le rendement	97

Liste des abréviations

ATP : Adénosine triphosphate

C° : Degré Celsius

C : Carbone

CEC : Capacité d'Echange Cationique

cm : Centimètre

D. S. A : Direction des Services Agricoles

F.A.O : Food Alimentation Organisation

g : Gramme

ha : Hectare

HR : Humidité relative de l'air

I. T. C. M. I : Institut Technique des Cultures Maraîchère et Industrielles

I.T.C.F : Institut Technique de la Communauté Française

K : Potassium

Kg : kilogramme

K₂O : Oxyde de potassium

K₂SO₄ : Sulfate de potassium

M.A.D.R.P : Ministère de l'agriculture et de développement rural et de la pêche

Mg : Milligramme

N : Azote

2N = 24 : Nombre chromosomique de la pomme de terre

NH₄⁺ : Ammonium

NO₃⁻ : Nitrate

NPK : Engrais complet

O.N.M : Office National de Météorologie

P : Phosphore

PBA : Phosphate biammoniacal

pH : Potentiel hydrogène

P₂O₅ : Acide phosphorique

PPDS : La plus petite différence significative

PDT : Pomme de terre

qx : Quintaux

Rdt : Rendement

R.S.S : Résidu sec soluble

S : Le soufre

S.A.R : Coefficient d'absorption de sodium

SAU : Superficie Agricole Utile

T° max : Température maximale moyenne.

T° min : Température minimale moyenne.

T₀ : témoin sans apport d'engrais azoté.

T₁ : Fertilisation à base d'Urée 46 %.

T₂ : Fertilisation à base de Sulfazote 26 %.

% : Pour cent

SOMMAIRE

Introduction	1
<i>Première partie : synthèse bibliographique</i>	
Chapitre 01 : Généralités sur la pomme de terre	
I/ Historique de la pomme de terre	5
II/ Botanique et Taxonomie	5
III/ Origine génétique	7
IV/ Cultivars	7
V/ Biologie de la plante	8
V-1/ Caractéristiques Morphologiques	8
V-1-1/ Système aérien	8
V-1-1-1/ Les tiges	8
V-1-1-2/ Les feuilles	8
V-1-1-3/ Les fleurs	8
V-1-2/ Système souterrain	9
V-1-2-1/ Les racines	9
V-1-2-2/ Les tiges souterraines	9
V-1-2-3/ Les tubercules	9
V-2/ Caractéristiques physiologiques	11
V-2-1/ Le repos végétatif	11
V-2-2/ La germination	11
V-2-2-1/ Stade de croissance lente	11
V-2-2-2/ Stade de croissance active	12
V-2-2-3/ Stade de croissance ralentie	12
V-2-3/ La croissance	12
V-2-4/ La tubérisation	12
VI/ Les exigences agro-écologiques de la pomme de terre	16
VI-1/ Exigences climatique	16
VI-1-1/ Besoins en température	16
VI-1-2/ Besoins en lumière	16
VI-1-3/ Besoins en eau	16

VI-2/ Les exigences édaphiques	17
VII/ La culture de la pomme de terre	18
VII-1/ Les périodes de plantation de pomme de terre en Algérie	18
VII-2/ Place dans la rotation	18
VI-3/ Préparation du sol	18
VII-4/ Choix de la semence et plantation	18
VII-4-1/ Choix de la semence	18
VII-4-2/ La pré-germination	18
VII-5/ La plantation	20
VII-6/ Les travaux d'entretien	21
VII-6-1/ Le buttage	21
VII-6-2/ Le binage	21
VII-6-3/ Le désherbage	21
VII-6-4/ L'irrigation	22
VII-7/ Les principaux maladies et ravageurs de la culture	23
VII-8/ La récolte	26

Chapitre 02: Economie de la pomme de terre

I/ L'importance de la culture de pomme de terre	28
I-1/ Dans le monde	28
I-2/ En Algérie	30
I-2-1/ Répartition de la superficie et de la production	32
I-2-2/ L'évolution de la consommation par habitant et par année (1970/2005).....	33
I-2-3/ Principales wilayas productrices	34
I-3/ Dans la wilaya d'Oum El Bouaghi	34
II/ Intérêt de la culture de la pomme de terre	36
II-1/ L'alimentation humaine	36
II-2/ Production féculière	36
II-3/ L'alimentation animale	36
II-4/ Vertus médicinales	36
III/ Valeur nutritive de la pomme de terre	37

Chapitre 03: La fertilisation de la pomme de terre

I/ Principes et objectifs de la fertilisation	40
II/ Stratégies de la fertilisation	40
III/ Les différents modes d'apport d'engrais	41
III-1/ Fumure organique	41
III-2/ Fumure minérale	41
IV/ Les éléments fertilisants primaires ou majeurs	42
IV-1/ L'azote	42
IV-1-1/ Rôle physiologique de l'azote	42
IV-1-2/ Formes d'azote absorbé par les plantes	43
IV-1-4/ Conséquences d'excès et de carence en azote	44
IV-1-5/ Sources d'azote	44
IV-1-5-1/ Le sol	44
IV-1-5-2/ Les amendements organiques	45
IV-1-5-3/ Les engrais minéraux	45
IV-1-5-4/ Les plantes fixatrices d'azote : importance des légumineuses dans les systèmes de culture	46
IV-1-6/ L'azote dans la plante	46
IV-2/ Le phosphore	47
IV-2-1/ Sources de phosphore	47
IV-2-2/ Besoins en phosphore	48
IV-3/ La potasse	48
IV-3-1/ Sources de potasse	48
IV-3-2/ Rôle du potassium dans processus physiologique de la plante	49
IV-3-3/ Rôles du potassium et symptômes de carence chez la pomme de terre	50
IV-3-4/ Formes de potassium dans le sol	51
IV-3-5/ Dynamique du potassium dans le sol	52
IV-4/ La dynamique des éléments minéraux dans le sol et le recouvrement des engrais	52
V/ Les éléments fertilisants secondaires	53
V-1/ Le soufre	53
V-1-1/ Rôle du soufre	54

V-1-2/ Description du symptôme	54
V-1-3/ Provoqué par	54
V-2/ Le magnésium	54
V-3/ Le calcium	55
VI/ L'interaction entre les éléments fertilisants	55

Deuxième partie : Etude expérimentale

Chapitre 01 : Conditions expérimentales

I/ Présentation du site expérimental	59
II/ Situation Géographique	59
III/ Caractéristiques climatiques du milieu	62
III-1/ Températures	62
III-2/ Pluviométrie	63
III-2-1/ Variation mensuelle	63
III-2-2/ Variation saisonnière	64
III-2-3/ Variation annuelle	65
III-3/ L'humidité relative de l'air	66
III-4/ Vent	67
III-5/ Evaporation	67
III-6/ La neige, la grêle, les gelées et le sirocco	68
III-7/ Synthèse climatique	69
III-7-1/ Diagramme ombrothermique de GAUSSEN (1953)	69
III-7-2/ Indices climatiques	70
III-7-2-1/ Indice d'aridité mensuelle de DE MARTONNE	70
III-7-2-2/ Indice d'aridité annuelle de DE MARTONNE	70
IV/ Caractéristiques analytiques de sol	71
V/ L'eau	72
V-1/ Résultats d'analyses chimiques d'eau d'irrigation	72

Chapitre 02 : Matériel et méthodes

I/ Matériel végétal	74
I-1/ Choix de la variété	74
I-2/ Caractéristiques morphologiques, culturaux et d'utilisation de la plante ...	74
I-2-1/ Caractères morphologiques	74
I-2-2/ Caractères culturaux et d'utilisation	74

II/ Protocole expérimental	75
II-1/ Le dispositif expérimental	75
II-2/ Doses et période d'apport d'engrais	78
III/ Caractérisation des engrais utilisés pour la fertilisation de l'essai	79
III-1/ Sulfazote 26 % N + 35 % SO ₃	79
III-1-1/ Caractéristiques techniques	79
III-1-2/ Composition	79
III-1-3/ Spécificités	79
III-1-4/ Doses d'utilisation	80
III-2/ Urée 46 %	80
III-2-1/ Caractéristiques techniques	80
III-2-2/ Domaines d'application	80
IV/ Conduite de l'essai	81
IV-1/ Précédent cultural	81
IV-2/ La préparation du sol	81
IV-3/ La préparation des plants	81
IV-4/ La plantation	81
IV-5/ les travaux d'entretien	81
IV-5-1/ le buttage-binage	81
IV-5-2/ l'irrigation	81
IV-5-3/ Les traitements phytosanitaires	82
IV-5-4/ La fertilisation	82
IV-5-4-1/ Fertilisation azotée	82
IV-5-4-2/ Fertilisation potassique	82
IV-6/ Observations et analyses effectués	83
IV-6-1/ Le rythme de développement de la plante	83
IV-6-2/ le rendement (qx/ha)	83
IV-6-3/ la qualité	83

Troisième partie : Résultats et discussion

Chapitre 01 : Résultats et discussion

I/ Le rythme de développement de la plante	86
I-1/ Le taux de levée (%)	86
I-2/ La hauteur de la plante (cm)	87

I-3/ Taux du couvert végétal (%)	89
II/ Les rendements	90
II-1/ Quantités récoltées par parcelle élémentaire et rendement par hectare	90
II-2/ Comparaison entre les traitements	93
III/ Le calibre des tubercules	94
IV/ Analyse des résultats	96
IV-1/ Analyse de variance pour les paramètres mesurés	96
IV-1-1/ L'hauteur	97
IV-1-2/ Couvert végétal	97
IV-1-3/ Le rendement	97
IV-2/ Analyse de corrélation entre le rendement et les paramètres mesurés (r)	98
IV-2-1/ Taux de levée	98
IV-2-2/ La hauteur	98
IV-2-3/ Couvert végétal	99
Conclusion	101
Références bibliographiques	
Annexes	

I/ Le rythme de développement de la plante

La croissance a été suivie en observant les différents paramètres morphologiques de la plante.

I-1/ Le taux de levée (%)

L'observation du taux de levée nous a permis de constater un certain échelonnement dans le temps de l'apparition des plantules de pomme de terre.

Il a été déterminé en comparant à différentes dates le nombre de plants levés sur les quatre billons de la parcelle élémentaire.

En effet, l'apparition des premiers jeunes plants a commencé 17 jours après la plantation ou le taux de levée était seulement 10.36 %. La pleine levée est observée 43 jours après plantation, correspondant à un taux de 100 % signifiant ainsi un retard assez important de la levée (la phase plantation – levée est en moyenne de 30 jours selon les normes de l'ITCMI). Ce retard est fort probablement lié en partie aux conditions édaphiques (sol lourd) et climatiques (gelées tardives du mois d'Avril).

Tableau N° 20 : Taux de levée (%)

Les dates \ Traitements			
	T ₀	T ₁	T ₂
1 ^{er} date	07.63	11.42	12.05
2 ^{eme} date	37.44	38.63	38.98
3 ^{eme} date	66.23	73.03	74.21
4 ^{eme} date	100	100	100

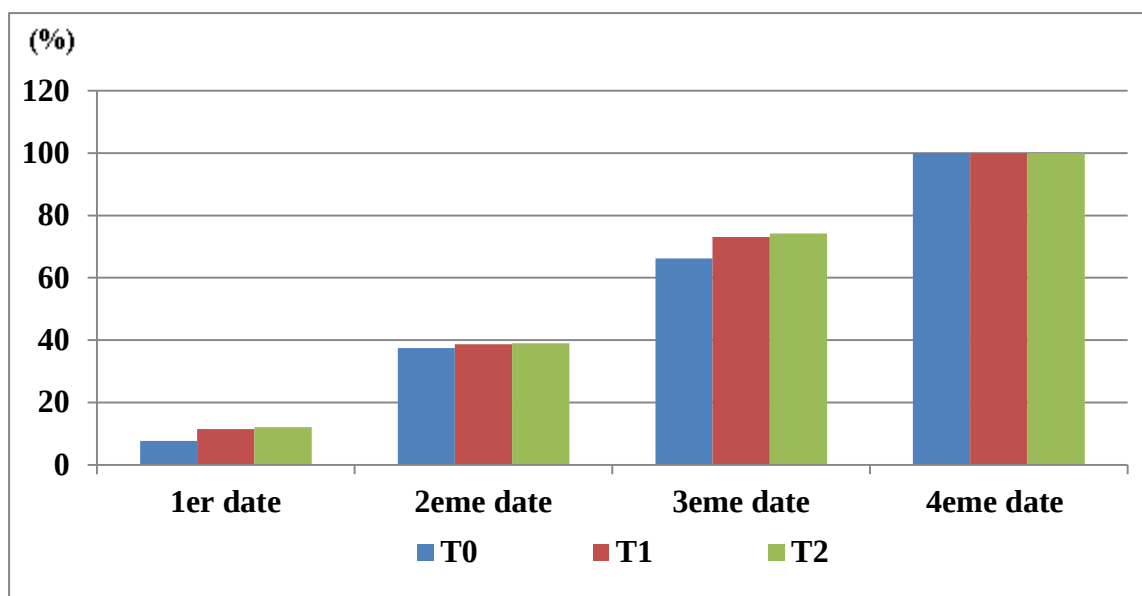


Figure N° 26 : Taux de levée (%)

De la mise en place à la reprise, la culture n'a souffert d'aucune contrainte, ce qui explique l'homogénéité de sa levée pour les trois traitements. On note que les deux premiers apports d'engrais azotés n'ont présenté aucun effet sur le taux de levée.

Remarque

L'observation 01 a été effectuée avant l'application du premier apport d'engrais. Les observations 02, 03 et 04 ont été effectuées après l'application du premier et deuxième apport d'engrais.

I-2/ La hauteur de la plante (cm)

L'observation de la hauteur de la plante peut nous renseigner sur la vigueur et la vitesse de croissance de la plante. Elle a été mesurée la dernière fois 70 jours après la plantation correspondant au stade grossissement des tubercules et l'arrêt de la croissance.

La hauteur de la plante montre une certaine variation avec le facteur étudié. Cette variation est plus marquée chez le traitement fertilisé avec du sulfazote 26 % par rapport à celui de la fertilisation à base d'urée 46% la différence entre les deux traitements est significative.

La hauteur moyenne observée est successivement de 87.54 cm en fertilisation à base de sulfazote 26 %, 83.63 cm en fertilisation à base d'urée 46% et de 70.86 cm au témoin sans apport d'engrais.

Tableau N° 21 : La hauteur de la plantes (cm)

Les dates \ Traitements	Traitements		
	T ₀	T ₁	T ₂
1ere date	26.30	29.58	31.63
2eme date	41.08	44.96	47.27
3eme date	53.18	63.46	68.37
4eme date	70.86	83.63	87.54

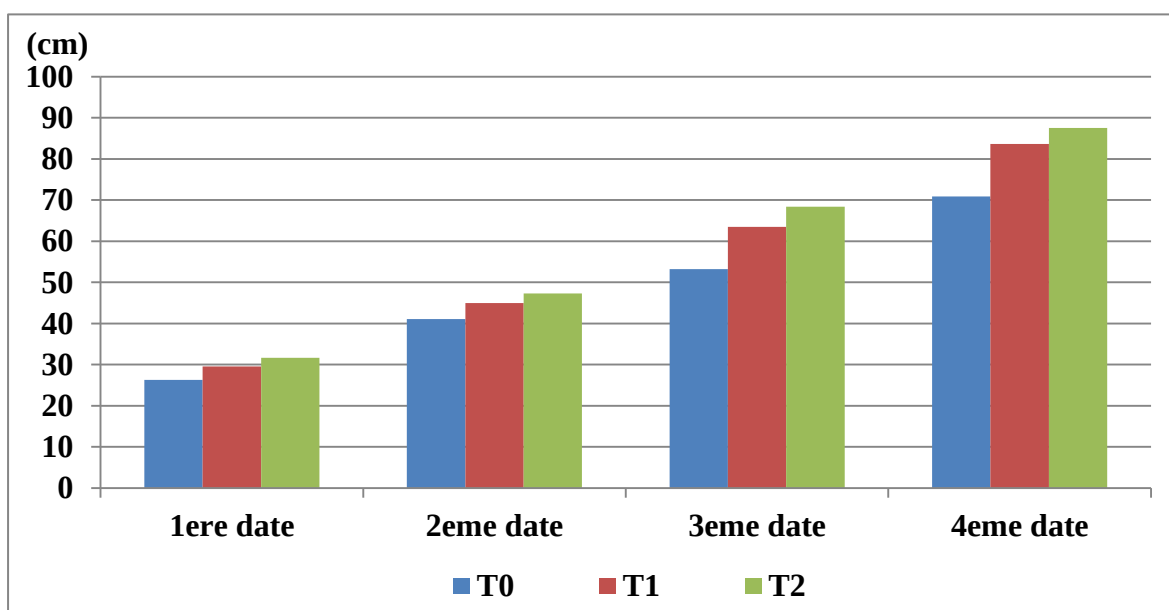


Figure N° 27 : La hauteur (cm).

On note effectivement une différence de 14.73 cm de la hauteur moyenne des plantes (fertilisées) par rapport au témoin. La hauteur maximale est de 87.54 cm, obtenu avec le traitement T₂, et le minimal est de 70.86 cm, obtenu avec le traitement T₀. Ces résultats permettent de remarquer une supériorité nette de la hauteur de la plante en faveur de sulfazote 26 %.

Cette différence peut être expliquée par une meilleure disponibilité et une absorption plus rapide de l'azote par la plante.

I-3/ Taux du couvert végétal (%)

Ce paramètre est mesuré la dernière fois 70 jours après la plantation, il exprime le recouvrement latéral du sol par la plante et son intérêt dans le fait d'une meilleure interception du rayonnement solaire et améliore le rendement photosynthétique.

L'augmentation de couvert végétal traduit l'accroissement de la fertilisation azotée. En fertilisation azotée à base de sulfazote 26 % le couvert végétal est nettement supérieur avec un taux maximum de 95,64 % sous traitement T_2 (des plants bien développés de couleur vert foncé) et 90,44 % en fertilisation azotée à base d'urée 46 %.

Tableau N° 22 : Taux du couvert végétal (%)

Traitements Les dates	T₀	T₁	T₂
1^{ère} date	19,28	21,56	24,95
2^{ème} date	33,18	47,62	51,74
3^{ème} date	55,58	67,55	73,16
4^{ème} date	70,49	90,44	95,64

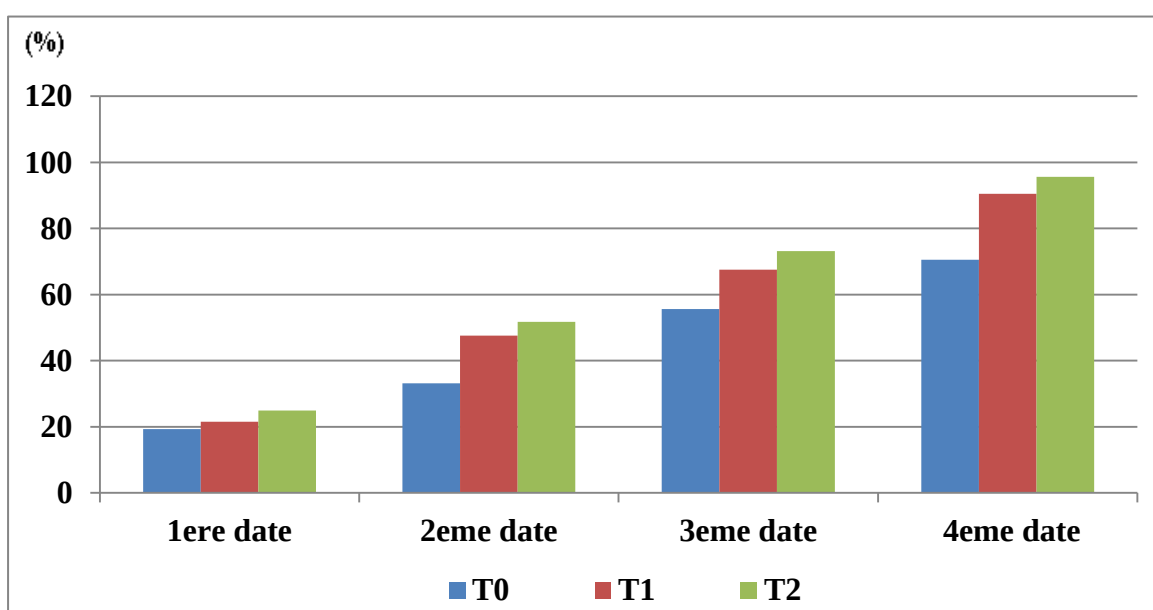


Figure N° 28 : Taux du couvert végétal (%)

Une bonne fumure azotée conduit à une augmentation de la production de la biomasse totale et l'étalement du couvert végétal (Chambenoit et Laurent, 2002).

II/ Les rendements

La récolte a été faite, 120 jours après la plantation à la maturité complète des tubercules (peau très adhérente). Elle a été effectuée mécaniquement en séparant la production des différentes parcelles élémentaires.

Le rendement réel a été déterminé en procédant à la pesée de la production de chaque parcelle élémentaire puis le rapporter à l'hectare.

Le rendement observé est nettement plus élevé sous apports de sulfazote 26 % avec 409.88 qx/ha et 322.85 qx/ha pour la fertilisation sous apport d'urée 46 %, par contre en l'absence d'apport de fumure azoté le rendement est de 270.83 qx/ha. Ce ci suggère l'intérêt d'apporter le sulfazote 26 % à la culture.

II-1/ Quantités récoltées par parcelle élémentaire et rendement par hectare

Tableau N° 23 : Quantités récoltées par parcelle élémentaire et rendement par hectare

Trait Para	Quantité récolté (Kg)						Rendement (qx/ha)
	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3	Bloc 4	Total	moyenne	
T ₀	44,35	43,15	40,25	34,75	162,50	40,63	270,83
T ₁	51,80	47,26	48,30	46,35	193,71	48,43	322,85
T ₂	64,13	57,40	59,80	64,60	245,93	61,48	409,88

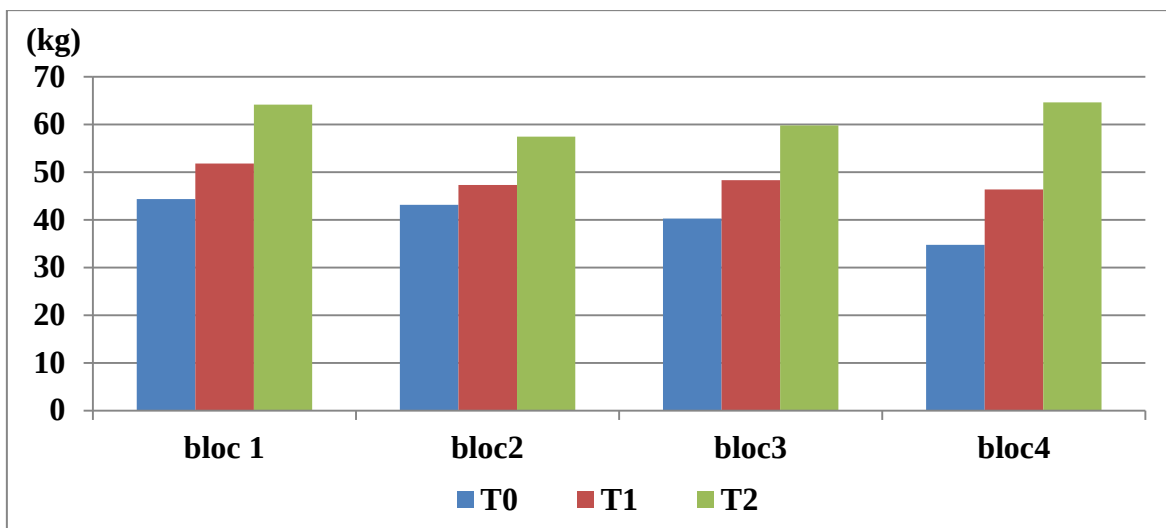


Figure N° 29 : Quantité récoltée (Kg) par parcelle élémentaire

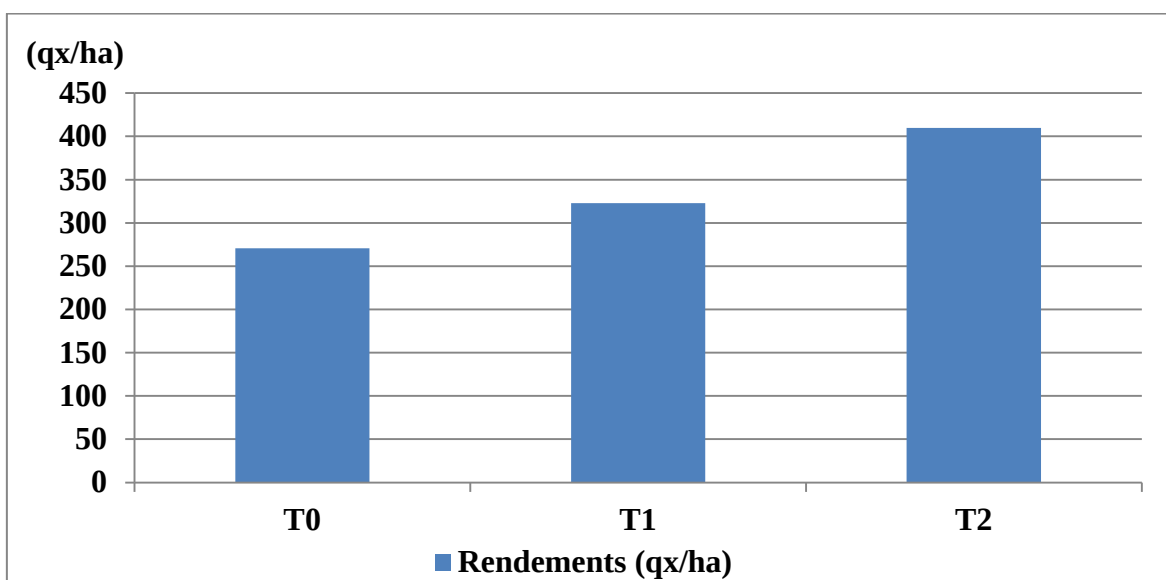


Figure N° 30 : Rendement en (qx / ha)

A la lumière des rendements obtenus, où le sulfazote et l'urée ont permis respectivement une amélioration de la production de 51.34 % et 19.20 % par rapport au témoin (sans fumure azotée), soit une recette supplémentaire d'environ 110000 DA/ha pour le premier et 46000 DA pour l'urée, et de 26.96 % pour les deux traitements (sulfazote,urée) .On confirme encore une fois l'effet positif de ce type d'engrais (sulfazote 26 %) et la nécessité d'inciter les agriculteurs à l'utiliser.



Figure N° 31 : La récolte mécanique de la pomme de terre



Figure N°32 : Evolution au champ





Figure N°33 : La qualité des tubercules par traitement

II-2/ Comparaison entre les traitements

Tableau N° 24 : Comparaison entre les traitements

Traitements	T ₂ (409,88q _x /ha)	T ₁ (322,85 q _x /ha)	T ₀ (270,83 q _x /ha)
T ₂ (409,88q _x /ha)	-	87.03	139.05
T ₁ (322,85 q _x /ha)	-	-	52.02
T ₀ (270,83 q _x /ha)	-	-	-

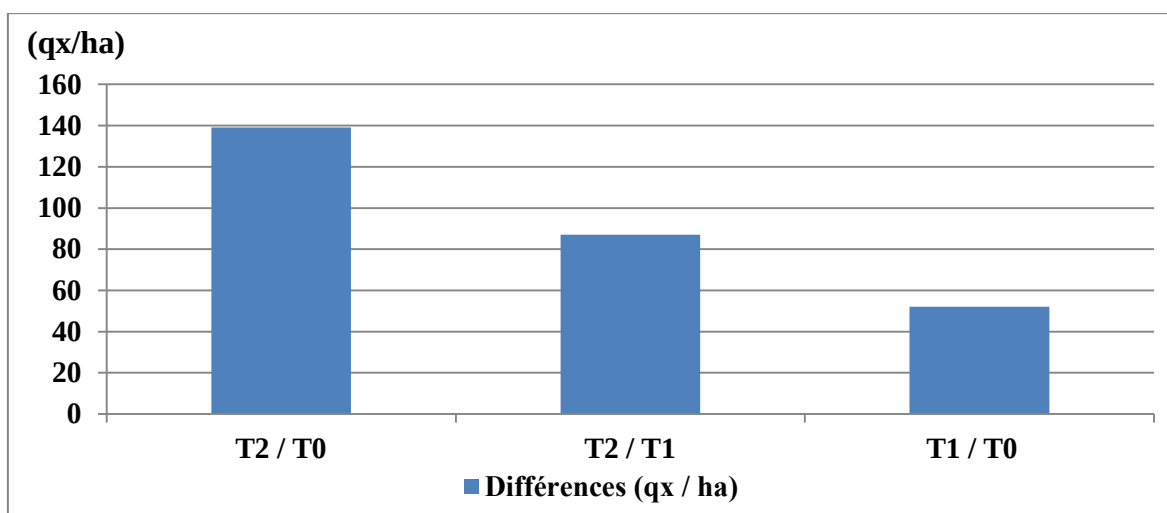


Figure N° 34 : Comparaison entre les traitements

III/ Le calibre des tubercules

Le calibre des tubercules est un critère d'appréciation de la qualité commerciale de la production de la pomme de terre. Le petit et le moyen calibre sont généralement recherchés en production de semences tandis que pour la consommation se sont surtout les gros tubercules qui sont demandés.

Dans le cas de notre essai, le calibre a été mesuré sur un échantillon de tubercules provenant de cinq plants et classée en quatre catégories, selon des normes généralement adoptées (Crossnier, 1987).

- Petit calibre 28 à 35 mm
- Calibre moyen 35 à 45 mm
- Gros calibre 45 à 55 mm
- Plus de 55 mm

Tableau N° 25 : Répartitions du calibre (%)

Trait Calibre	T ₀	T ₁	T ₂
28 – 35	49,48	12,70	8,40
35 - 45	30,93	22,22	13,74
45 – 55	14,43	23,81	27,48
> 55	5,15	41,27	50,38

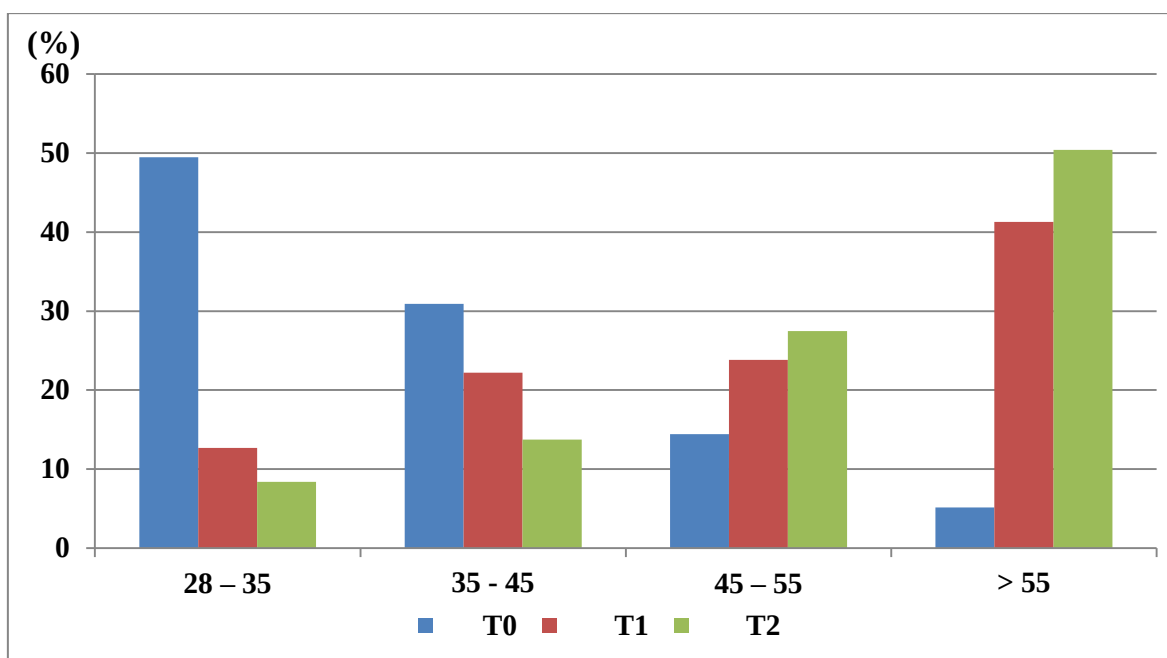


Figure N° 35 : Répartitions du calibre (%)

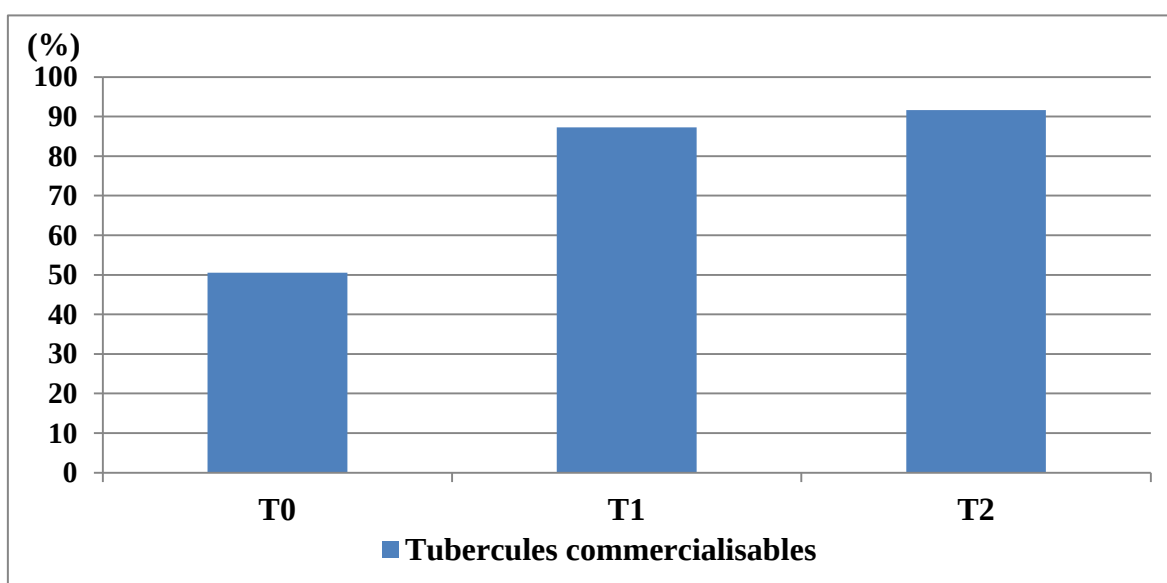


Figure N° 36 : Tubercules commercialisables

Les résultats obtenus ont prouvé l'intérêt de la fertilisation minérale azotée à base de Sulfazote 26 % fractionnée en cinq apports durant les différents stades phénologiques de la culture de pomme de terre variété « Dounia » et son efficacité dans l'amélioration notable de la production.

Sur le plan quantitatif le Sulfazote 26 % a donné le meilleur rendement (409.88 qx/ha) en assurant une augmentation de la production de 26.95 % par-rapport à l'Urée 46 % (322.85 qx/ha).

Sur le plan qualitatif, le Sulfazote 26 % a permis d'avoir des tubercules de gros calibre avec un taux de production commercialisable de 91.6 % par-rapport à l'Urée 46 % avec 87.3 %.

IV/ Analyse des résultats

IV-1/ Analyse de variance pour les paramètres mesurés

IV-1-1/ La hauteur

Tableau N° 26 : Analyse de variance sur la hauteur de la plante

Eléments de variation	SCE	DDL	Variance	F calculé	F Théorique	
					5 %	1 %
Blocs	4435,38	3	1478,46	150,42	4,76	9,78
traitements	247,42	2	123,71	12,59	5,14	10,92
Erreur	58,97	6	9,83	-	-	-
Totale	4741,77	11	-	-	-	-

$F_C > F_T$ à 5 % et 1 %

A seuil de probabilité de 5% et 1% l'analyse fait apparaître qu'il existe des différences hautement significatives entre les blocs et les traitements.

Calcul PPDS :

$D_s = 2.22$

PPDS = 5.43 (à 5 %)

8.23 (à 1 %)

Coefficient de variation :

$C_v = 5.81 \%$

IV-1-2/ Couvert végétal

Tableau N° 27 : Analyse de variance sur taux du couvert végétal

Eléments de variation	SCE	DDL	Variance	F calculé	F Théorique	
					5%	1%
Blocs	6747,00	3	2249,00	111,25	4,76	9,78
traitements	598,76	2	299,38	14,81	5,14	10,92
Erreur	121,30	6	20,22	-	-	-
Totale	7467,06	11	-	-	-	-

$F_C > F_T$ à 5 % et 1 %

A seuil de probabilité de 5% et 1% l'analyse fait apparaître qu'il existe des différences hautement significatives entre les blocs et traitements.

Calcul PPDS :

$D_s = 3.18$

PPDS = 7.79 (à 5 %)

11.79 (à 1 %)

Coefficient de variation :

$C_v = 8.29 \%$

IV-1-3/ Le rendement

Tableau N° 28 : Analyse de variance sur le rendement

Eléments de variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté DDL	Variance	F		
				Calculé	Théorique	
					5 %	1 %
Blocs	43,51	3	14,50	1,35	4.76	9.78
Traitements	888,46	2	444,23	41,20	5.14	10.92
Erreur	64,69	6	10,78	-	-	-
Total	996,67	11	-	-	-	-

$F_C (1,35) < F_T$ à 5 % et 1 % (4.76 et 9.78) donc effet bloc non significatifs (qu'ils n'y a pas de différences significatives entre les moyennes des blocs)

$F_C (41.20) > F_T$ à 5 % et 1 % (5.14 et 10.92) donc effet traitement significatifs

Calcul PPDS :

$$D_s = 2.32$$

$$PPDS = 5.68 \text{ (à 5 \%)}$$

$$8.61 \text{ (à 1 \%)}$$

Coefficient de variation :

$$C_v = 6.54 \% \quad \text{(Essai fiable).}$$

VI-2/ Analyse de corrélation (corrélation de Pearson (r)) entre le rendement et les paramètres mesurés

Le coefficient de corrélation est compris entre -1 et +1. Plus le coefficient est proche des valeurs extrêmes -1 et 1, plus la corrélation entre les variables est forte ; on emploie simplement l'expression « fortement corrélées » pour qualifier les deux variables. Une corrélation égale à 0 signifie que les variables sont linéairement indépendantes.

Par convention, on dira que la relation entre les variables est :

- parfaite si $r = 1$
- très forte si $r > 0,8$.
- forte si r se situe entre 0,5 et 0,8.
- d'intensité moyenne si r se situe entre 0,2 et 0,5.
- faible si r se situe entre 0 et 0,2.
- Nul si $r = 0$

IV-2-1/ Taux de levée

	Rendement	1 ^{er} date	2 ^{eme} date	3 ^{eme} date
Rendement	1			
1 ^{er} date	0,86	1		
2 ^{eme} date	0,90	0,99	1	
3 ^{eme} date	0,86	0,99	0,99	1

Le coefficient de corrélation (r) ≈ 1 , il ya une très forte relation entre les deux variables (le rendement et taux de levée).

IV-2-2/ La hauteur

	Rendement	1 ^{er} date	2 ^{eme} date	3 ^{eme} date	4 ^{eme} date
Rendement	1				
1 ^{er} date	0,96	1			
2 ^{eme} date	0,96	0,99	1		
3 ^{eme} date	0,94	0,99	0,99	1	
4 ^{eme} date	0,90	0,99	0,99	0,99	1

Le coefficient de corrélation (r) ≈ 1 , il ya une très forte relation entre les deux variables (le rendement et la hauteur).

IV-2-3/ Couvert végétal

	Rendement	1 ^{er} date	2 ^{eme} date	3 ^{eme} date	4 ^{eme} date
Rendement	1				
1 ^{er} date	0,99	1			
2 ^{eme} date	0,90	0,91	1		
3 ^{eme} date	0,94	0,95	0,99	1	
4 ^{eme} date	0,89	0,91	0,99	0,99	1

Le coefficient de corrélation (r) ≈ 1 , il ya une très forte relation entre les deux variables (le rendement et le couvert végétal).

I/ Présentation du site expérimental

L'institut technique des cultures maraichères et industrielles (ITCMI) est un établissement public à caractère administratif (EPA) et à vocation technique et scientifique.

La station d'OEB a été créée en 1976 (Institut de Développement des Cultures Industrielles IDCI), elle avait pour mission principale le développement des cultures oléagineuses (carthame) et industrielles (Tabac à priser) dans la région des hauts plateaux de l'Est. Elle fut rattachée à l'ITCMI (par arrêté ministériel N°237/CAB/M Du 22/10/1987) en 1987 après restructuration du secteur agricole et regroupement des activités de l'IDCI (Institut De Développement Des Cultures Industrielles) et de l'IDCM (Institut De Développement Des Cultures Maraichères) pour former l'ITCMI (Fusion des deux instituts). Depuis, ses activités ont été orientées beaucoup plus vers le développement des cultures stratégiques maraichères et industrielles (pomme de terre, Ail, Oignon, Tomate industrielle). La forte exigence en eau et en qualité de sol de ces espèces a été l'une des causes du changement du site d'expérimentation (exploitation) du lieu dit El-Medfoun (commune Oum El Bouaghi) à Bir Rogaa, commune de Berriche (Décision du Wali N°88/1044 Du 15/11/1988)

II/ Situation Géographique

La station expérimentale est située à 15 Km du chef lieu de wilaya (Bir Rogaa, commune de Berriche) sur la route nationale N°10 reliant Oum El Bouaghi à Ain Beida

-Coordonnées géographiques : 25°51'783 Nord et 5°7' 496 Est

-Altitude : 814 m.

Elle s'étale sur 22,5 ha dont 18 ha SAU (issue d'une ferme pilote -Kouah -) et elle est limitée par la R.N N°10 au Nord et par des EAC (toutes issues de la ferme pilote Kouah) au Sud, à l'Est et à l'Ouest.



Source : (Digital Globe, 2014)

Figure N° 16 : situation géographique de la station expérimentale (I.T.C.M.I)

PLAN DE LA FERME EXPERIMENTALE I.T.C.M.I OUM EL BOUAGHI –BIR ROGAA –

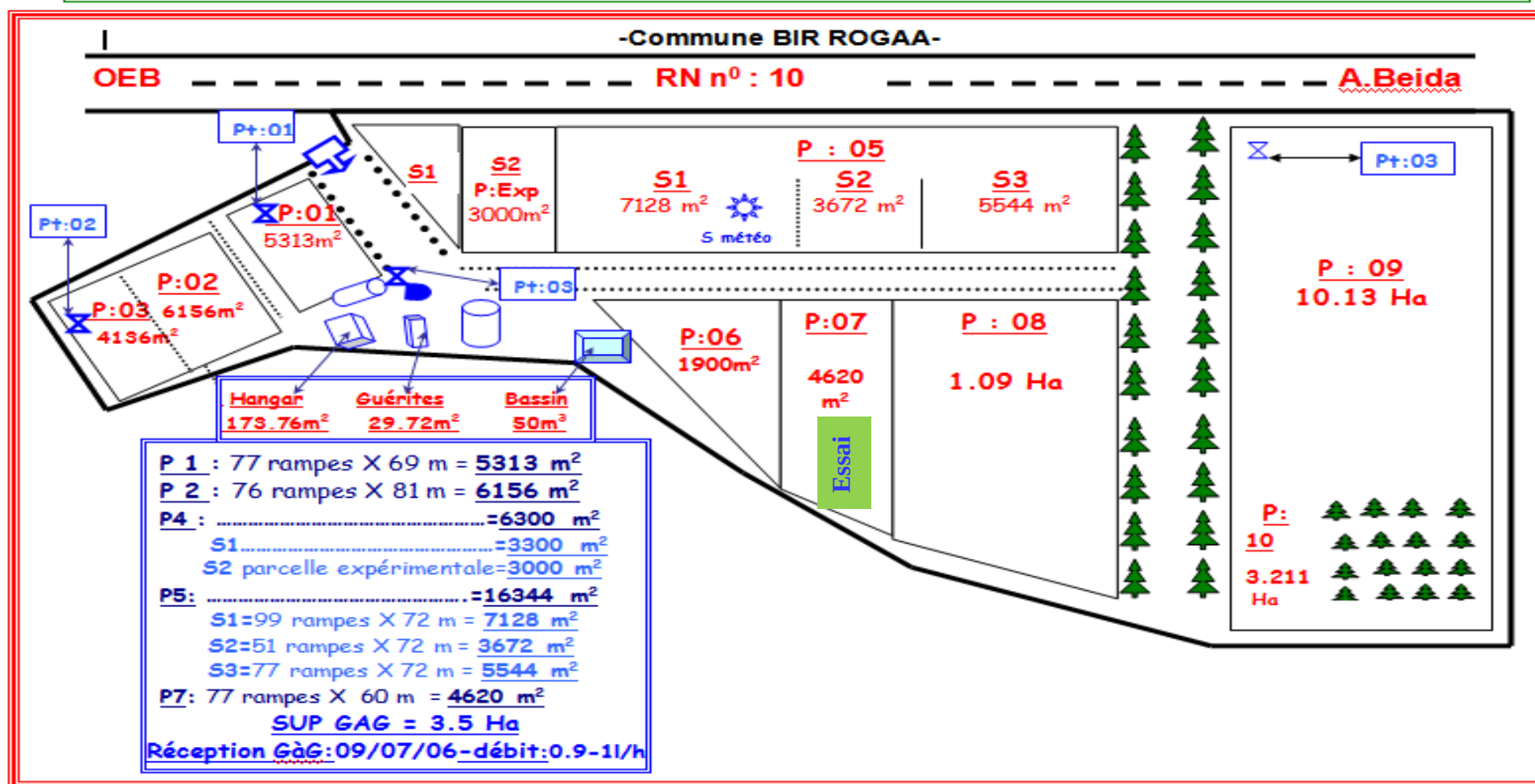


Figure N° 17 : plan de la ferme expérimentale ITCMI – Oum El Bouaghi

III/ Caractéristiques climatiques du milieu

Le climat est un facteur très important par son influence sur la croissance, le développement et la répartition spatiale et saisonnière des plantes.

Pour caractériser le climat de la zone d'étude nous avons utilisé une série d'observations sur une période de 10 ans (2006/2016), de la station météorologique de la wilaya d'Oum El Bouaghi.

III-1/ Températures

La température mesurée est celle de l'air ambiant qui ne correspond pas exactement à celle de la plante, mais elle caractérise cependant l'ambiance moyenne ou se déroule les principaux processus biologiques (Vilain, 1989).

L'examen des données thermiques recueillies sur la zone d'étude pour une période de dix ans (2006/2016) représentées dans le tableau N° 05, permet les constatations suivantes :

- La moyenne des températures de la période de 10 ans permet de caractériser le climat par un hiver doux et un printemps relativement chaud.
- La valeur la plus faible des températures est enregistrée au cours du mois de Janvier avec une moyenne de 6.96 C° et la plus élevée est observée au mois de Juillet avec une moyenne de 26.42 C°.

Tableau N° 05 : Les températures mensuelles moyennes (2006/2016)

Mois	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep
T° max	24,2	17,1	12,78	12,59	12,51	15,59	20,37	24,86	29,14	35,04	34,18	28,73
T° min	11,01	5,61	1,79	1,33	1,49	3,91	7,01	10,1	14,61	17,79	17,75	15,07
T° moy	17,61	11,36	7,29	6,96	7,00	9,75	13,69	17,48	21,88	26,42	25,97	21,90

(Source : O.N.M Oum El Bouaghi, 2016)

T° max : température maximale moyenne.

T° min : température minimale moyenne.

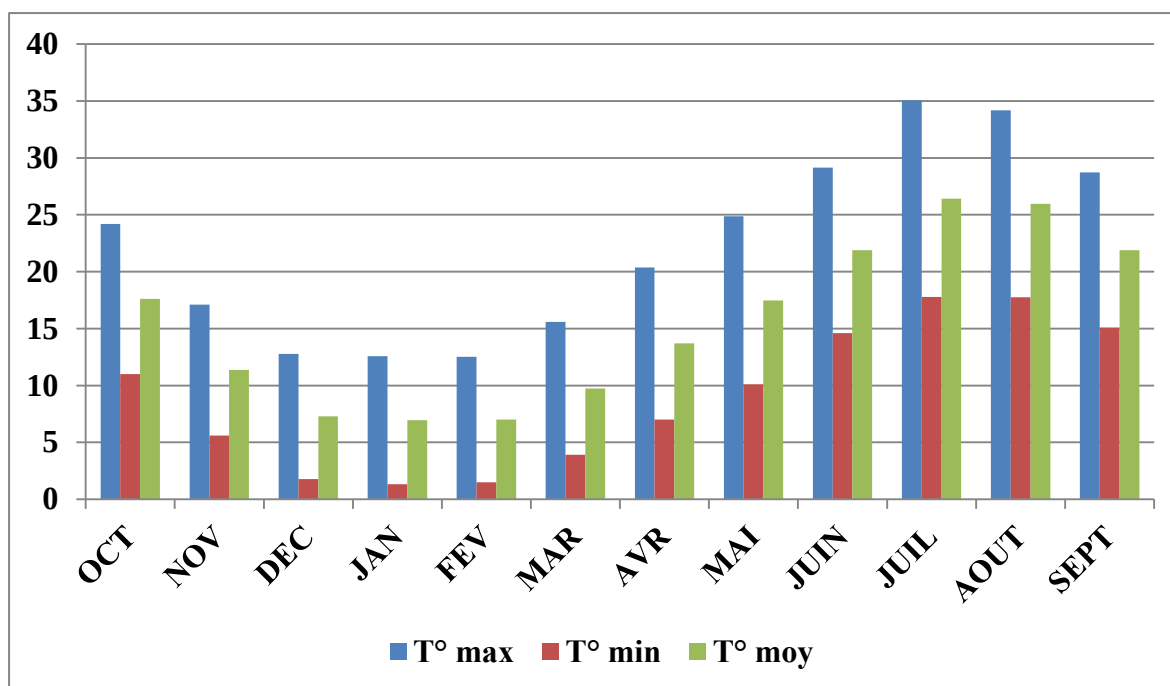


Figure N° 18 : Les températures mensuelles moyennes (2006/2016).

L'examen des températures mensuelles moyennes durant une période de 10 ans montre que les mois de Juillet et Août sont les plus chauds de l'année (figure N° 18) avec respectivement des températures moyennes de 26,42 et 25,97 C°; alors que le mois de Janvier est le mois le plus froid de l'année avec une température de 6,96 C° (figure N° 17).

La température moyenne annuelle est de 15,61 C°.

III-2/ Pluviométrie

III-2-1/ Variation mensuelle

Les précipitations mensuelles enregistrées à la ferme de démonstration et production de semences (ITCMI) d'Oum El Bouaghi sont très variables d'un mois à un autre (Figure N° 19). La distribution des précipitations moyennes mensuelles suit un climat de semi aride : précipitations d'hiver et du printemps suivies d'une sécheresse d'été. La moyenne mensuelle calculée au cours de la période d'observation 2006-2016 est de 31,76 mm/mois. A côté de quelques pluies exceptionnelles, les périodes sèches sont malheureusement assez fréquentes.

D'une façon générale, les mois diffèrent les uns des autres en ce qui concerne la façon dont les pluies se répartissent.

Les moyennes mensuelles et annuelles des précipitations enregistrées pendant la période (2006//2016) sont dans le tableau N° 06

Tableau N° 06 : Précipitations moyennes mensuelles (2006/2016)

Mois	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep
Précipitation moyennes mensuelle (mm)	33,03	23,32	30,44	34,08	34,02	48,03	38,73	50,42	11,26	13,43	24,52	39,86
Contribution (%)	8,67	6,12	7,99	8,94	8,93	12,60	10,16	13,23	2,95	3,52	6,43	10,46

(Source : O.N.M Oum El Bouaghi, 2016)

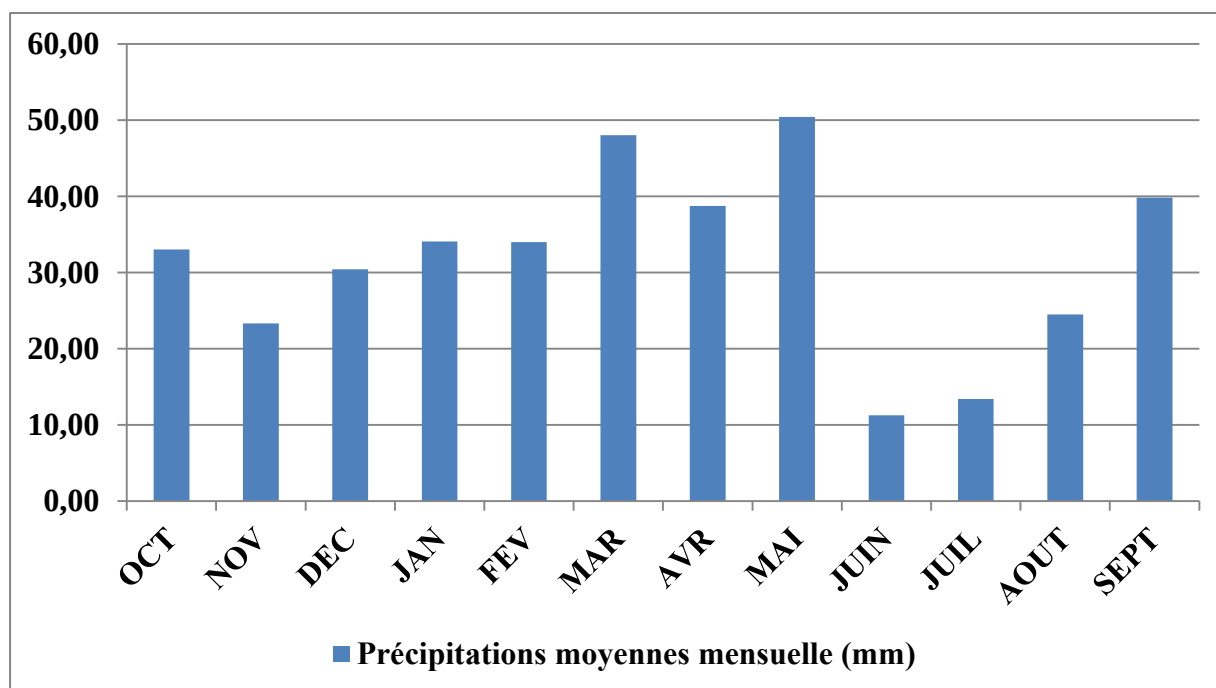


Figure N° 19 : Précipitations moyennes mensuelle, 2006/2016 (mm)

III-2-2/ Variation saisonnière

Les précipitations varient en fonction du temps et de l'espace. En effet les saisons pluvieuses se situent en printemps et à l'hiver à Oum El Bouaghi (Figure N° 20). En revanche, l'été est sec étant donné que les précipitations sont quasi-absentes.

Tableau N° 07: Précipitations moyennes saisonnières et leur contribution à la pluie moyenne annuelle (2006-2016).

Saisons	Automne	Hiver	Printemps	Eté
Précipitation moyennes saisonnières (mm)	96,21	98,54	137,18	49,21
Contribution (%)	25,24	25,85	35,99	12,91

(Source : O.N.M Oum El Bouaghi, 2016)

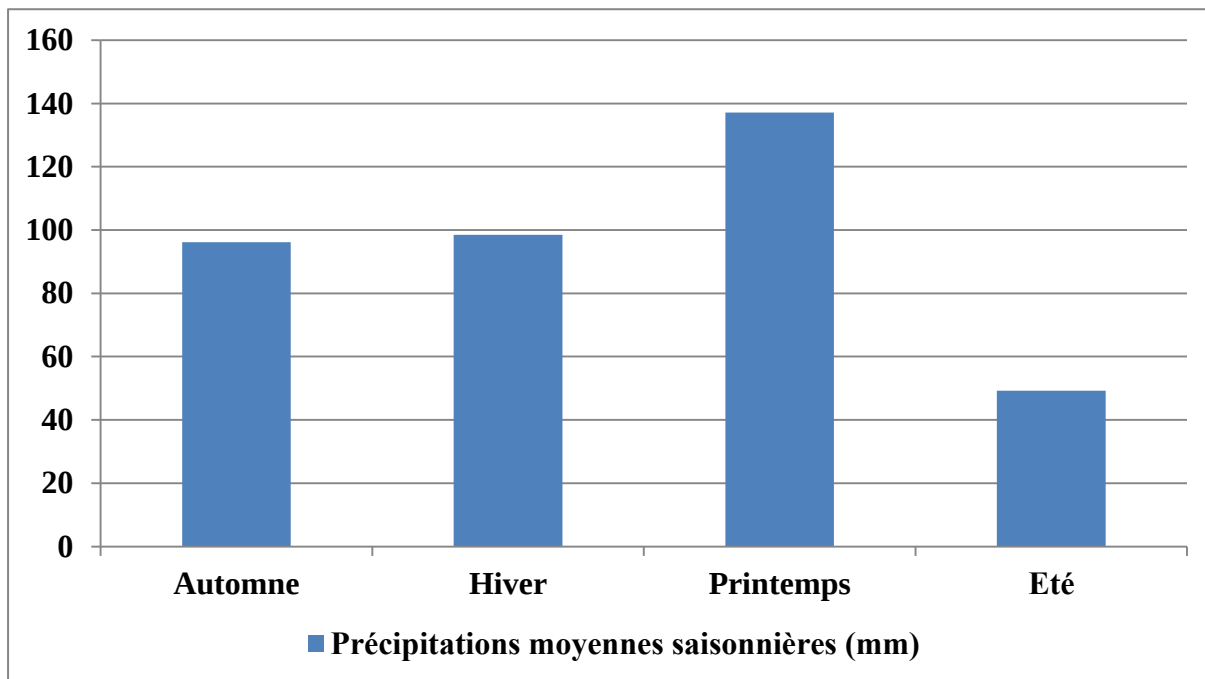


Figure N° 20 : Précipitations moyennes saisonnières 2006/2016 (mm)

III-2-3/ Variation annuelle

Une très grande irrégularité et variabilité interannuelle caractérisent les précipitations.

Les valeurs moyennes annuelles de pluviosité révèlent un module calculé sur une longue période de 10 ans de l'ordre de 381.14 mm à la station d'Oum El Bouaghi.

L'examen des précipitations annuelles (Figure N° 21) montre que l'année la plus humide sur les 10 années est l'année 2010/2011 avec une pluviométrie de 529.9 mm correspondant à un excès pluviométrique.

Tableau N° 08 : Précipitations moyennes annuelles (2006/2016)

Années	2006 / 2007	2007 / 2008	2008 / 2009	2009 / 2010	2010 / 2011	2011 / 2012	2012 / 2013	2013 / 2014	2014 / 2015	2015 / 2016
Précipitations moyennes annuelles (mm)	374,3	387,5	519,7	337,1	529,9	365,2	330,9	346,8	366,9	239,7

(Source : O.N.M Oum El Bouaghi, 2016)

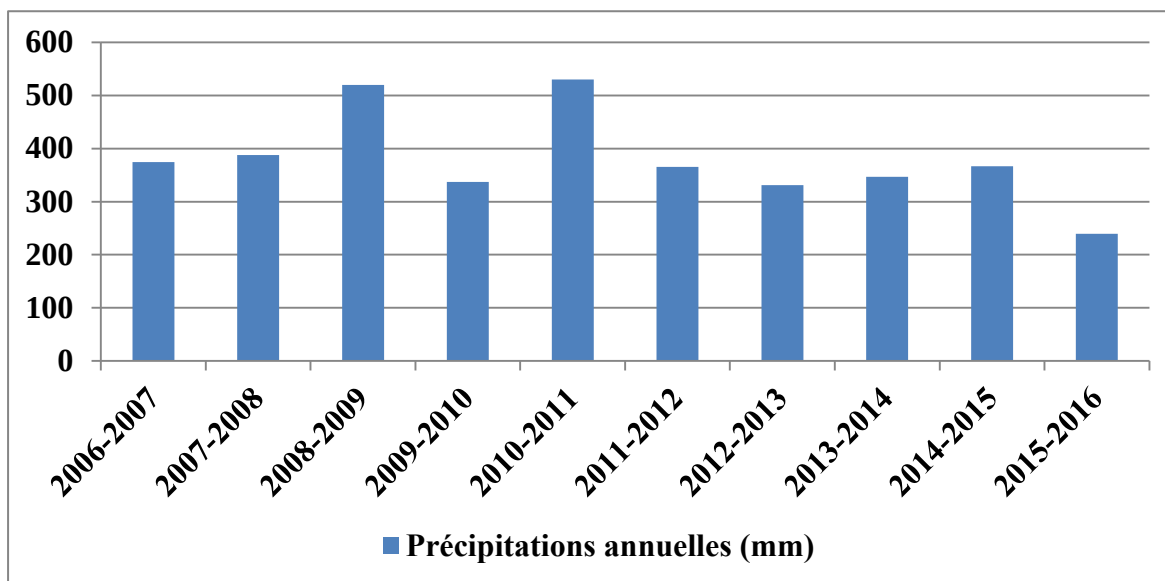


Figure N° 21 : Précipitations moyennes annuelles 2006/2016 (mm)

III-3/ L'humidité relative de l'air

Les données de l'humidité relative pour la décennie (2006/2016) sont représentées dans le tableau N° 09.

L'humidité relative est assez élevée et varie entre 48,9 % au mois de juillet à 76,05 % au mois de décembre.

Tableau N° 09: Humidité relative de l'air 2006/2016 (%)

Mois	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep
H max (%)	90,3	93,6	96,1	96,3	95,4	90,3	93,6	89,2	81	73,8	75,8	86,6
H min (%)	40,1	49	56	53,3	50,6	46,7	42,6	35,8	28,1	24	23,8	33,6
H moy (%)	65,2	71,3	76,05	74,8	73	68,5	68,1	62,5	54,55	48,9	49,8	60,1

(Source : O.N.M Oum El Bouaghi, 2016)

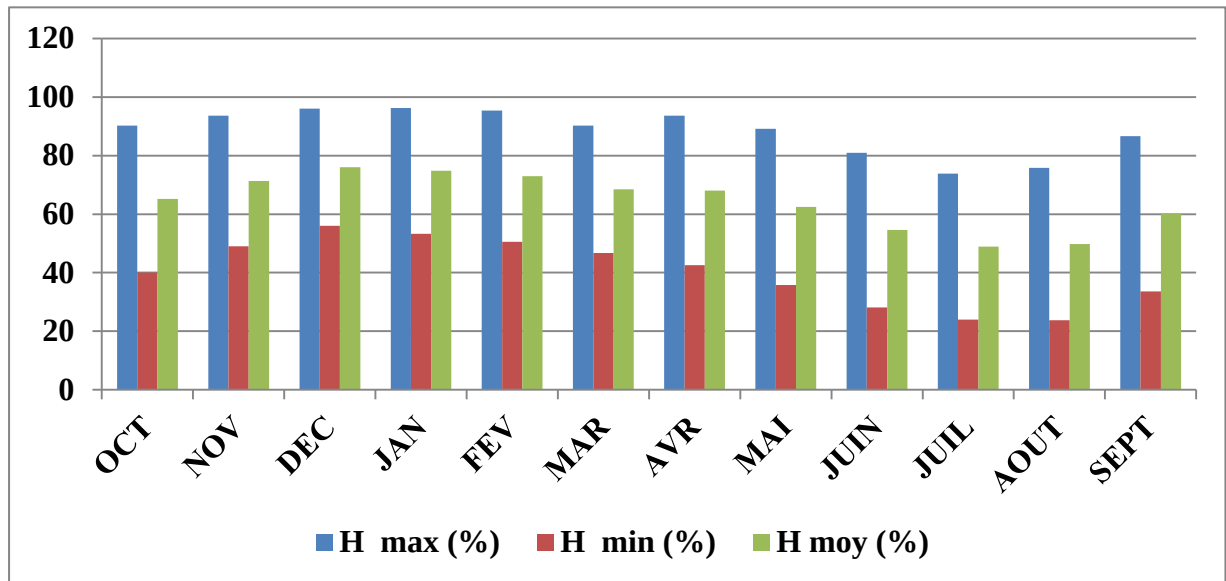


Figure N° 22 : L'humidité relative de l'air 2006/2016 (%)

III-4/ Vent

La vitesse du vent varie entre 1,72 m/s comme vitesse moyenne minimale et 5,05 m/s comme vitesse moyenne maximale (Tableau N° 10).

III-5/ Evaporation

L'évaporation est élevée et varie entre 238,57 mm au mois de Juillet et 41,21 mm au mois de décembre (Tableau N° 10).

Tableau N° 10 : Vitesse du vent et évaporation 2006/2016

Mois	Vitesse du vent a 10 m (m/s)	Vitesse du vent à 2m (m/s)	Evap en (mm)
Oct	2,24	1,72	109,52
Nov	2,49	1,92	61,3
Dec	2,36	1,82	41,21
Jan	2,75	2,12	44,33
Fev	3,34	2,57	51,47
Mar	3,11	2,39	71,09
Avr	6,56	5,05	89,92
Mai	2,96	2,28	130,25
Jui	2,92	2,25	195,06
Juil	2,78	2,14	238,57
Aout	2,73	2,10	215,72
Sep	2,57	1,98	133,19
Total	36,81	28,34	1381,63
Moyenne	3,07	2,36	115,14

(Source : O.N.M Oum El Bouaghi, 2016)

Remarque : la vitesse du vent est convertie de 10 à 2 m, où elle est multipliée par le facteur de correction (0,77) qui correspond à la hauteur de 10 m.

III-6/ La neige, la grêle, les gelées et le sirocco

Elles représentent un facteur grave lorsqu'elles se manifester en plein période végétative de la pomme de terre.

La neige est un phénomène fréquent durant la période Décembre à Avril. En effet on note durant la période 2006/2016 seulement une moyenne de 6.9 jours de neige.

Les gelées sont plus représentées durant la période de Novembre jusqu'à Avril avec une moyenne de 34.5 jours et peuvent se manifester provoquant le jaunissement des feuilles et leur destruction.

Deux phénomènes assez rares dans la région (La grêle et le sirocco), avec une moyenne respectivement de 0.8 et 0.9 jours. (Tableau N° 11)

Tableau N° 11: Nombre de jours de la neige, la grêle, les gelées et le sirocco.

Mois	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept
Neige	0	0	0,90	1,40	3,00	1,40	0,20	0	0	0	0	0
Gelées	0	1	9,90	10,6	9	3,7	0,3	0	0	0	0	0
Grêle	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0	0	0,2	0,1
Sirocco	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0,1	0,1	0

(Source : O.N.M Oum El Bouaghi, 2016)

III-7/ Synthèse climatique

L'étude du climat portera sur les données de la station O.N.M d'Oum El Bouaghi pour la période de 2006 - 2016.

III-7-1/ Diagramme ombrothermique de GAUSSEN (1953)

Pour Gausсен et Bagnouls, un mois sec est celui où le total moyen des précipitations exprimées en mm est inférieur au double de la température moyenne exprimée en °C; le diagramme pluviométrique établit grâce à cette relation montre l'importance des saisons sèches et humides en durée et en intensité: quand la courbe des températures passe au-dessus de celle des précipitations il s'agit d'un mois sec, dans le cas contraire il s'agit d'un mois humide.

L'analyse du diagramme ombrothermique de la station O.N.M d'Oum El Bouaghi (figure N° 23) montre l'existence de deux périodes, une période d'aridité qui dure cinq mois, elle s'étale du mois de Juin jusqu'au mois d'Octobre et une période pluviale qui couvre le reste des mois de l'année.

La figure N° 23 représente, le diagramme ombrothermique de Gausсен et Bagnouls de la station ITCMI d'Oum El Bouaghi.

Tableau N° 12 : Précipitation moyennes mensuelle et température moyenne mensuel

Mois	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep
Précipitation moyennes mensuelle (mm)	33,03	23,32	30,44	34,08	34,02	48,03	38,73	50,42	11,26	13,43	24,52	39,86
Température moyenne mensuel (C°)	17,60	11,35	7,28	6,96	7	9,75	13,69	17,48	21,87	26,41	25,96	21,9

(Source : O.N.M Oum El Bouaghi, 2016)

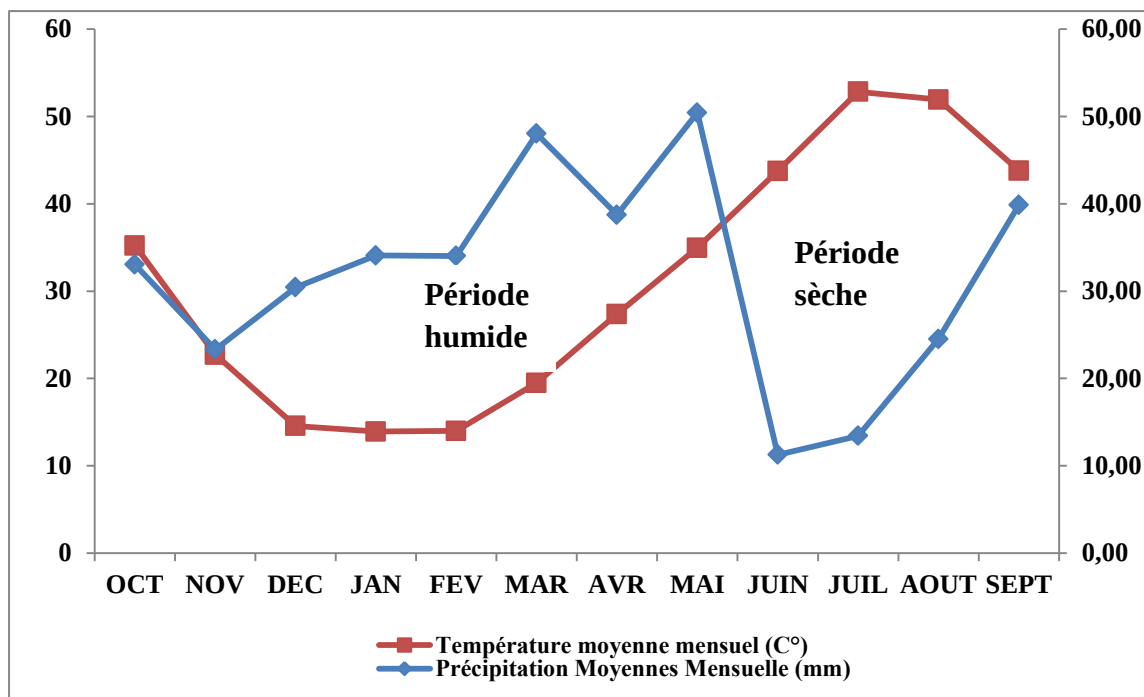


Figure N° 23 : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN(1953)

III-7-2/ Indices climatiques

III-7-2-1/ Indice d'aridité mensuelle de DE MARTONNE

$$i = 12P / (t + 10)$$

P et t représentent respectivement la précipitation et la température du mois considéré.

Tableau N° 13 : Indice d'aridité mensuelle de DE MARTONNE

Mois	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
T (°C)	17,61	11,36	7,29	6,96	7,00	9,75	13,69	17,48	21,88	26,42	25,97	21,90
P (mm)	33,03	23,32	30,44	34,08	34,02	48,03	38,73	50,42	11,26	13,43	24,52	39,86
i	14,36	13,10	21,13	24,11	24,01	29,18	19,62	22,02	4,24	4,43	8,18	14,99

(Source : O.N.M Oum El Bouaghi, 2016)

III-7-2-2/ Indice d'aridité annuelle de DE MARTONNE

$$I = P / (T + 10)$$

P : est la précipitation annuelle P = 381,14 mm/an

T : est la température moyenne annuelle T = 15,61 C°

I = 14, 88 C°

I < 5 climat hyperaride

5 < I < 7, 5 climat désertique

7,5 < I < 10 climat steppique

10 < I < 20 climat semi-aride

20 < I < 30 climat tempéré

IV/ Caractéristiques analytiques de sol

L'analyse du sol permet la connaissance des caractéristiques du sol. Elle permet également de lui adopter au mieux les techniques culturales notamment la fertilisation.

Afin de caractériser le sol de notre parcelle expérimentale nous avons effectué, des analyses physico-chimiques de quatre échantillons prélevées à deux profondeurs différentes, 0 à 10 cm et 10 à 25 cm dont les résultats sont portés dans le tableau N° 14.

Tableau N° 14 : Résultats d'analyses de sol

Désignation	Résultats		Méthode d'analyse
	0 à 10 cm	10 à 25 cm	
pH	8.07	7.94	pHmètre
Conductivité électrique CE (ds/m)	0.26	0.27	Conductimètre
Calcaire total (%)	17.25	17.25	Méthode gazométrique
Calcaire actif (%)	11.50	10	Druano et Galpe
Carbone (%)	2.66	2.94	Walkely-black
Matière organique (%)	1.03	3.92	/
Azote total (%)	1.28	1.59	Kdjeldahl
C/N	2.71	4.2	/
Phosphore assimilable (ppm)	84.85	88.58	Jorrey Hébert
Potassium assimilable (mg/100 g)	67.74	72.65	
C.E.C (méq/100 g)	44.80	50.40	Méthode internationale par centrifugation
Bases échangeable (méq/100 g)			Spectrophotomètre à flamme
K⁺	1.73	1.86	
Na⁺	3.17	3.17	
Ca⁺⁺	19.58	15.41	Spectrophotomètre à absorption atomique
Mg⁺⁺	5.95	5.11	
Granulométrie			
Argile (%)	43.57	44.50	Méthode internationale (pipette de robinson)
Limon (%)	39.34	50.07	
Sable fin (%)	15.46	13.12	
Sable grossier (%)	1.63	1.54	

(Source : I.T.C.M.I, 2014)

Les résultats obtenus des analyses physico-chimiques de la parcelle montrent que :

- Le sol de cette parcelle est de texture argilo-limoneuse a niveau des deux horizons, avec une teneur moyenne en matière organique pour les deux profondeurs.
- selon les résultats d'azote que nous avons obtenus, nous trouvons que le sol de cette parcelle est très riche en azote pour les deux profondeurs (1.28 % et 1.59 %).
- Le rapport C/N est inférieur à 10 (0.46 et 1.43) ce qui signifie une bonne activité biologique pour un sol calcaire (Soltner, 2000).
- Le sol est calcaire.
- Le sol est riche en phosphore assimilable et en potassium échangeable au niveau des deux profondeurs.
- La CEC est très élevée pour les deux profondeurs. Cette dernière est due à la teneur de notre sol en argile et en limon (Soltner, 2000).
- La conductivité électrique est faible.
- Le rapport limon/argile = 0.90 pour l'horizon 0 à 10 cm et 1.12 pour l'horizon 10 à 25 cm. Ces valeurs sont inférieures à 2, on peut considérer ici une stabilité structurale assez satisfaisante bien qu'il soit un sol relativement lourd.

V/ L'eau

V-1/ Résultats d'analyses chimiques d'eau d'irrigation

Tableau N° 15 : Analyses chimiques d'eau d'irrigation

N° Puits	pH	CE ds/m	K mg/l	Na ⁺ mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	SAR mg/l	RSS g/l
1	6.94	1.94	2.47	25.04	47.05	23	0.73	1.5
3	7.13	1.83	0	25.04	47	24	0.73	1.6
4	7.15	1.16	0	19.16	26	13	0.76	0.9

(I.T.C.M.I - Oum El Bouaghi, 2014)

R.S.S résidu sec soluble

S.A.R coefficient d'absorption de sodium

Le diagramme de classification des eaux d'irrigation (Clement et Galand, 1979), permet de classer l'eau des trois puits dans la classe C₃S₁, correspondant à une qualité moyenne à médiocre, dont l'utilisation doit être pratiquée avec précaution et nécessite un drainage de sol éventuellement.

I/ Historique de la pomme de terre

La pomme de terre est entrée dans l'histoire il y a environ 8000 ans près du Lac Titicaca, à 3800 mètres d'altitude, dans la cordillère des Andes, à la frontière entre la Bolivie et le Pérou (Anonyme, 2008).

Au XVI^{ème} siècle, les conquistadores espagnoles pensaient amener en Europe de l'or trouvé au Pérou, mais ce qu'ils ramenaient en fait, était de la pomme de terre (Oswaldo, 2010).

Cependant, la date exacte de son introduction n'est pas connue, il est probable que sa première culture sur le vieux continent ait eu lieu vers 1570 en Espagne.

La pomme de terre a longtemps été considérée comme l'aliment des pauvres et des animaux. Le premier pays d'Europe où la pomme de terre fut installée dans les mœurs est l'Irlande, qui était un pays très pauvre à l'époque (Thorz, 2000).

Au début du XVIII^{ème} siècle, les émigrants Irlandais apportèrent le tubercule aux États-Unis, qui fut dénommé la pomme de terre Irlandaise. Ce n'est seulement qu'à partir du XVIII^{ème} siècle, que la culture de la pomme de terre fut implantée en Europe. Ce n'est qu'au XIX^{ème} siècle qu'elle connaît un réel succès, grâce à son rôle déterminant dans la révolution industrielle. En effet, cet aliment bon marché et abondant convenait parfaitement aux ouvriers (Oswaldo, 2010).

Selon Meziane (1991), en Algérie, la pomme de terre a probablement été introduite une première fois au XVI^{ème} siècle par les Maures andalous qui ont propagé les autres cultures dans la région, mais n'ayant pas suscité d'intérêt, elle est tombée dans l'oubli. Au cours de la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle, la pomme de terre sera cultivée par les colons pour leur propre besoin, car les Algériens avaient une réticence vis-à-vis de cette culture. Ce n'est que vers les années 30 et 40 que cette opposition prend fin, lors de la dernière grande famine.

II/ Botanique et Taxonomie

La pomme de terre est une plante dicotylédone annuelle de la famille des solanacées dont l'espèce commune blanche cultivée a pour nom latin *Solanum tuberosum* L.

Botaniquement, la tige pouvant atteindre 1 m de longueur, est dressée ou prostrée et porte des feuilles pointues et des fleurs dont la couleur varie du blanc au violet. Le fruit est

une baie de la taille d'une cerise et comporte de nombreuses graines. Le tubercule oblong, rond ou réniforme, est l'organe de réserve de la plante, où vont s'accumuler les sucres.

Le tubercule, qui se forme à 15 cm environ sous le sol, est rattaché à la tige souterraine (stolon) par l'une de ses extrémités, le talon. À l'autre extrémité, se trouve la couronne, qui porte les yeux (bourgeons), disposés selon une hélice plus ou moins régulière (Kleinkopf, 1983).

Le nom botanique de la pomme de terre est *Solanum tuberosum*. Il a été donné par Gaspar Bauhner (1560-1624), naturaliste suisse en 1595 (Oswaldo, 2010).

La pomme de terre (*S. tuberosum* L.) appartient à la famille des Solanacées. Le genre *Solanum* est très vaste, il regroupe environ 2000 espèces, entre-autre la tomate, l'aubergine, le tabac...etc (Hawkes, 1990). Il y a cependant une forte concentration d'espèces en Amérique centrale, dont 200 espèces sont tubéreuses (Rousselle et al, 1996).

Selon Rousselle et al. (1996), au cours du XVIème siècle, la pomme de terre avait plusieurs dénominations scientifiques:

<i>Archidna papas pernuanorum</i>	Deleclu (1601)
<i>Papus orbiculatus</i>	John Gerard (1596)
<i>Battata virginiana</i>	John Gerard (1597)
<i>Papus orbiculatus</i>	John Gerard (1599)

Selon la classification de Cronquist (1981), la pomme de terre appartient au:

Règne:.....plantae
 Sous-règne:.....Tracheobionta.
 Division:.....Magnoliophita
 Classe:.....Magnoliopsida
 Sous-classe:.....Asteridae
 Ordre:.....Solanales
 Famille:.....Solanaceae
 Sous-famille:.....Solanoideae
 Genre:.....*Solanum*
 Espèce:.....*Solanum tuberosum* L.

III/ Origine génétique

Les différentes espèces de pomme de terre cultivées, toutes inscrites dans la série Tuberosa (avec d'autres espèces sauvages) sont originaires d'Amérique du sud. Le nombre de chromosomes de base est 12 et des espèces allant de diploïdes ($2n = 24$) jusqu'à des pentaploïdes ($2n = 60$) sont trouvées.

L'espèce cultivée actuellement hors d'Amérique du sud serait une sous-espèce, *S. tuberosum ssp.*, par sélection au fil des siècles pour l'adaptation aux jours longs (Rousselle et al., 1996).

IV/ Cultivars

Selon des études récentes, *S. tuberosum* est divisée en deux groupes de cultivars légèrement différents:

- Andigenum: cultivée plus particulièrement dans les Andes, elle est adaptée aux jours courts.
- Chilotanum: appelée également pomme de terre «Européenne», aujourd'hui cultivée dans le monde entier. Selon Anonyme (2008), ce groupe est issu des cultivars andins introduit initialement au Chili, puis, en Europe au cours XIX^{ème} siècle.

V/ Biologie de la plante**V-1/ Caractéristiques morphologiques**

La pomme de terre est une plante herbacée, vivace par ses tubercules, mais cultivée en culture annuelle le plus souvent. (Rousselle et *al.*, 1996)

V-1-1/ Système aérien**V-1-1-1/ Les tiges**

Vertes, proviennent du développement des yeux du tubercule-mère. Elles sont au nombre de 02 à 10, ayant un port plus ou moins dressé et une section irrégulière et souvent munies d'ailes (Soltner, 1986). Elles atteignent une longueur de 70 cm, parfois plus (Bekkari, 1991).

V-1-1-2/ Les feuilles

Composées, permettent par leur différence d'aspect et de coloration de caractériser les variétés (Bekkari, 1991).

La feuille est constituée de grandes folioles latérales primaires, insérées le long du rachis qui se termine par une foliole unique.

En plus des folioles primaires, il peut y avoir :

- Des folioles secondaires s'insérant au même niveau que les précédents.
- Des folioles intercalaires se trouvant entre chaque paire de folioles primaires.
- Foliolules s'insérant sur la base des folioles primaires. (Rousselle et *al.*, 1996).

Toutes les parties vertes de la pomme de terre, principalement les feuilles contiennent un glycoalcaloïde toxique : la solanine. (Rousselle et *al.*, 1996).

V-1-1-3/ Les fleurs

Apparaissent à l'extrémité des tiges, elles peuvent être de couleur blanche, rose ou violette. Elles donnent des fruits sous forme de baies contenant des graines qui ne sont utilisées qu'en amélioration génétique, afin d'obtenir de nouvelles variétés. (Roger et Michel, 1980).

V-1-2/ Système souterrain**V-1-2-1/ Les racines**

Le système racinaire de la pomme de terre est bien développé, la plupart des racines sont situées de 30 à 40 cm ; mais d'autres peuvent atteindre plus d'un mètre dans un sol suffisamment meuble (Bekkari, 1991).

V-1-2-2/ Les tiges souterraines

Rhizome ou stolon, sont courtes et leurs extrémités se renflent en tubercules. (Soltner, 1986).

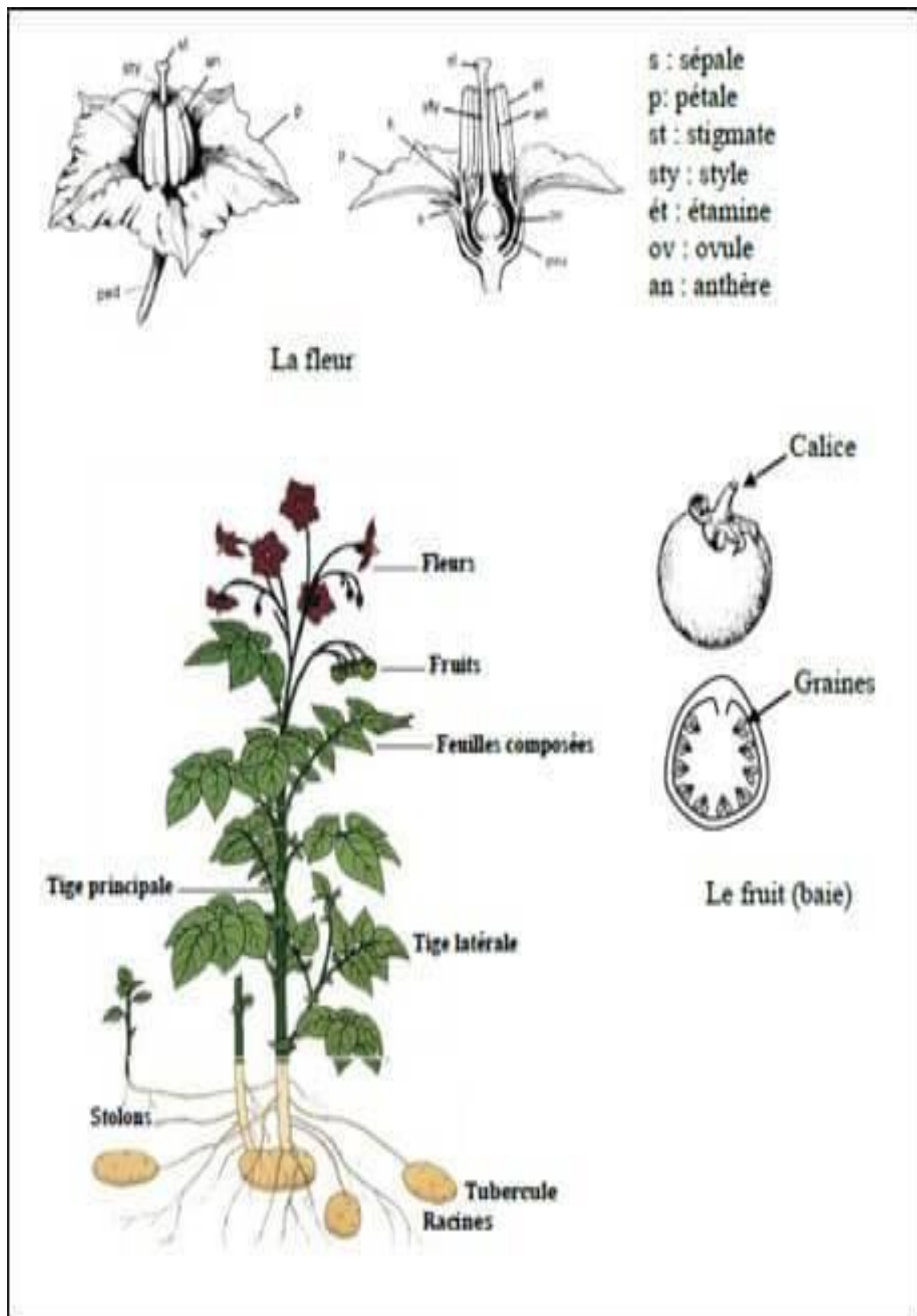
Les stolons sont des tiges latérales qui se développent à partir des bourgeons de la partie souterraine des tiges. (Cherifi, 1995).

V-1-2-3/ Les tubercules

Ne sont qu'une portion de stolon adaptée au stockage de réserves. L'extrémité apicale est appelée « couronne » et le « talon » est attaché au stolon.

Les yeux sont régulièrement disposés, tout au long du tubercule et plus fréquents dans la région de la couronne. (Rousselle et *al.*, 1996).

La forme, la texture de la peau, la couleur de la chaire des tubercules ainsi que la forme et le développement des germes sont des caractères servant à identifier les variétés. (Soltner, 1986).



Source : (Soltner, 2005)

Figure N° 01 : Description végétale et terminologie de la pomme de terre

V-2/ Caractéristiques physiologiques

Le cycle de développement de la pomme de terre comprend quatre étapes principales à partir de la récolte des tubercules :

V-2-1/ Le repos végétatif

A la récolte, le tubercule est incapable de germer même placé dans des conditions de température et d'humidité. (Soltner, 1999). La longueur de cette période dépend :

- ✓ De la variété ;
- ✓ Du degré de maturité à la récolte ;
- ✓ Des températures de conservation ;
- ✓ De l'endommagement mécanique du tubercule ou maladie. (Vander Zaag, 1980).

V-2-2/ La germination

Selon Ellisseche (2008), lorsqu'un tubercule est placé dans des conditions d'environnement favorables (16 à 20°C, 60 à 80 % d'humidité relative) aussitôt après la fin de son repos végétatif, il commence à germer. Après une évolution physiologique interne les tubercules deviennent capables d'émettre des bourgeons, une évolution interne du tubercule conduit d'abord à un seul germe qui se développe lentement et dans ce cas c'est toujours le germe issu du bourgeon terminal qui inhibe les autres bourgeons : ce phénomène est la dominance apicale (Soltner, 2005 a). Puis un petit nombre de germes à croissance rapide se développent. Ensuite un nombre de plus en plus élevé de germes démarrent, traduisant une perte progressive de la dominance apicale. Ils s'allongent lentement, se ramifient, deviennent filiformes et finalement tubérisés (Bernhards, 1998).

La croissance des germes présente trois grandes phases :

V-2-2-1/ Stade de croissance lente

Elle commence par le développement d'un seul germe du bourgeon terminal dont la croissance sera relativement lente et qui inhibe les autres bourgeons. (Rousselle et *al.*, 1996).

On peut prévenir cette dominance apicale par :

a)-Le passage rapide de la conservation à froid aux conditions idéales de germination (température de 20°C et humidité élevée).

b)-La suppression du germe apical avant de mettre les tubercules dans des conditions favorables (Vander Zaag, 1980).

V-2-2-2/ Stade de croissance active

Elle se caractérise par un développement rapide d'un certain nombre de germes. C'est le stade optimum pour la plantation. **(Stade II)**

V-2-2-3/ Stade de croissance ralentie

Des germes de plus en plus nombreux, démarrent et s'allongent, se ramifient, deviennent filiformes et finalement tubérisent. **(Stade III)**. (Rousselle et *al.*, 1996). La formation directe d'un petit tubercule sans développement de la plante s'appelle le phénomène de « Boulage »

Au cours de la germination, la pulpe de la pomme de terre a un goût sucré, car l'amidon se transforme en sucres solubles qui peuvent alimenter les bourgeons au cours de la croissance.

V-2-3/ La croissance

Une fois le tubercule mis en terre au stade physiologique adéquat **(Stade II)**, des germes se transforment en tiges feuillées dont les bourgeons axillaires donnent au dessus du sol des rameaux et au dessous des stolons (Soltner, 1986).

V-2-4/ La tubérisation

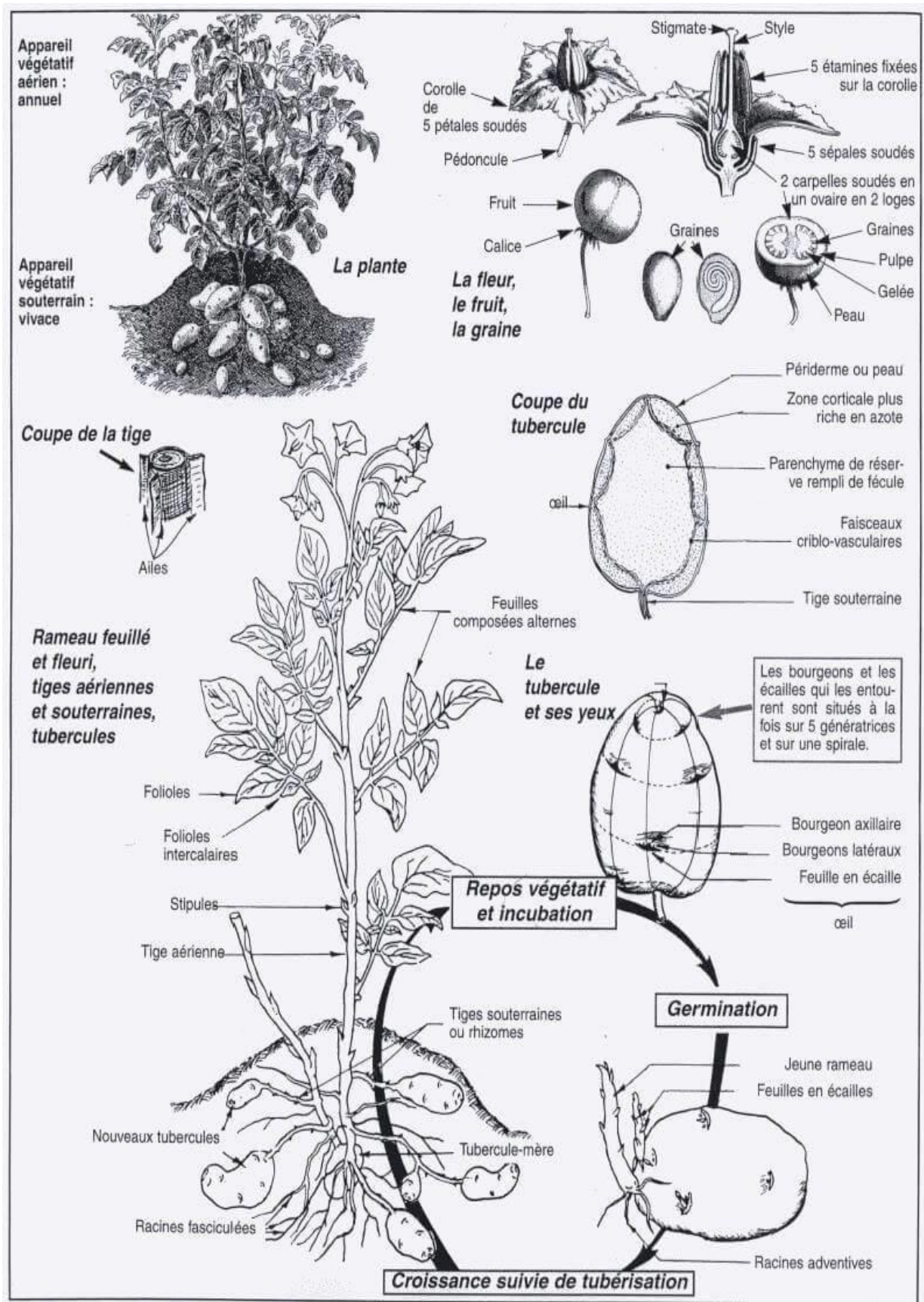
Selon la variété et le climat, au bout d'un certain temps l'élongation des stolons est progressivement stoppée et leurs extrémités se renflent pour former les ébauches de tubercules (Soltner, 1986).

La tubérisation est contrôlée par le feuillage, le tubercule mère et le climat (température et durée du jour). Durant la phase de croissance végétative, le feuillage et le tubercule mère synthétisent une substance hormonale réglant la croissance et la tubérisation.

La tubérisation est favorisée par des températures basses (17°C semble un optimum), elle est arrêtée dès que la température est supérieure à 29°C (Vilan, 1997).

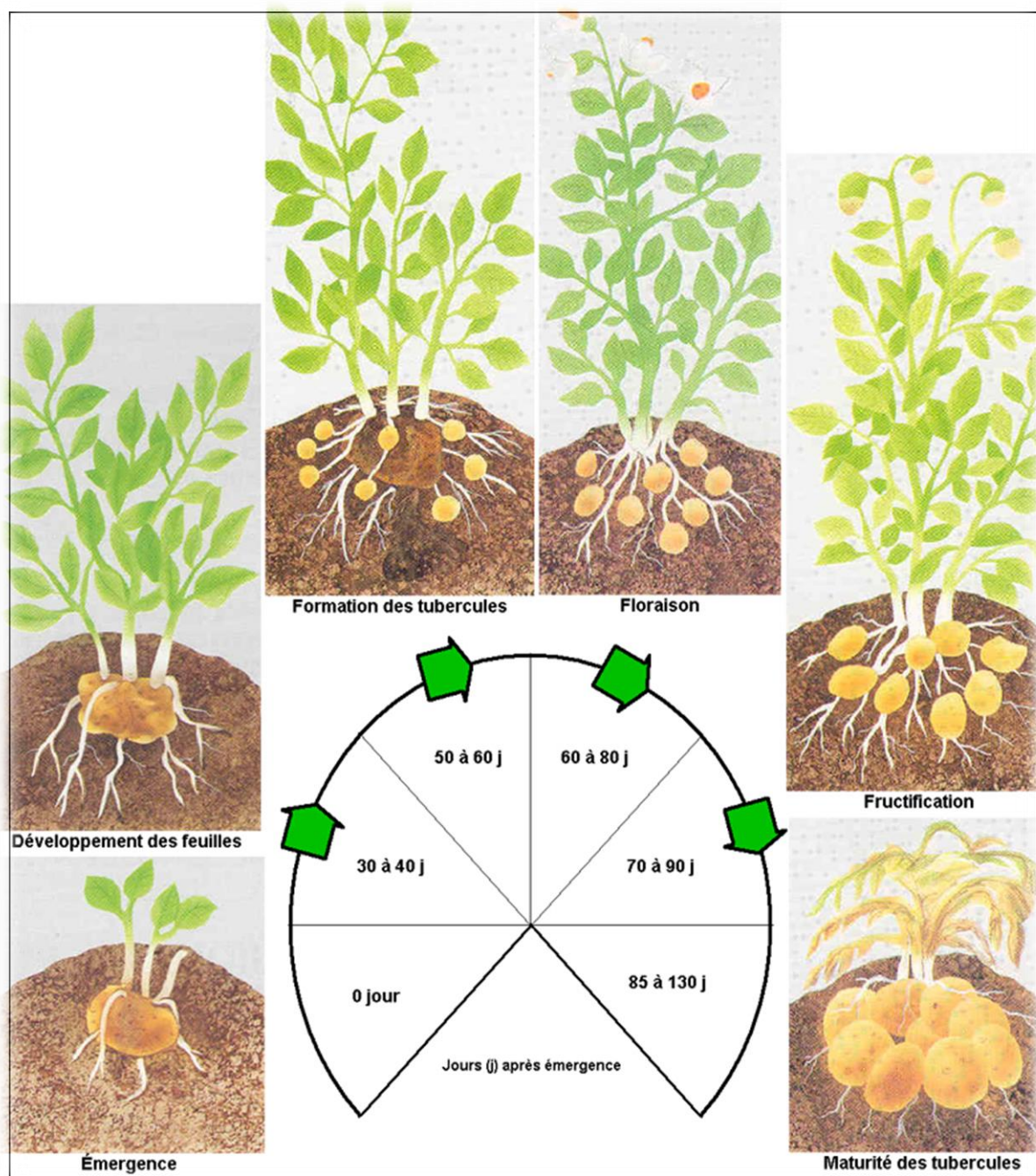
La fin du cycle de développement est marquée par un jaunissement et dessèchement des feuilles. Le poids des tubercules n'augmente plus, leur teneur en fécule est maximale. À partir de cette phase les tubercules entrent en repos végétatif (Bekkari, 1991).

La connaissance des caractéristiques (morphologiques et physiologiques) de la pomme de terre est indispensable pour connaître éventuellement les effets positifs et/ou négatifs des différents facteurs externes agissant sur la qualité et/ou la quantité de la production.



Source : (Soltner, 1999)

Figure N° 02 : Caractéristiques morphologiques et cycle végétatif de la pomme de terre



Source : (Soltner, 2005)

Figure N° 03 : Stades de développement de la pomme de terre

VI/ Les exigences agro-écologiques de la pomme de terre**VI-1/ Exigences climatiques****VI-1-1/ Besoins en température**

La croissance et la production des tubercules sont étroitement liées à la température et au photopériodisme (Bekkari, 1991). Les hautes températures stimulent la croissance des tiges, par contre les basses températures favorisent davantage la croissance des tubercules (Chibane, 1999). Le zéro de végétation se situe entre 6 et 8°C (Vilan, 1997) et la plante gèle aux environs de 2°C (Skiredj, 2007).

Les températures optimales pour la croissance et la tubérisation sont de 20°C pendant le jour et 15°C pendant la nuit. (Skiredj, 2007).

Une élévation importante de la température (+ 09°C) diminue la production des tubercules et cela à cause d'une augmentation du taux de respiration des parties aériennes pendant la nuit au détriment de l'accumulation des carbohydrates dans les tubercules. (Laumonnier, 1979).

VI-1-2/ Besoins en lumière

La lumière intervient par son effet photopériodique dans l'induction de la tubérisation et par son intensité dans l'activité photosynthétique. (Combe, 1999).

La croissance végétative de la pomme de terre est favorisée par la longueur du jour (14 à 18 heures) une photopériode inférieure à 12 heures favorise la tubérisation. (Chibane, 1999).

Chaque variété possède une réaction à la photopériode qui lui est propre, ce qui permet de distinguer des variétés à longueur de jour basse (variété tardive) qui demandent à être plantées tôt. Les variétés à longueur de jour élevée (variétés hâtives et demi-hâtives) peuvent être plantées plus tard. En plantation précoce, elles tubérisent très rapidement et manifestent une faible vigueur végétative. (Soltner, 1999).

VI-1-3/ Besoins en eau

L'eau joue un rôle important dans la croissance de la plante en assurant les mécanismes suivants :

- La photosynthèse et la respiration.
- Le transport des sels minéraux et les produits de la photosynthèse.

-Transpiration et la régulation de la température des feuilles (Deumier, 1997).

La pomme de terre demande de l'eau à toutes les phases de sa végétation. Les besoins sont faibles au début, très importants au moment de l'initiation et grossissement des tubercules, puis redeviennent minimales pendant la maturation (Soltner, 1999).

Un déficit en eau, même de courte durée réduit les fonctions de la plante et par conséquent le rendement de 50 à 60%. (Anonyme, 1994)

De même l'excès d'eau provoque l'asphyxie des racines, la pourriture des tubercules, le développement des champignons et des bactéries ainsi que le lessivage des éléments nutritifs en particulier les engrais azotés (Anonyme, 1994).

Les apports irréguliers de l'eau influencent la qualité des tubercules en provoquant une croissance secondaire qui se manifeste par un étranglement des tubercules. (Chibane, 1999).

VI-2/ Les exigences édaphiques

La pomme de terre exige des sols meubles et profonds. Elle pousse bien dans les terres sableuses et les terres humifères toujours fraîches sans excès d'humidité (Roger et Michel, 1980).

Les terres silico-argileuses, humifères, meubles, aérées et fraîches, au pH compris entre 5 et 6,5 semblent les plus appréciées de la pomme de terre. (Soltner, 1986). En revanche, la pomme de terre craint les sols alcalins. Une alcalinité excessive du sol peut causer le développement de la galle commune sur les tubercules. La pomme de terre se développe mieux dans les sols à texture plus ou moins grossière (texture sablonneuse ou sablo-limoneuse) que dans les sols à texture fine et battante (texture argileuse ou argilo-limoneuse) qui limite le grossissement de tubercules. (Chibane, 1999).

En général, un sol léger, meuble, profond et riche en matière organique et en éléments fertilisants convient bien à la production de pomme de terre (Anonyme, 1981).

VII/ La culture de la pomme de terre

VII-1/ Les périodes de plantation de pomme de terre en Algérie

La pomme de terre peut être plantée et récoltée dans n'importe quelle région et n'importe quelle période de l'année. Elle est surtout cultivée sur la cote méditerranéenne à climat tempéré. On la trouve aussi à 500 mètres sur la montagne et les vallées entre le littoral et les monts de l'Atlas tellien ainsi que sur les hauts plateaux (Tableau N° 01)

Tableau N° 01 : Les périodes de plantation de la pomme de terre en Algérie.

Type de culture	Zone de production	Date de plantation
Culture d'extra-primeurs	Littoral Basses plaines	Septembre / Octobre
Culture de primeurs	Littoral Basses plaines	Novembre à début Janvier
Culture de demi-primeurs	Littoral Basses plaines	Janvier
Culture de saison	Littoral Basses plaines Hauts plateaux	Fin Janvier / Fin Mars Fin Janvier / Fin Mars Fin Février / Fin Avril
Culture d'arrière saison	Littoral Hauts plateaux	Juillet à Aout Mi Juin / Fin Juillet

Source : (Anonyme, 1981)

VII-2/ Place dans la rotation

La pomme de terre peut s'introduire dans la rotation sans problème majeur. Elle vient aussi bien après des plantes sarclées qu'après céréales et prairies. Il est nécessaire de lui réserver un précédent qui ne dégrade pas la structure du sol (Rousselle et *al.*, 1996).

Grace aux façons culturales de préparation du sol, d'entretien et de désherbage, la pomme de terre est un excellent précédent (blé, betterave, colza et même parfois maïs). Elle laisse une terre bien ameublie et propre (Anonyme, 1995).

Il est recommandé de l'introduire dans la rotation une fois tous les 5 à 6 ans, pas moins de 4 ans, afin d'éviter le développement de nématodes et de maladies (Rhizoctones, Gale, etc.), ainsi que la multiplication des repousses (Soltner, 1999).

VII-3/ Préparation du sol

La préparation du sol est une opération très importante qui conditionne la réussite d'une culture de pomme de terre. Un sol bien ameubli en profondeur (25 à 30 cm) permet une plantation aisée et facilite l'arrachage à la maturité des tubercules (Laumonnier, 1979).

Enfin, un bon travail de sol doit répondre à trois objectifs (Anonyme, 1995) :

- Une levée rapide et régulière, ainsi qu'un développement racinaire important et homogène pour puiser le maximum de réserves du sol.
- Ne pas remonter de mottes compactes au moment du buttage.
- Faciliter les opérations de récolte et éviter les risques d'endommagement des tubercules.

VII-4/ Choix de la semence et plantation

VII-4-1/ Choix de la semence

On utilise les tubercules sélectionnés, certifiés dont la vitesse de croissance est maximale au moment de plantation (Laumonnier, 1979).

En effet, la semence est classée selon sa pureté variétale et son état phytosanitaire en :

- Plants de pré-base : ils constituent les plants de départ.
- Plants de base : classe super-élites et élites issus de plants de pré-base.
- Plants certifiés : classe A et parfois B, issus de plants de base.

La production de pomme de terre de consommation provient principalement de matériel végétal de classe A et/ou B (Chibane, 1999).

Le calibre des tubercules a également un effet important sur le rendement. Les gros tubercules donnent des plantes qui produisent un plus grand nombre de tiges et de tubercules filles dont le rendement est plus élevé mais avec une proportion grande de petits et moyens tubercules. Par contre, les tubercules de petit calibre donnent moins de tiges et de tubercules filles et produisent un rendement moins élevé avec une proportion élevée de gros tubercules. La préférence est aux tubercules de calibre moyen (Soltner, 1999).

VII-4-2/ La pré-germination

C'est une technique qui permet d'obtenir des tubercules avec plusieurs germes trapus, vigoureux et colorés. Dont les avantages sont nombreux, elle permet :

- Une levée rapide (15 jours en moyenne).
- Avoir un champ homogène.
- Une maturité précoce.
- Des fanes plus vigoureuses et plus développées.
- Un rendement plus élevé.

-De reconnaître et éliminer les plants à germes grêles ou déformés.

Les plants (tubercules) doivent être mis en clayettes superposés, encaissés ou en tas (couche mince) sous un hangar ou dans un bâtiment éclairé et bien aéré. La lumière diffuse est une condition essentielle pour obtenir des germes bien réguliers, trapus et colorés de longueur inférieure à 02 centimètres.

Les facteurs influençant la pré-germination sont les suivants :

-La lumière : assure la formation des germes courts qui n'épuisent pas les tubercules et ne se cassent pas lors de la plantation (Roger et Michel, 1980).

-L'humidité : limite le flétrissement et renforce l'action de la température, l'optimum se situe entre 80 à 85 %.

-La température : plus la température de pré-germination est élevée plus la germination est rapide. La température recommandée est de 10 à 12 C°.

-Le calibre : les gros tubercules ont tendance à germer plus facilement que les petits (Anonyme, 2004).

VII-5/ La plantation

La période de plantation dépend de la zone de production, la nature de sol, des conditions climatiques et de la variété. Mais le plus important c'est la température et l'état de ressuyage du sol (Anonyme, 1994). La plantation devra se faire lorsque la température du sol à 8 heures du matin atteint 8 c° à une profondeur de 10 cm.

La plantation doit suivre immédiatement les opérations du travail de sol afin d'éviter le dessèchement du lit de plantation ou son tassement par les pluies (Anonyme, 1994). Elle peut se faire manuellement ou par une planteuse semi-automatique (Vander Zaag, 1980).

La pomme de terre doit être mise en terre à une faible profondeur environ de 10 cm, un peu plus dans un sol léger et un peu moins dans un sol lourd (Laumonnier, 1979).

Une profondeur trop grande la lavée expose les jeunes germes à l'attaque de rhizoctone (Rousselle, 1979).

Généralement, on place environ 4 plants / m² avec une distance de 75 cm entre les lignes et 33 cm dans la ligne (Vander Zaag, 1980). Pour une bonne occupation du sol 15 à 20 tiges / m² est un optimum recommandé (Chibane, 1999).

VII-6/ Les travaux d'entretien

Le travail superficiel, permet de maintenir le sol meuble en surface, d'agir sur l'économie de l'eau et détruire les mauvaises herbes (Eliard, 1979).

VII-6-1/ Le buttage

Selon Chibane, (1999) cette opération consiste à ramener la terre préalablement ameublie vers le billon pour former la butte dont le rôle est de :

- Favoriser la tubérisation (la terre est moins tassée dans la butte).
- Eviter le verdissement des tubercules et faciliter leur arrachage.
- Limiter la contamination des tubercules par le mildiou (Soltner, 1999).
- Assurer une bonne nutrition de la plante.
- Favoriser le grossissement des tubercules

Un buttage définitif peu être effectué dès la plantation, en particulier dans les terres sableuses se réchauffant rapidement. En général, il est préférable de butter en un ou deux passages après plantation surtout en terres argileuses ou limoneuse.

Le dernier buttage doit être effectué au plus tard, lorsque les touffes ont 15 à 20 cm de hauteur afin de ne pas ralentir leur croissance en sectionnant des racines et des stolons (ITCMI, 2008).

VII-6-2/ Le binage

Généralement assimilé au buttage et au sarclage (Anonyme, 1981). Il permet de maintenir le sol parfaitement exempt de mauvaises herbes, en complément des désherbages chimiques (Eliard, 1979).

Lors de binage, il faut veiller à ne pas endommager le système racinaire et les tubercules nouvellement formés (Chibane, 1999).

VII-6-3/ Le désherbage

Les interventions mécaniques sur une culture de pomme de terre permettent de lutter contre les mauvaises herbes, donc les opérations binage et buttage consistent en elles-mêmes un désherbage mécanique.

Cependant, ce dernier s'avère insuffisant dans des conditions climatiques aux mauvaises herbes d'où la nécessité d'un désherbage chimique pour limiter le développement des adventices (Anonyme, 1994).

Le désherbage chimique s'effectue avant la levée ou plus tard au moment de la levée. Les traitements doivent être réalisés par temps calme (sans vent) pour éviter une pulvérisation sur un seul des deux flancs de la butte (ITCMI, 2008).

VII-6-4/ L'irrigation

La pomme de terre exige une bonne humidité du sol à la récolte, en raison de la position superficielle des racines, la plante exige des irrigations fréquentes à faible dose (Anonyme, 1981).

Une irrigation bien conduite doit permettre d'apporter à la culture la quantité voulue au moment voulu.

D'après ITCMI (2008), les besoins en eau d'une culture sont fonction de trois facteurs :

- Les stades de développement de la culture.
- La nature du sol (texture).
- Les conditions climatiques.

Les quantités d'eau nécessaires à un hectare peuvent être estimées à environ :

- ✓ 2000 à 3000 m³ pour la pomme de terre de primeur ;
- ✓ 4000 à 6000 m³ pour la pomme de terre de saison ;
- ✓ 3000 à 4000 m³ pour la pomme de terre d'arrière saison.

D'après Skiredj, (2007) la pomme de terre présente trois phases importantes :

- La phase (1) : plantation – stolonisation, l'apport d'eau est obligatoire, car tout déficit hydrique entraîne une chute de rendement de 46 à 50 %.
- La phase (2) : fin de stolonisation – début grossissement des tubercules, phase plus critique que la première, l'apport d'eau doit être effectué au début du grossissement. Tout déficit hydrique pendant cette période ou quelques jours avant, entraîne une chute de rendement de 30 à 50 %.
- La phase (3) : plein grossissement des tubercules, n'est pas une phase critique si l'apport d'eau a été bien assuré pendant les phases (1) et (2). L'apport d'eau en phase (3) améliore le rendement.

En ce qui concerne la qualité d'eau, la pomme de terre est relativement sensible à la présence des sels. Avec 4 g / l de sels totaux, l'eau peut entraîner une réduction du rendement allant jusqu'à 50 % (Chibane, 1999).

En irrigation par billons, le débit doit être bien réglé afin d'éviter la destruction de la butte et mettre à découvert les tubercules ou provoquer l'asphyxie de la plante (Anonyme, 1981).

VII-7/ Les principaux maladies et ravageurs de la culture

La pomme de terre est sujette aux attaques parasitaires. Ainsi, elle peut contracter un ensemble de maladies fongiques ou bactériennes qui affectent tout ou une partie de la plante (racines, tiges, feuilles, tubercules) pendant la phase de végétation et/ou pendant la phase de conservation des tubercules. Les maladies présentent les aspects les plus divers, allant de la nécrose isolée du système végétatif, de l'altération superficielle à la pourriture destructive des tubercules. Elles sont provoquées par des agents fongiques (le mildiou, le rhizoctone brun, la gale argentée...) et bactériens (la jambe noire, la pourriture molle...) très différents à dissémination aérienne ou tellurique (ITCF, 1998). Selon qu'elle contracte une maladie en cours de végétation ou pendant la conservation, elle présente plusieurs aspects. Ainsi, en cours de végétation, elle concerne les niveaux que voici: partie souterraine des tiges et stolons, base des tiges aériennes (collet), attaque sur les tiges (possible à tous les niveaux), attaque sur les feuilles (feuilles du sommet de la tige enroulées et/ou décolorées), attaque sur les feuilles (feuilles décolorées ou tachées). S'agissant des affections intervenant pendant la conservation, elles se présentent par des affections superficielles planes et profondes des tubercules.

Le tableau suivant permet d'identifier les symptômes des différentes maladies et ravageurs les plus fréquents ainsi que les moyens de lutte.

Tableau N° 02 : Les principales maladies de la pomme de terre.

Les maladies	Causes	Symptômes	Illustration
Mildiou de la pomme de terre	Phytophthora infestant ce champignon se transmet par le vent	Brunissement de la base des tiges ou de portions de tige et de pétioles Taches jaunâtres devenant brunes sur les feuilles de la base.	
Virus X	Virus X .Ce virus transmet par frottement	Décoloration bénigne en forme de mosaïque légère entre les nervures.	
virus M	Virus M. Le vecteur de cette maladie sont les pucerons	Faible décoloration des nervures, folioles apicales. Légère coloration rougeâtre des feuilles terminales. Une ondulation des bords et la formation de taches en mosaïque	
Tache de rouille	Virus du ratte	Une coupe des tubercules montre des tissus morts sous forme de tache rouge-brun	

Rhizoctone brun	Rhizoctonia. Maladie fongique.	Attaques sévères sur les tiges et les stolons et enroulement des feuilles	
Bactéries pathogènes du genre Erwinia	Bactéries pathogènes du genre Erwinia, cette bactérie se transmet par la pluie, l'eau d'irrigation et les insectes.	La jambe noire (des nécroses de la base des tiges)	
Nématodes	Globodera rostochiensis et Globodera pallida	Mauvaise croissance du végétal Nanisme	
Puceron vert du pécher	Puceron vert du pécher	Déformation du limbe	
PLRV (potato leafroll virus)	Virus d'enroulement de la pomme de terre causé par l'accumulation d'amidon qui rend les feuilles dures.	Enroulement des feuilles Le nanisme de la plante	

VII-8/ La récolte

Lorsque les fanes jaunissent et que les tubercules se séparent facilement du rhizome, la plante arrive à la maturité (Anonyme, 2008).

La date de récolte est raisonnée de la manière suivante :

-Pour la pomme de terre de conservation : les tubercules sont arrachés à maturité complète afin d'assurer une bonne conservation.

-Pour le plant : il est indispensable de laisser les tubercules en terre pendant au moins trois semaines après la destruction des fanes, l'épiderme peut ainsi durcir ce qui augmente la résistance des tubercules aux endommagements mécaniques (Soltner, 1999).

Il est conseillé de récolter par un temps sec et éviter de laisser les tubercules trop exposés au soleil, situation favorable au développement des tâches noires et l'attaque par la teigne. Après la récolte seule les tubercules non blessés sont conservés et placés en couche mince en un milieu frais, non humide, aéré et à l'abri des gelées (Chibane, 1999).

Comme toutes les cultures, le rendement fourni par la pomme de terre est lié à un bon suivi de l'itinéraire technique, une bonne protection contre les maladies et les ravageurs et surtout la prise en compte des exigences de la plante : une température convenable, une bonne luminosité, pas d'excès ou une insuffisance en eau et un sol léger à pH compris entre 5,5 à 6,5.

La connaissance des caractéristiques biologiques de la pomme de terre est indispensable pour reconnaître éventuellement les effets négatifs ou positifs des différents facteurs externes qui agissent sur la croissance de la plante.

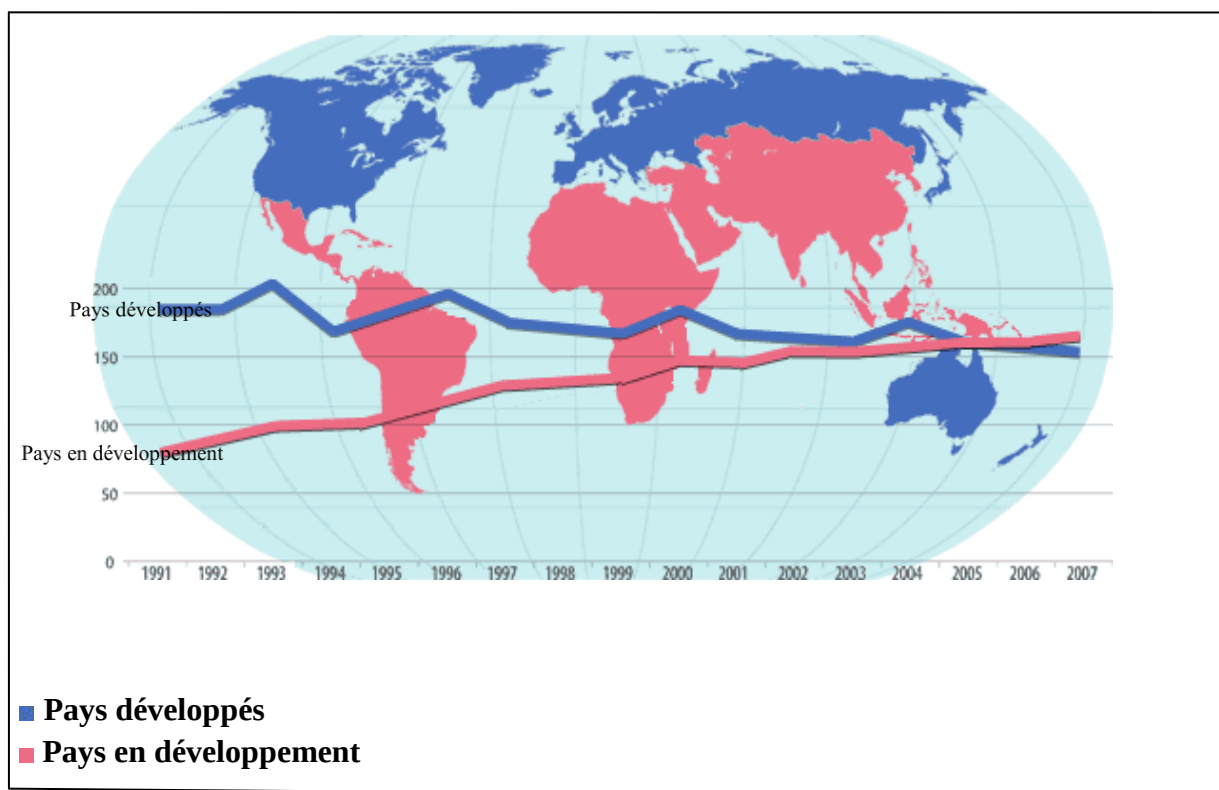
La pomme de terre présente un système aérien qui comporte des tiges vertes au nombre de 02 à 10, atteignant une longueur de 70 cm parfois plus, des feuilles composées permettent de caractériser les variétés par leur aspect et leur coloration, des fleurs contenant des grains utilisés seulement pour l'amélioration génétique.

Le système souterrain comporte des racines assez faibles, des tiges souterraines ou leurs extrémités se renflent en tubercules. ces derniers présentent des caractéristiques qui servent à identifier les variétés.

I/ L'importance de la culture de pomme de terre

I-1/ Dans le monde

D'après la FAO (2007), la production mondiale de la pomme de terre en l'an 2007 est de 325,30 millions de tonnes pour une superficie de 19,32 millions d'hectares avec un rendement moyen de 168 qx/ha.



Source (FAOSTAT, 2008)

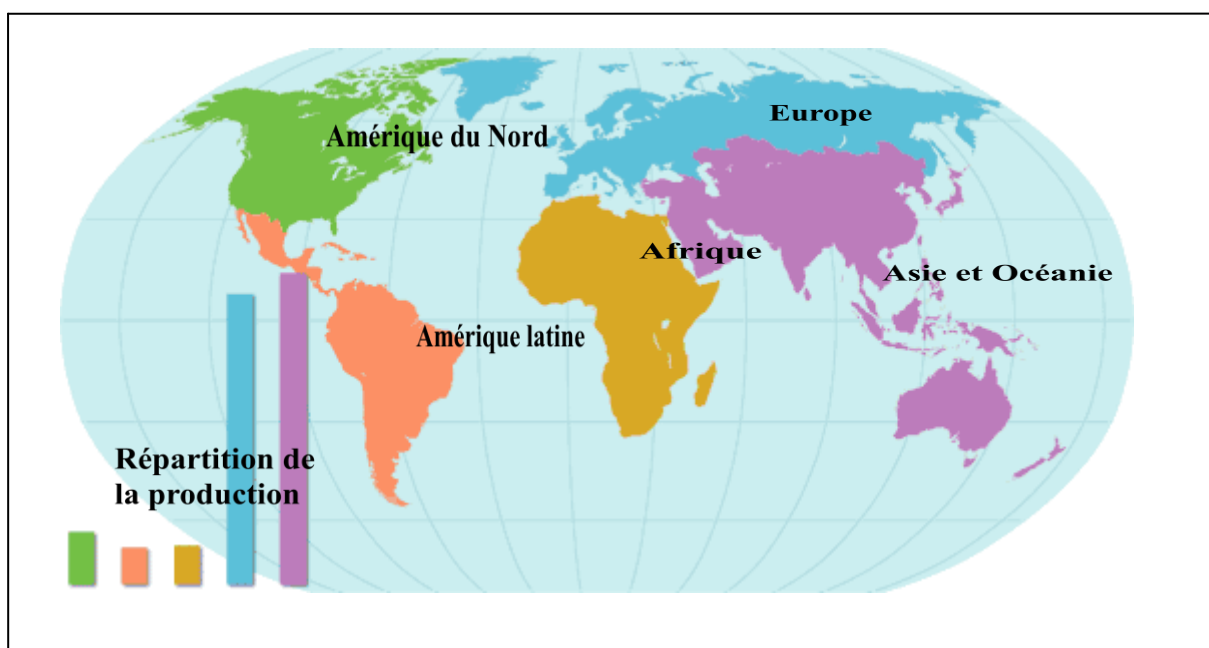
Figure N° 04 : Production mondiale de pomme de terre (1991-2007)

Le secteur de la pomme de terre est en pleine évolution. Jusqu'au début des années 90, la plupart des pommes de terre étaient cultivées et consommées en Europe, en Amérique du Nord et dans les pays de l'ex-Union Soviétique. Depuis lors, la production et la demande de pomme de terre ont enregistré une forte croissance en Asie, en Afrique et en Amérique latine, où la production est passée de moins de 30 millions de tonnes au début des années 60 à plus de 165 millions de tonnes en 2007. En 2005, pour la première fois, la production de la pomme de terre du monde en développement a dépassé celle du monde développé.

La Chine est devenue le premier producteur mondial de pommes de terre, et quasiment un tiers de tous les tubercules sont désormais récoltés en Chine et en Inde.

Cependant, entre 2009 et 2010, il est noté une quasi-stabilité des surfaces cultivées (+0,25%) et, dans le même temps, un recul du niveau de production (-2,3%). En 2010, 9 pays ont eu une production dépassant les 7 millions de tonnes. Les 11 pays les plus producteurs de la pomme de terre dans le monde sont la Chine, l'Inde, la Russie, l'Ukraine, les Etats-Unis, l'Allemagne, la Pologne et la France, comparativement à 2009, où seules la Chine, l'Inde, la Biélorussie et le Bangladesh ont connu une bonne dynamique de leur production.

En 2011, les 4 principaux producteurs de pomme de terre dans la zone de l'Union Européenne plus la Turquie sont la Pologne, l'Allemagne, les Pays-Bas et la France qui ont occupé 48% des surfaces et produit 54% des volumes (Barat et *al.*, 2012).

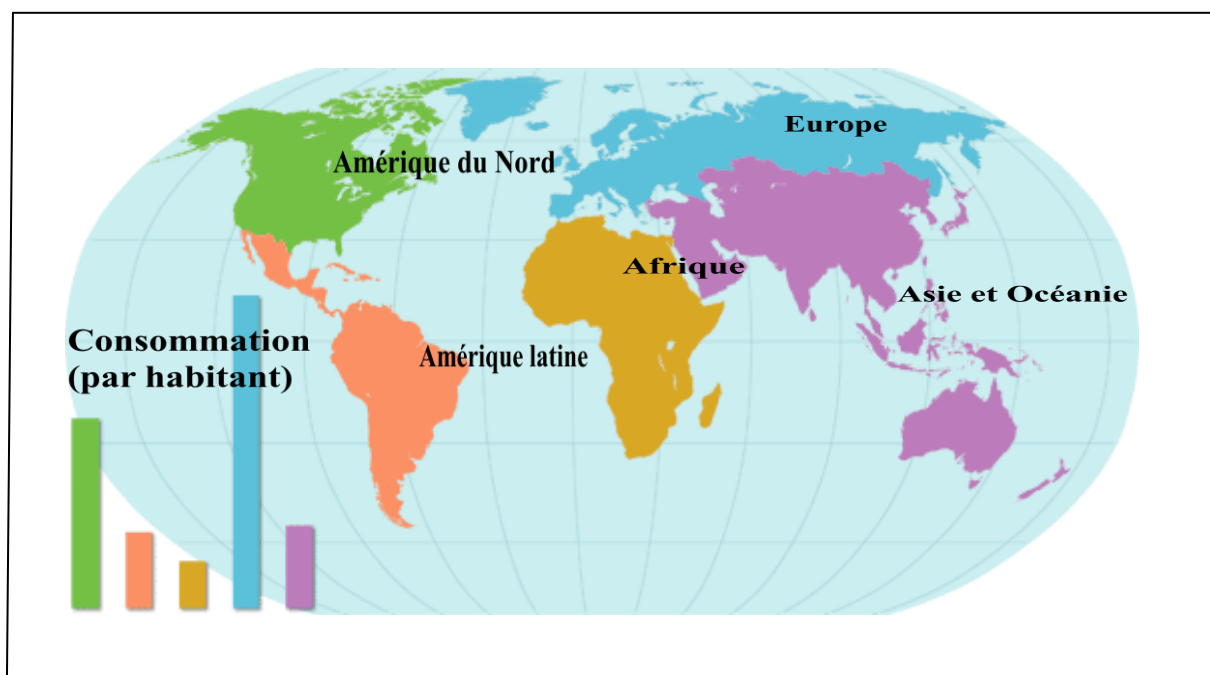


Source (FAOSTAT, 2008)

Figure N° 05 : Production de pommes de terre par région, 2007

L'Asie et l'Europe sont les deux principales régions productrices de pommes de terre du monde, elles ont fourni plus de 80% de la production mondiale en 2007. Bien que les récoltes de l'Afrique et de l'Amérique latine soient nettement inférieures, elles ont atteint leur niveau record.

C'est l'Amérique du Nord qui obtient de loin les rendements les plus élevés, avec plus de 36 tonnes par hectare.



Source (FAOSTAT, 2008)

Figure N° 06 : Consommation de pommes de terre par région, 2005

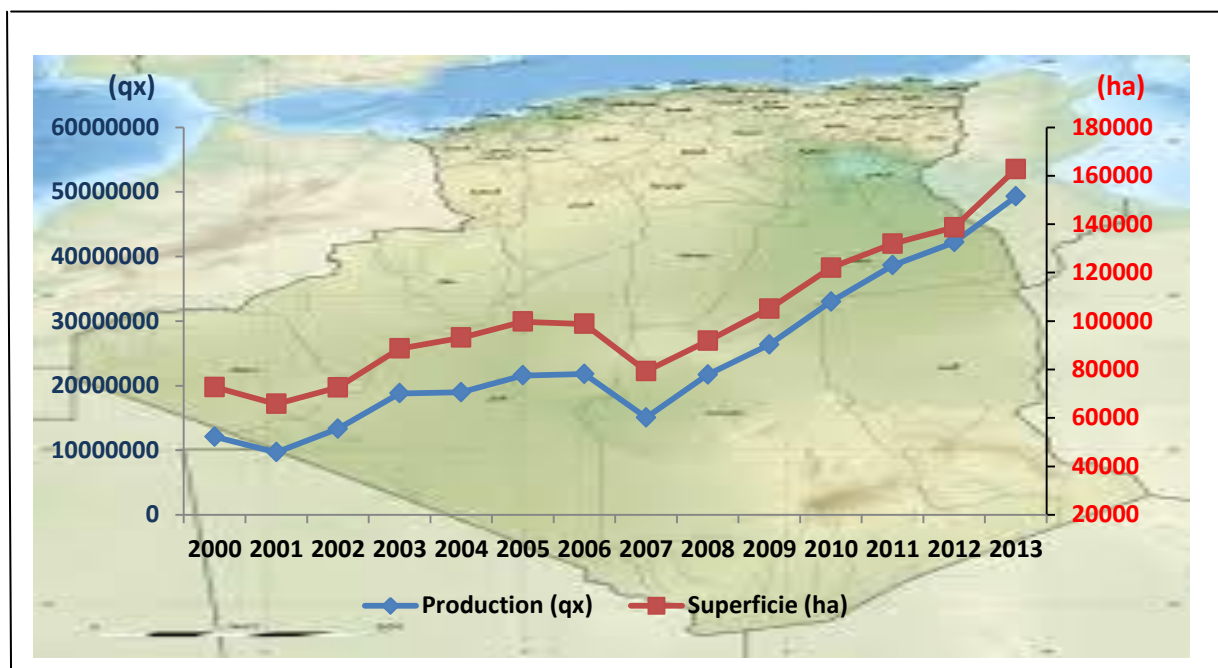
L'Asie consomme près de la moitié des pommes de terre produites dans le monde, mais comme elle est très peuplée, la consommation par habitant est modeste: 25 kg en 2005. Les plus gros consommateurs de pommes de terre sont les Européens. La consommation de l'Afrique et de l'Amérique latine est moins élevée, mais elle augmente.

I-2/ En Algérie

La pomme de terre est devenue une des principales cultures destinées à la consommation domestique. En 2013, la superficie cultivée est de 119 710 ha, une production de 3 725 882 tonnes et un rendement moyen de 31.12 tonnes /ha (ITCMI, 2014).

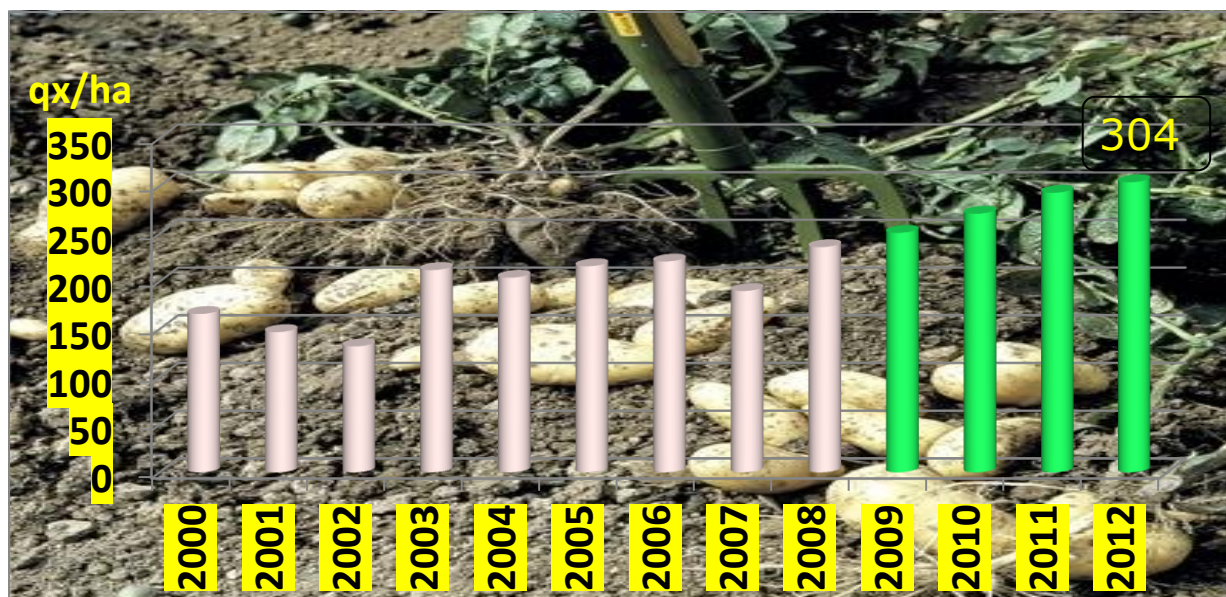
De 2010 à 2013 la production a augmenté de 29 %, alors que les superficies n'ont augmenté que de 19,41%, ce qui montre que ces gains de production découlent plus de l'amélioration des rendements.

L'évolution de la superficie, la production et le rendement pour la période (2000/2013) est donnée dans la figure ci-dessous.



Source : (MADRP, 2013)

Figure N° 07 : L'évolution de la superficie et la production en Algérie (2000/2013)



Source : (MADRP, 2013)

Figure N° 08 : évaluation des rendements en Algérie (2000/2013)

I-2-1/ Répartition de la superficie et de la production

Contrairement aux pays septentrionaux où la pomme de terre est cultivée durant une seule saison, en Algérie elle est cultivée selon trois types de culture qui sont : la saison, l'arrière saison et la primeur, ce qui offre des avantages avérés pour une bonne régulation de la production de la pomme de terre sous toutes ses formes, (programmation en amont, stockage sous froid, transformation et exportation) (ITCMI, 2014).

La superficie globale réservée à la pomme de terre est de l'ordre de 119 710 ha durant la campagne 2011/2012 dont 53.33 % de la superficie est consacrée à la pomme de terre de saison. La pomme de terre de primeur représente seulement 4.02 % de la superficie totale. (Figure N° 09)

La production globale est de 3.72 millions de tonnes dont 57.2 % de saison et 39.89 % d'arrière saison et seulement 2.8 % de primeur. (Figure N° 09).

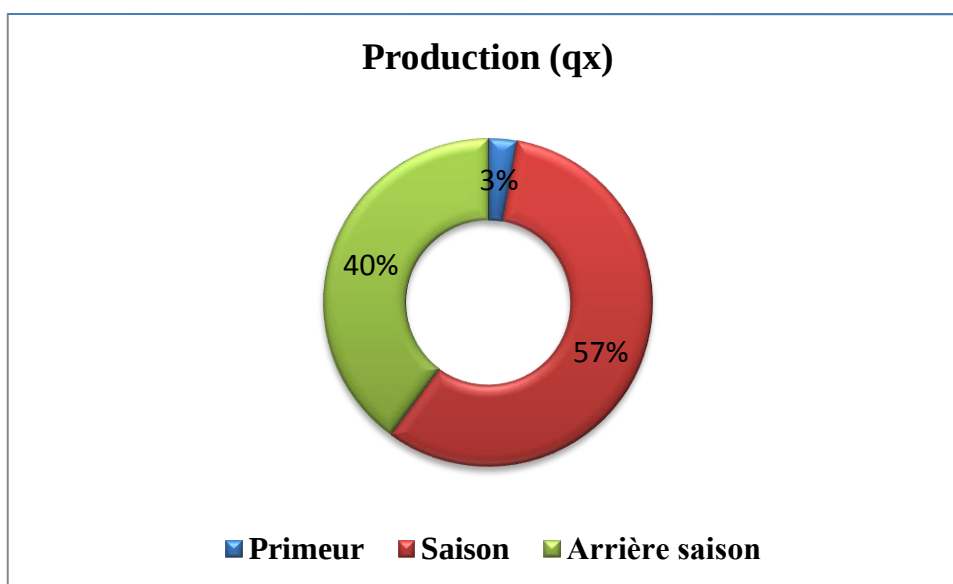
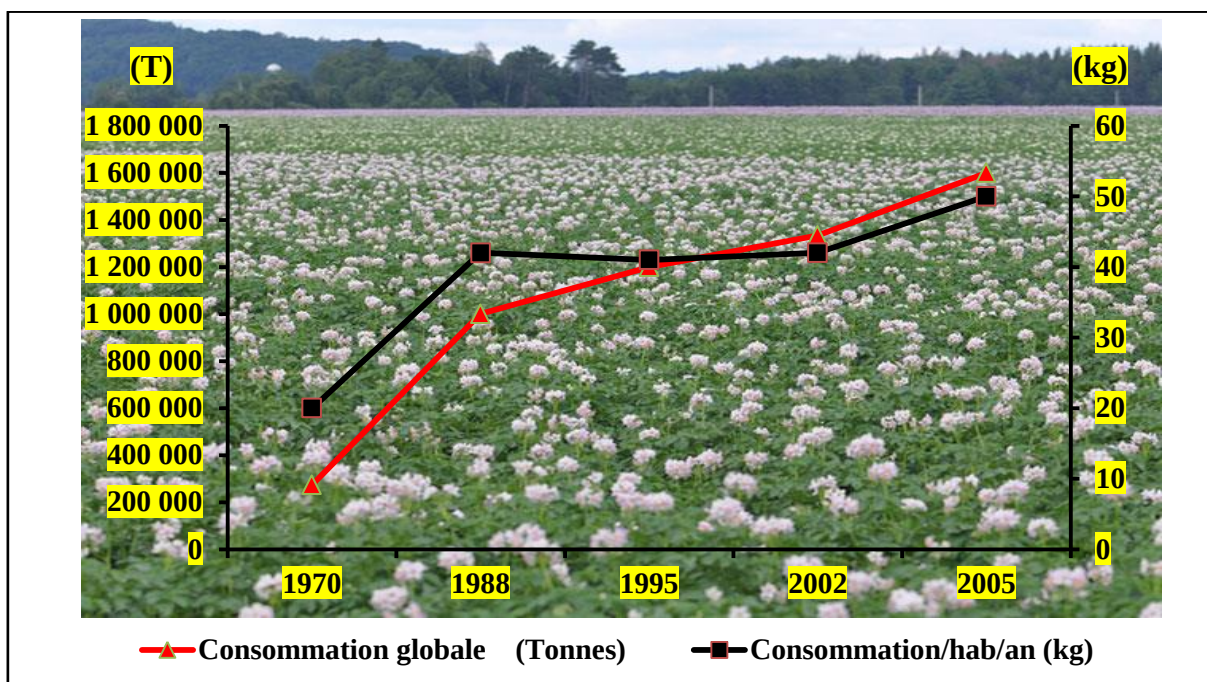


Figure N° 09 : Répartition de la production par type de production
(2011/2012)

I-2-2/ L'évolution de la consommation par habitant et par année (1970/2005)



Source : (ONS, statistique agricole MADRP)

Figure N° 10 : La consommation de pomme de terre par habitant par année (1970/2005)

Les informations ci-dessus font ressortir les remarques suivantes :

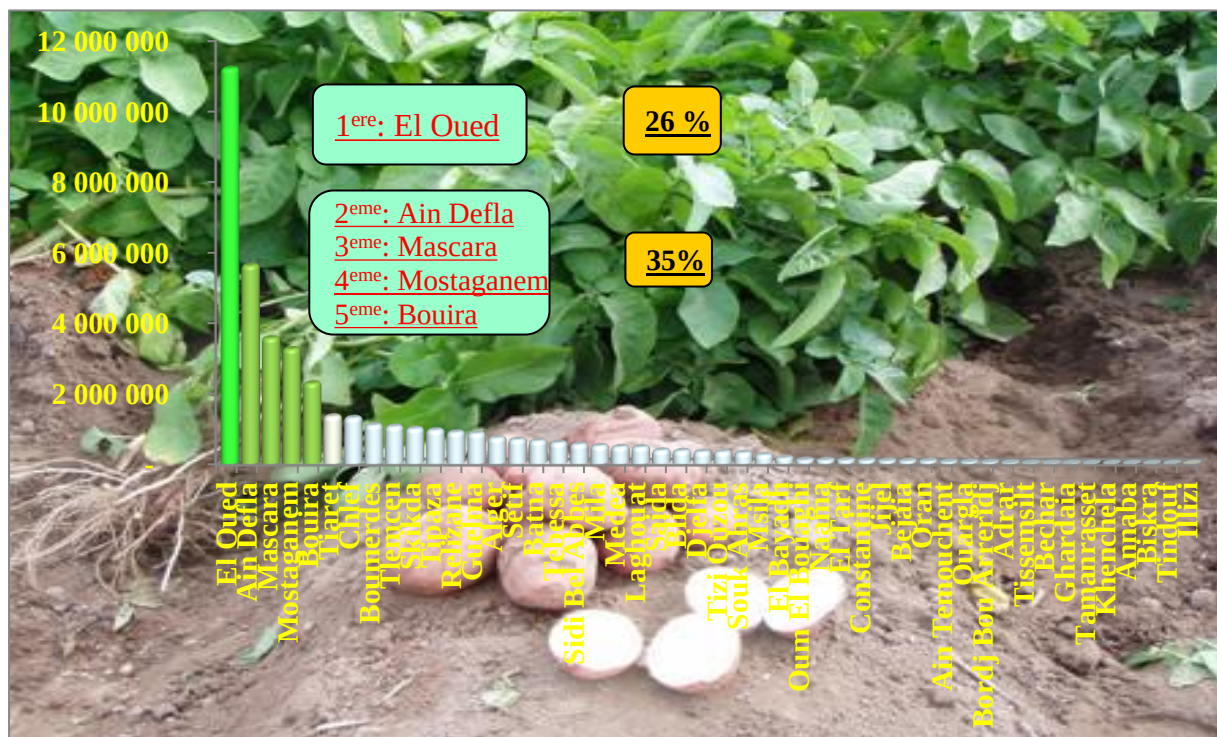
Entre 1970 et 1995, la population a plus que doublé soit une croissance annuelle de 4.30 %, ce qui plaçait l'Algérie parmi les pays à plus forte croissance démographique.

Entre 1988 et 2002, ce taux de croissance démographique a chuté de moitié (2 %), pour se maintenir à un niveau constant entre 1995 et 2002.

La consommation par habitant et par an a subi une croissance très significative entre 1970 et 1988, passant de 20 kg à 42 kg pour se maintenir à un niveau quasi constant jusqu'en 2002. A partir de 2005 la consommation a encore augmenté en raison des prix très accessibles affichés sur le marché en 2005.

I-2-3/ Principales wilayas productrices

La pomme de terre est principalement cultivée dans les wilayas suivantes : *El oued*, *Ain Defla*, *Mascara*, *Mostaganem* et *Bouira* en contribuant pour 61 % à la production nationale en 2011/2012.

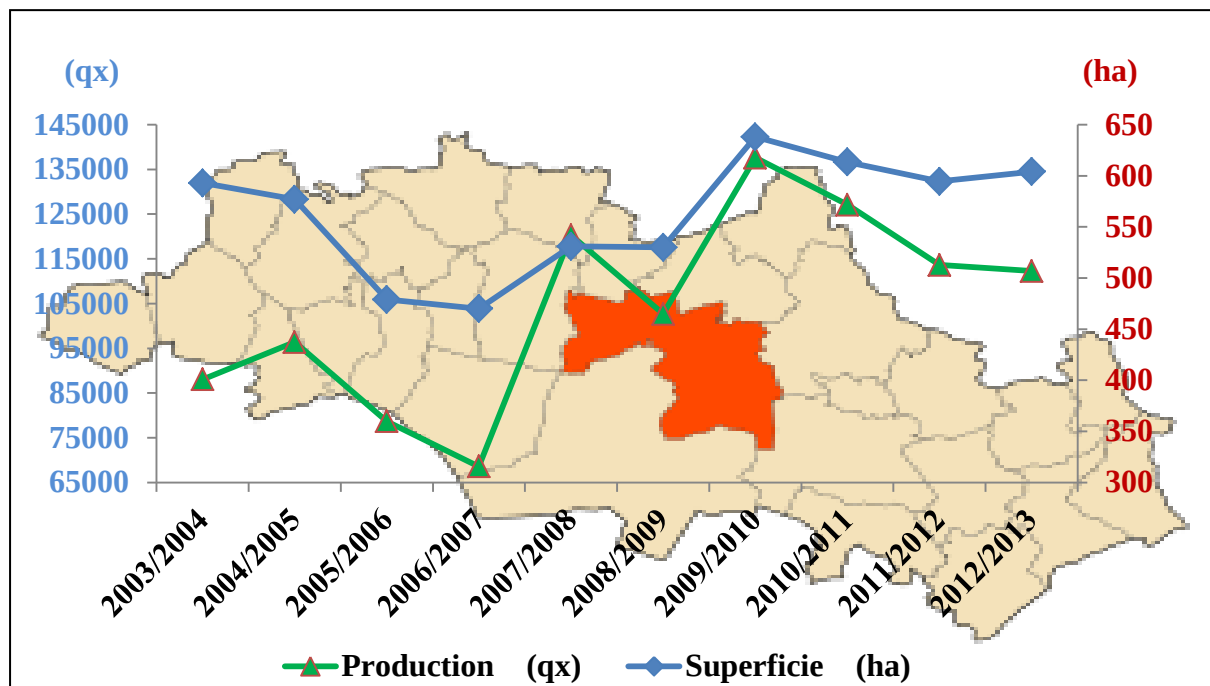


Source : (ITCMI, 2014)

Figure N° 11 : Principales wilayas productrices

I-3/ Dans la wilaya d'Oum El Bouaghi

La superficie consacrée à la culture de pomme de terre dans la wilaya d'Oum El Bouaghi en 2012/2013 est de 604 ha ce qui représente seulement 0.37% de la superficie globale en Algérie pour les deux types de production (saison et arrière saison) , cette superficie fournit une production de 112 266 qx représentant 0.23% de la production nationale (Figure N° 12).



Source : (DSA, 2014)

Figure N° 12 : Superficie et production dans la wilaya d'Oum El Bouaghi (2003/2013)

II/ Intérêt de la culture de la pomme de terre

II-1/ L'alimentation humaine

La pomme de terre est cultivée pour son tubercule destiné à l'alimentation humaine sous forme de frite, salade, chips et purées, etc. (Nyabyenda, 2005).

La composition de la pomme de terre en termes de teneur en calories, protéines, acides aminés indispensables, vitamines et sels minéraux fait d'elle un produit très consommé par l'homme. Sa diversité culinaire fait qu'elle est préparée sous forme de ragoûts, frites, parfois mélangée avec la salade ou même utilisée dans les sauces où elle sert d'ingrédient. La figure N°13 présente la valeur nutritive de la pomme de terre. (Rousselle et *al.*, 1996). La consommation mondiale de la pomme de terre en l'an 2005 est de 31.3 kg par habitant. (FAO, 2008).

II-2/ Production féculière

La pomme de terre sert aussi pour l'extraction de fécule et la fabrication d'alcool (Nyabyenda, 2005).

Une tonne de tubercules donne 95 litres d'alcool à 90°, 140 kg d'amidon, 100 kg de dextrine et 16 kg de caoutchouc synthétique (Cherifi, 1995).

II-3/ L'alimentation animale

Les tubercules de petite taille, blessés et malades peuvent être utilisés pour l'alimentation animale (Nyabyenda, 2005).

II-4/ Vertus médicinales

La pomme de terre possède plusieurs vertus médicinales. Ainsi, le jus cru de la pomme de terre aurait des propriétés antispasmodiques (destiné à empêcher les spasmes, les convulsions), diurétiques (qui augmentent l'excrétion de l'urine) et antiscorbutiques. Elle est aussi utile contre les ulcères. Crue et tranchée on s'en sert aussi pour soigner les inflammations, les brûlures et les gerçures (www.encyclopédiegratuite.fr).

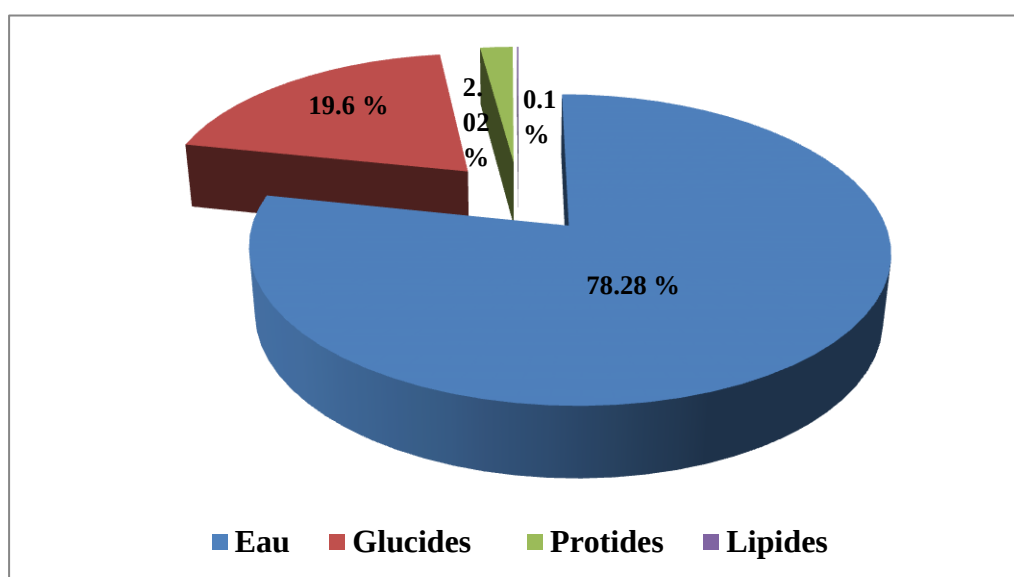
III/ Valeur nutritive de la pomme de terre

La pomme de terre de conservation qui est la plus consommée, renferme globalement 78 % d'eau pour 22% de matière sèche.

La pomme de terre est constituée d'eau, pour environ les 3/4 de son poids, d'une quantité relativement élevée de glucides, d'un faible taux de protides et de très peu de lipides (Figure N°13). Cette richesse en eau et cette carence en lipides lui confèrent une valeur énergétique modérée, ce qui la distingue de la plupart des autres aliments amylacés (Rousselle et *al.*, 1996).

La pomme de terre est riche en vitamines notamment C et B. Ainsi, la vitamine C joue un rôle essentiel pour la formation et l'entretien des tissus conjonctifs, la cicatrisation des plaies et la bonne santé des dents. Quant à la vitamine B, elle joue un rôle très important dans la transformation des aliments en énergie, pour le système nerveux et pour les muscles (www.aufeminin.com).

La pomme de terre est également riche en fibres et permet un meilleur transit intestinal. Enfin, le tubercule de la pomme de terre est riche en minéraux tels que le potassium qui aide à réguler la tension artérielle, le cuivre qui aide à la formation du sang et des os, le magnésium qui est vital pour la croissance, la niacine qui permet la respiration des tissus et l'élimination des toxines, l'acide folique et le fer essentiel à la formation des globules rouges.



Source : (Rousselle et *al.*, 1996)

Figure N° 13 : Valeur nutritive de pomme de terre (pour 100 g de matière fraîche)

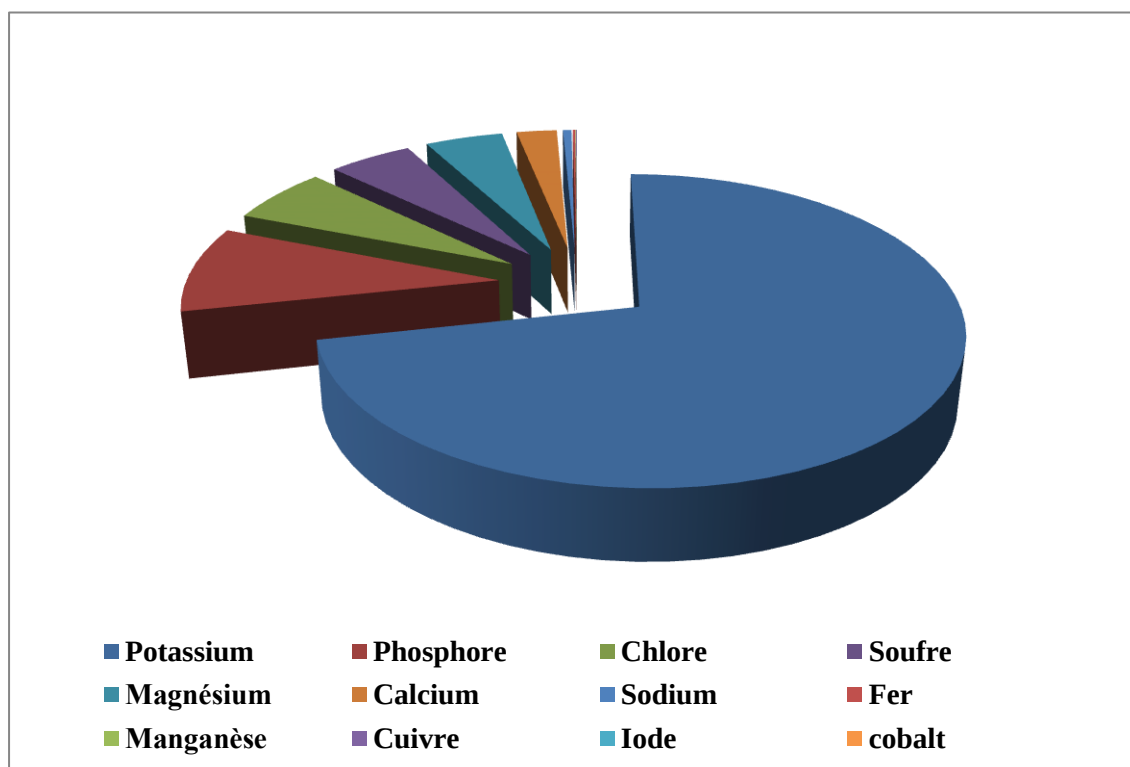
Le tubercule contient une quantité relativement élevée de glucides, un faible taux de protides et très peu de lipides, une quantité non négligeable de vitamine B1 et surtout très riche en vitamine C. (Rousselle et *al.*, 1996).

En outre, la pomme de terre renferme des protéines de haute valeur biologique comparable à celle de l'œuf donnant à la pomme de terre la 2^{ème} place après le soja, de point de vue qualité de protéine utilisable.

Tableau N° 03: Principaux minéraux du tubercule de la pomme de terre.

Minéraux	Teneur	Minéraux	Teneur
Potassium	410	Sodium	3
Phosphore	53	Fer	0,8
Chlore	35	Manganèse	0,17
Soufre	29	Cuivre	0,16
Magnésium	27	Iode	0,03
Calcium	14	Cobalt	0,01

Source : (Rousselle et *al.*, 1996)



Source : (Rousselle et *al.*, 1996)

Figure N° 14 : Principaux minéraux du tubercule de la pomme de terre.

I/ Matériel végétal

I-1/ Choix de la variété

Le matériel végétal est la pomme de terre « *Solanum tuberosum* L. », variété Dounia originaire de France. Le choix de cette variété à été arrêté par la ferme de démonstration et de production de semence de l'ITCMI d'Oum El Bouaghi.

I-2/ Caractéristiques morphologiques, culturaux et d'utilisation de la plante

Obtenteur(s) : Bretagne Plants - France

Inscription au : Catalogue français (2012)

Type : Liste A

Catégorie : Consommation

Maturité : moyenne

I-2-1/ Caractères morphologiques

Tubercule : oblong à oblong allongé, yeux superficiels, peau jaune, chair blanche.

Germe : pigmentation anthocyanique de la base faible à moyenne, conique, pilosité faible à moyenne.

Plante : taille moyenne à haute, port demi-dressé, type rameux.

Tige : pigmentation anthocyanique nulle ou très faible.

Feuille : vert foncé, moyenne, intermédiaire ; foliole étroite.

Floraison : abondante.

Fleur : rouge violacé, pigmentation anthocyanique du bouton très faible à faible.

I-2-2/ Caractères culturaux et d'utilisation

Rendement : 126 % de (Bintje + Désirée + Charlotte + Monalisa)/4

Calibrage : proportion de gros tubercules : forte.

Sensibilité aux maladies :

Mildiou du feuillage : assez sensible.

Mildiou du tubercule : assez sensible.

Galle verruqueuse :

Gale commune : assez sensible.

Virus X : sensible.

Virus A : résistante.

Virus Y : sensible.

Enroulement : très sensible.

Nématode RO 1- 4 : résistante.

Défauts internes du tubercule : peu sensible aux taches de rouille, peu sensible au cœur creux, assez sensible aux taches cendrées.

Sensibilité à l'égermage : moyennement sensible.

Sensibilité aux chocs : assez peu sensible.

Repos végétatif : moyen.

Qualité culinaire : tenue à la cuisson assez bonne, groupe culinaire B, noircissement léger après cuisson, coloration assez foncée à la friture.

Teneur en matière sèche : moyenne 21.6 % (Résultats pluriannuels post-inscription)

Aptitude à la conservation : bonne (GEVES et ARVALIS - Institut du végétal, 2012).



Source : (ARVALIS - Institut du végétal, 2012).

Figure N° 24 : Forme et couleur du tubercule et position superficielle des yeux

II/ Protocole expérimental

II-1/ Le dispositif expérimental

La méthode en blocs est retenue avec deux traitements et un témoin en quatre répétitions

Les dimensions des parcelles expérimentales ont été définies en fonction des moyens techniques et de la superficie disponibles (Tableau N° 16).

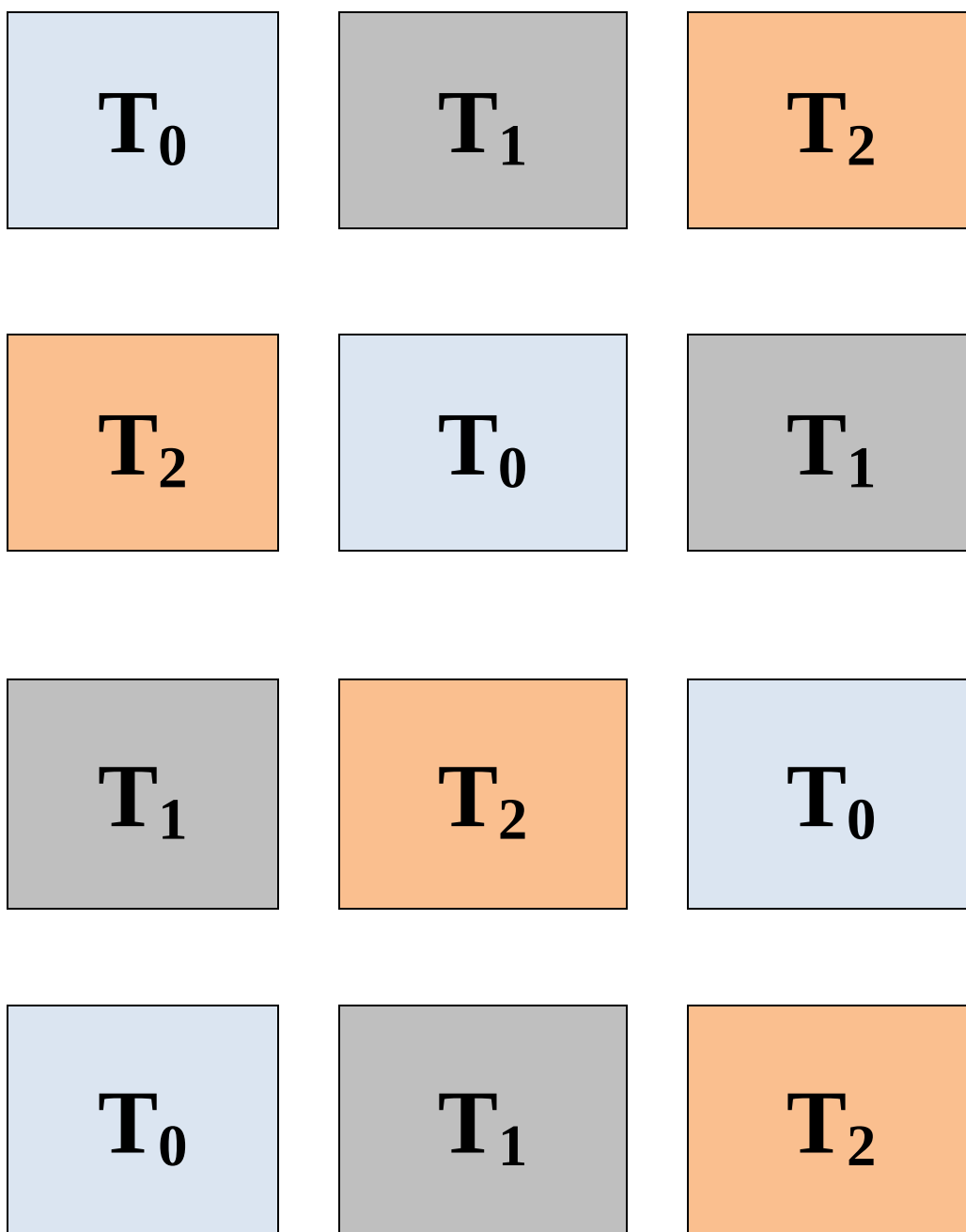


Figure N° 25 : Schéma du dispositif expérimental

T₀ : témoin sans apport d'engrais azoté.

T₁ : Fertilisation à base d'Urée 46 %.

T₂ : Fertilisation à base de Sulfazote 26 %.

NB : tous les traitements auront un apport d'engrais potassique.

Tableau N° 16: Les dimensions des parcelles expérimentales

Les dimensions des parcelles expérimentales ont été définies en fonction de la disponibilité de la semence et de la surface.

Caractéristiques	Données techniques
Surface cultivée	180 m ²
La surface de parcelle élémentaire	15 m ²
Nombre de blocs	04
Nombre des parcelles élémentaires par bloc	03
La distance entre : Les parcelles élémentaires Les blocs Les billons Les plantes	02 m 02 m 0.75 m 0.25 m
Le billon : La longueur Le nombre de billon / PE	05 m 04 billons
Nombre de plats / billon	20 plants
Nombre de plants / parcelles élémentaire	80 plants
Nombre de plants / bloc	240 plants
Densité de plantation	0.75 x 0.25 m

II-2/ Doses et période d'apport d'engrais

Tableau N° 17 : Doses et période d'apport d'engrais

Type d'engrais	Quantité à apporter (kg/ha)	Quantité à apporter par parcelle élémentaire (kg/15m ²)	Période D'apport	Quantité par apport
Urée 46%	230 kg	0.345 kg	21 jours après plantation	69 g
			21 jours après le 1 ^{er} apport	69 g
			15 jours après le 2 ^{eme} apport	69 g
			15 jours après le 3 ^{eme} apport	69 g
			15 jours après le 4 ^{eme} apport	69 g
Sulfazote 26%	408 kg	0.612 kg	21 jours après plantation	122.4 g
			21 jours après le 1 ^{er} apport	122.4 g
			15 jours après le 2 ^{eme} apport	122.4 g
			15 jours après le 3 ^{eme} apport	122.4 g
			15 jours après le 4 ^{eme} apport	122.4 g
Potasse 50%	798 kg	1.197 kg	21 jours après plantation	239.4 g
			21 jours après le 1 ^{er} apport	239.4 g
			15 jours après le 2 ^{eme} apport	239.4 g
			15 jours après le 3 ^{eme} apport	239.4 g
			15 jours après le 4 ^{eme} apport	239.4 g

Source : (FERTIAL, 2014)

III/ Caractérisation des engrais utilisés pour la fertilisation de l'essai**III-1/ Sulfazote 26 % N + 35 % SO₃****III-1-1/ Caractéristiques techniques**

Granulométrie : 1- 5 (95 %).

Densité : 0.94 kg/ dm³.

Humidité : 03 %.

III-1-2/ Composition

Teneur en azote local 26 % dont :

Azote ammoniacal : 19.5 %.

Azote nitrique : 6.5 %.

Teneur en anhydride soluble dans l'eau (SO₃) : 35 %.

Teneur en Oligo-éléments : Fe = 4135 ppm, Mn = 14 ppm, Cu = 3 ppm.

III-1-3/ Spécificités

Engrais azoté soufré destiné aux cultures céréalières, maraichères et fruitières, fournissant de l'azote à assimilation immédiate et à libération progressive.

75 % de son contenu en azote est sous forme ammoniacal et 25 % nitrique à action rapide pour la repousse.

Grace à sa teneur relative en azote nitrique, il peut être utilisé comme engrais de pré-semis selon les conditions pédoclimatiques et les besoins des cultures.

Engrais entièrement soluble dans l'eau à 20C°.

Peut être utilisé dans des systèmes d'arrosage en particulier par aspersion. Sa dureté rend son application homogène avec tous les types d'épandeurs.

Le soufre qu'il contient a des effets très bénéfiques :

- Sur le sol :

Il est adapté aux sols calcaires et salins.

Il améliore l'activité microbienne du sol.

Il mobilise le phosphore, le potassium et certains micro-éléments.

- Sur la plante :

Il favorise la fructification. Pour les céréales, il contribue à la formation des épis.

Combiné avec l'azote, il favorise la formation des protéines à partir d'acides aminés.

Constituant de la cellule végétale comme l'azote et le phosphore, il participe à la formation de la chlorophylle et entre dans la composition de deux acides aminés essentiels indispensables au métabolisme de la plante.

III-1-4/ Doses d'utilisation

Cultures céréalières : **3.5** quintaux / ha.

Cultures maraichères : **2.5** quintaux / ha.

Cultures fruitières : **4** quintaux / ha. Source : (FERTIAL, 2014).

III-2/ Urée 46 %

Avec 46 % d'azote sous forme ammoniacale, l'urée est l'engrais sec le plus riche en azote et il est complètement soluble à l'eau. Il agit moins rapidement que les nitrates, et son effet durant plus longtemps. L'hydrolyse de l'urée dépend de la température du sol. Elle ne nécessite que de trois à cinq jours en sol froid tandis que quelques heures suffisent en sol réchauffé. Son application est recommandée avant une pluie et il doit être enfoui afin d'éviter d'éventuelles pertes par volatilisation.

III-2-1/ Caractéristiques techniques

Azote total : 46 %.

Biuret : 1 %.

III-2-2/ Domaines d'application

Engrais azoté polyvalent destiné pour toutes les cultures.

Tableau N° 18 : Domaines d'application d'urée 46 %

Céréaliculture	1.5 à 2.5 qx/ha
Cultures maraichères	2 à 3.5 qx/ha
Viticulture	5.5 à 6.5 qx/ha
Arboriculture	5.5 à 6.5 qx/ha
Légumes secs	1.5 à 2.5 qx/ha

Source : (FERTIAL, 2014)

IV/ Conduite de l'essai

L'objectif est de déterminer et de comparer l'effet de deux formulations d'engrais azoté sur la qualité et le rendement de la pomme de terre afin d'en choisir la meilleure.

IV-1/ Précédent cultural

Le précédent cultural de la parcelle d'essai est une culture d'ail faisant partie d'une rotation triennale qui était comme suit : blé – ail – pomme de terre.

IV-2/ La préparation du sol

Les travaux effectués sont :

- Un labour profond par une charrue a disque.
- Un épandage NPK (15-15-15) à raison de 12 q_x/ha, cover-cropage suivi d'un fraissage pour briser les mottes et préparation de lit de plantation.
- Billonnage réalisée à l'aide d'une billonneuse.

IV-3/ La préparation des plants

Les plants réceptionnés ont été placés dans un hangar suffisamment aéré sur des clayettes superposées et sous une lumière diffuse naturelle pour une pré-germination.

IV-4/ La plantation

La plantation est effectuée manuellement à une profondeur de 08 à 10 cm avec un espacement de 25 cm entre les tubercules correspondant à une densité de peuplement de 53 000 plants/ ha.

IV-5/ les travaux d'entretien**IV-5-1/ le buttage-binage**

Cinq opérations de buttage-binage ont été effectuées, après chaque apport d'engrais.

IV-5-2/ l'irrigation

Elle a été assurée par un système d'irrigation à la raie, selon les besoins.

Durant le cycle de développement de la pomme de terre, 25 irrigations ont été réalisées.

IV-5-3/ Les traitements phytosanitaires

Plusieurs traitements phytosanitaires ont été effectués sur la culture avec prépondérance d'insecticides et de fongicides.

Les produits phytosanitaires utilisés sur la parcelle sont donnés dans le tableau N° 19

Tableau N° 19 : Les produits phytosanitaires utilisés sur la parcelle

La matière active des produits utilisés	Dose	Utilisation	Stade de développement de la pomme de terre
Métribuzine	700 g/ ha	Herbicide	15 % de la levée
Mancozebe	2 Kg/ha	Fongicide (mildiou et alternaria)	Levée – développement
Oxychlorure de cuivre	300gr/hl	Fongicide (mildiou et alternaria)	Tubérisation
Imidaclopride	0.3 l /ha	Insecticide	Tubérisation

IV-5-4/ La fertilisation

IV-5-4-1/ Fertilisation azotée

A base d'Urée 46% et Sulfazote 26% selon le protocole (Tableau N° 17)

1^{ier} apport : 21 jrs après plantation

2^{eme} apport : 21 jrs après 1^{ier} apport stade croissance – développement végétatif

3^{eme} apport : 15 jrs après 2^{eme} apport stade début Tubérisation.

4^{eme} apport : 15 jrs après 3^{eme} apport stade tubérisation-grossissement

5^{eme} apport : 15 jrs après 4^{eme} apport Grossissement.

IV-5-4-2/ Fertilisation potassique

A base de sulfate de potasse 50% selon le protocole (Tableau N° 17).

1^{ier} apport : 21 jrs après plantation

2^{eme} apport : 21 jrs après 1^{ier} apport stade croissance – développement végétatif

3^{eme} apport : 15 jrs après 2^{eme} apport stade début Tubérisation.

4^{eme} apport : 15 jrs après 3^{eme} apport stade tubérisation-grossissement

5^{eme} apport : 15 jrs après 4^{eme} apport Grossissement.

IV-6/ Observations et analyses effectués

Le suivi de développement et de croissance de la pomme de terre a été assuré par des observations et des mesures réalisées au cours de cycle de la culture et concerne : la croissance de la plante, le rendement et la qualité des tubercules.

IV-6-1/ Le rythme de développement de la plante**- Le taux de levée (%) :**

Il été déterminé en comparant le nombre de plants levés sur toutes les parcelles. Le comptage a été effectué plusieurs fois depuis le début de la levée jusqu'à la levée complète.

- La hauteur de la plante (cm) :

La hauteur de la plante a été mesurée, depuis la surface du sol jusqu'à l'extrémité de la tige.

- Le taux de couvert végétal (%) :

Il exprime le recouvrement latéral du sol par la plante et son intérêt dans le fait d'une meilleure interception du rayonnement solaire et améliore le rendement photosynthétique.

IV-6-2/ le rendement (qx/ha)

Il a été estimé sur la base de la quantité récolté par parcelle élémentaire et rapportée à l'hectare.

IV-6-3/ la qualité**- Le calibre des tubercules.**

Le calibre est mesuré sur un échantillon de tubercules provenant de cinq plants et classée en quatre catégories, selon des normes généralement adoptées.

(Petit calibre 28 à 35 mm ; Calibre moyen 35 à 45 mm ; Gros calibre 45 à 55 mm ; Plus de 55 mm).

Introduction

En raison de son développement rapide, la pomme de terre exige une bonne fumure d'origine organique et minérale. La fumure modifie à la fois le nombre et la taille des tubercules. De façon générale, l'azote et la potasse augmentent le rendement commercialisable (supérieur à 35 mm) en favorisant la production de gros tubercules.

I/ Principes et objectifs de la fertilisation

La fertilisation consiste à apporter à un milieu de culture, tel que le sol les éléments minéraux nécessaires à l'alimentation de la plante. Les objectifs de la fertilisation visent à obtenir le meilleur rendement possible avec la meilleure qualité et au moindre coût.

En outre s'y ajoute le souci de préservation de la fertilité du sol et de la qualité de l'environnement particulièrement en agriculture durable (Anonyme, 2008).

La fertilisation a pour but de conserver ou améliorer la productivité d'une terre (Schvartz et *al.*, 2005).

La fertilisation constitue l'un des éléments de l'ensemble des techniques culturales retenues pour réaliser un objectif de production donné. Elle doit être raisonnée en fonction :

- Du sol.
- Du climat.
- Des précédents culturaux.
- Des variétés cultivées.
- Des possibilités d'alimentation en eau (Gravouille, 1998).

II/ Stratégies de la fertilisation

La stratégie de la fertilisation repose sur la prise en compte de quatre critères suivants :

- L'exigence de la plante.
- L'état de richesse du sol qui renseigne sur la réserve de P et K.
- Le passé de la fertilisation, les doses de phosphore et de potassium apportées les deux à trois années précédentes.
- La restitution ou non des résidus des précédents culturaux (Soltner, 2000).

La nouvelle stratégie considère deux seuils qui dépendent surtout de l'exigence de la culture :

-Teneur impasse (*T imp*) : correspond à la teneur du sol en P_2O_5 ou K_2O au dessus de laquelle la suppression de la fumure sur culture n'entraînera pas de chute de rendement.

-Teneur renforcée (*T renf*) : représente la teneur du sol au dessous de laquelle il faut apporter une dose supérieure à la fumure d'entretien (Soltner, 2000). Une fertilisation renforcée permettra d'obtenir un rendement de plus de 10% à celui obtenu par la fertilisation d'entretien (Schvartz et *al.*, 2005).

III/ Les différents modes d'apport d'engrais

III-1/ Fumure organique

Les sols Algériens sont généralement pauvres en matière organique. Or, l'humus provenant de la matière organique, joue un rôle capital. Il exerce en particulier :

- Une action très favorable sur la structure du sol.
- Il accroît la capacité de rétention de l'eau.
- Il régularise la nutrition des plantes.
- Il aide à l'absorption des éléments fertilisants.

Le fumier de bovins et d'ovins constitue la fumure organique la plus couramment utilisée. La dose préconisée est de 30 à 40 tonnes/ hectare. Compte tenu de son grand intérêt en culture légumières en particulier, son stockage devrait être soigné afin d'éviter les pertes en éléments fertilisants. Contrairement à une opinion très répandue, le fumier de volailles constitue une excellente fumure organique pour la pomme de terre et les légumes de pleins champs (choux en particulier). Il peut s'employer à raison de 15 à 20 tonnes/ hectare.

Le fumier doit être apporté suffisamment tôt, avant l'hiver de préférence afin d'augmenter son efficacité sur la culture mise en place au printemps (ITCMI, 2008).

III-2/ Fumure minérale

La fumure minérale devrait être raisonnée à partir de la teneur en éléments fertilisants du sol, et des besoins de la plante. (D'une façon générale, la fumure type suivante est recommandée 12 quintaux /hectare de 15-15-15). Cet engrais peut être apporté de la façon suivante :

- Première solution : l'épandage de la totalité de la dose recommandée, soit avant le labour, soit en cours de reprise de labour.

-Deuxième solution : l'épandage de 50 à 55% de la dose, comme pour la première solution, et 35 à 50% en localisation dans la raie, au moment de la plantation. Cette solution est conseillée dans la plupart des cas, et est applicable soit en plantation manuelle, soit en utilisation de planteuses comportant une caisse à engrais.

Apports complémentaires d'engrais azoté, sous forme d'ammonitrate et sulfate de potasse est conseillé en cours de végétation (ITCMI, 2008).

Tableau N° 04 : les exportations de pomme de terre en kg/tonnes.

Désignation	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
Pour une tonne de tubercules	3,2	1,6	6	0,3	0,4	0,3
Pour les fanes correspondantes	2 à 4	0 à 1	3 à 6	3 à 6	1 à 2	-

Source : (Soltner, 1996)

Les exportations en potasse paraissent élevées. Elles traduisent l'avidité de la pomme de terre pour cet élément, qu'elle consomme souvent en excès lorsque la fumure potassique est abondante. Cette coûteuse et inutile "consommation de luxe" doit être évitée en ne prenant pas les exportations théoriques pour les besoins réels.

Les éléments tels que le potassium et surtout le phosphore doivent parvenir au végétal par diffusion, c'est à dire les racines des végétaux créent un courant de diffusion des ions, ce courant est renforcé lors d'une demande importante de la part de la plante, ou si le pouvoir d'absorption de la racine est élevé. L'importance de ce transfert dépend du rapport entre ce qui est apporté par le sol et ce qui est demandé par la plante.

Les cinétiques de l'exportation des éléments minéraux montrent une absorption intense de potassium, les tubercules en exportent 1,5 fois plus que l'azote et 4 à 5 fois plus que le phosphate (Perrenoud, 1993). La pomme de terre s'est avérée comme une culture indicatrice pour la disponibilité du potassium à cause du besoin élevé de cette culture en cet élément (Roberts et Mc Dole, 1985).

IV/ Les éléments fertilisants primaires ou majeurs

IV-1/ L'azote

Il est bien connu que l'azote (N) est un élément essentiel à la croissance et au bon développement de la plupart des plantes supérieures. En effet, il constitue l'élément majeur le plus limitatif pour la croissance de ces plantes. C'est un constituant des protéines, des

acides nucléiques et de la chlorophylle. Il s'agit donc à la fois d'un facteur de croissance et de qualité. L'azote absorbé par la plante, sous forme minérale : ammonium ou nitrate, peut provenir soit de la minéralisation de la matière organique du sol (humus ou résidus de culture), soit de l'apport des engrais organiques et/ou minéraux. L'augmentation considérable des rendements depuis le début du siècle fut attribuée, entre autres, à l'utilisation des engrais (31 %) et l'effet spectaculaire de ces engrais sur la régénération de la fertilité du sol est bel et bien rapporté dans la littérature.

La plupart des systèmes de cultures non légumineuses exigent l'apport d'azote, particulièrement les variétés récentes à haut rendement. Pour toutes les plantes hors légumineuses, la nutrition azotée se fait quasi exclusivement à partir des nitrates présents dans la solution du sol.

IV-1-1/ Rôle physiologique de l'azote

L'azote est l'élément nutritif le plus efficient dans les systèmes de productions agricoles à travers son rôle dans :

- La synthèse de la matière vivante à partir de la matière minérale.
- Pour Soltner (2003), l'azote est un constituant essentiel du cytoplasme car il favorise :
 - *La synthèse des glucides grâce à l'augmentation du nombre de chloroplastes.
 - *La constitution des réserves azotées dans les graines.
 - *La multiplication cellulaire donc la croissance des tissus.
 - *La multiplication des chloroplastes, puisque la chlorophylle est substance azotée d'où la couleur vert foncée des plantes après un apport d'azote.
 - *C'est un facteur de rendement, et parfois de qualité, puisque il augmente la teneur en protéines des céréales.

L'azote est donc nécessaire à tous les stades de la plante: jeune, croissance, reproduction et mise en réserve.

IV-1-2/ Formes d'azote absorbé par les plantes

Dans les sols agricoles, l'azote se trouve à une proportion de 95 % sous forme organique. L'azote sous forme minérale, forme essentiellement assimilable par les plantes, ne représente que 100 à 200 Kg par hectare dans les régions tempérées.

Les plantes absorbent les formes ioniques solubles dans la solution du sol seulement qui se trouvent sous formes :

- Nitrate (NO_3^-) constituant la forme préférentielle d'absorption de l'azote par les cultures.
- Ammonium (NH_4^+) : une grande partie de l'ammonium dans le sol est convertie en nitrate par les microorganismes du sol et d'autres parties sont absorbées directement par les racines (Soltner, 2003).

IV-1-4/ Conséquences d'excès et de carence en azote

Un apport adéquat d'azote stimule une activité photosynthétique élevée, une croissance végétative vigoureuse et une coloration verte foncée des feuilles. Bien que rarement toxique, l'excès d'azote peut :

- Retarder la phase maturité ;
- Entraîner des problèmes de verse ;

Les symptômes de carence des plantes en azote peuvent être :

- Rabougrissement de la plante entraînant un retard de croissance,
- Diminution du nombre des talles,
- Coloration verte pâle des feuilles due à la perturbation de la synthèse chlorophyllienne,
- Jaunissement prématuré,
- Baisse de rendement (Soltner, 2003).

IV-1-5/ Sources d'azote

IV-1-5-1/ Le sol

Des expériences réalisées sur le maïs et sur le riz (Chabalier, 1976); sur le sorgho (Gigou et Dubernard, 1979) et sur le mil (Ganry et Guiraud, 1979) ont permis d'observer que l'azote du sol est prépondérant dans la nutrition azotée des plantes; soit près de deux fois la part des engrais dont le coefficient réel d'utilisation varie de 30 à 45%.

La première source d'azote organique utilisée par les plantes est l'azote du sol. En absence de tout apport d'engrais, les plantes non fixatrices d'azote utilisent l'azote du sol durant leur cycle physiologique. Chaque type d'amendement influe selon sa nature sur la fourniture de l'azote et sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol. La qualité des amendements organiques et leur capacité à fournir l'azote sont généralement évaluées par leur rapport C/N (Stevenson, 1984).

En plus des apports par les eaux de pluie et la fixation par les micro-organismes, l'azote dans le sol est essentiellement lié à la présence de la matière organique. Il se trouve

sous les formes ammoniacale et nitrique. La forme ammoniacale NH_4 fixé par le complexe absorbant peut être absorbée par certains végétaux. La forme nitrique NO_3^- se trouve dans la solution du sol est absorbée par les végétaux ou éliminée par le drainage (Diehl, 1974).

La richesse d'un sol en azote est surtout fonction de ses réserves organique. Les sols sablonneux riches en humus libèrent souvent plus d'azote que les sols argileux. C'est pourquoi il est indispensable d'y appliquer davantage d'azote (Vander Zaag, 1980).

Le niveau de richesse du sol en azote (Gros, 1979) :

- < 0,1 % Sol très pauvre.
- 0,1 % à 0,2 %..... Sol pauvre.
- 0,2 % à 0,5 % Sol moyennement pauvre.
- 0,5 % à 1 % Sol riche.
- 1 % Sol très riche

IV-1-5-2/ Les amendements organiques

Les résidus organiques laissés sur le sol après les récoltes constituent une litière temporaire.

Plusieurs études effectuées (IFDC, 1990,1994 Saragoni et *al.*, 1992) ont montré que l'incorporation des résidus de récolte issus de la culture de maïs a significativement augmenté les rendements. Cependant, dans la plupart des pays d'Afrique, les résidus de récolte sont souvent exportés des champs pour d'autres utilisations (Poss et *al.*, 1997).

IV-1-5-3/ Les engrais minéraux

L'azote du sol et des amendements organiques ne suffisent pas pour atteindre des rendements optimums (Bado, 2002). Des engrais azotés sont utilisés comme complément d'azote pour augmenter les rendements et intensifier la production végétale.

L'engrais enrichit le sol. En effet les sols qui reçoivent régulièrement des engrais permettent d'obtenir des rendements plus élevés et une bonne réponse aux engrais : on parle d'un effet " vieille graisse " (Morel et *al.*, 1994 ; Boniface et Trocmé, 1988 ; Bosc, 1988 ; Bertrand et Gigou, 2000) car souvent sur un sol épuisé, même en apportant de fortes doses d'engrais, on n'arrive pas à atteindre un rendement aussi élevé que celui obtenu sur les sols régulièrement fertilisés.

Ces dernières années, les chercheurs se sont penchés sur d'autres moyens pour apporter l'azote dans les systèmes de cultures et notamment sur la rotation légumineuses et céréales. Les légumineuses sont reconnues pour augmenter la fertilité du sol à cause de la

fixation symbiotique de l'azote (Bationo et *al.*, 1993 ; Stoop et Staveren, 1981 ; Reddy et *al.*, 1992).

IV-1-5-4/ Les plantes fixatrices d'azote (importance des légumineuses dans les systèmes de culture)

La plus grande partie de l'azote de la biosphère (79%) se trouve dans l'atmosphère (Haynes, 1986 ; Foth, 1990). Mais, seul un nombre réduit de genres bactériens vivant librement ou en symbiose avec les plantes sont capables de réduire l'azote moléculaire de l'atmosphère. Par la symbiose entre les bactéries réductrices de l'azote atmosphérique, une grande partie des légumineuses utilisent principalement l'azote provenant de l'atmosphère. Dans une revue de littérature, Peoples et *al.*, (1995) donnent le potentiel de fixation de l'azote atmosphérique par les légumineuses. Les légumineuses tropicales comme niébé (*Vigna unguiculata*), l'arachide (*Arachis hypogea*) et le soja (*Glycine max*) peuvent fixer respectivement 32 à 89,22 à 92 et 0 - 95% de leur besoin en azote dans l'atmosphère (Bado, 2002).

Comme on le constate, les quantités d'azote fixé sont très variables d'une espèce à l'autre et pour une même espèce car l'activité symbiotique est influencée par les souches bactériennes, l'espèce végétale et les facteurs du milieu (Wani et al, 1995).

Dans les systèmes de culture utilisant les rotations, l'azote fixé par les légumineuses peut être utilisé d'abord par les légumineuses, puis par les cultures suivantes (Bado, 2002).

IV-1-6/ L'azote dans la plante

L'azote est un facteur déterminant le rendement. Une plante bien approvisionnée en azote pousse rapidement et produit beaucoup de feuilles et de tiges, la végétation à une couleur foncée liée à l'abondance de la chlorophylle (Diehl, 1974).

Chez la pomme de terre l'azote favorise d'abord le développement foliaire et plus tard la formation et le grossissement de tubercules (Gravouille, 1998).

La pomme de terre a un besoin en azote important entre la levée et formation de feuilles ; une bonne alimentation en azote pendant cette période de croissance est la base principale pour un bon rendement.

Pendant la croissance des tubercules, la plante puise toujours de l'azote du sol. Une grande partie de l'azote nécessaire aux tubercules se stocke dans le feuillage. Plus il y a d'azote dans le feuillage et plus la période de formation des tubercules est retardée et

plus longue. C'est lorsque les réserves d'azote du feuillage sont épuisées que la maturité des tubercules commence (Anonyme, 2007).

Une surfertilisation azotée prolonge la croissance végétative au détriment de la tubérisation. La maturité peut être retardée et la teneur en matière sèche dans les tubercules diminue (Soltner, 1999). de même elle peut entraîner l'apparition de cœur creux (déformation) ainsi que des difficultés de défanage (Schvartz et *al.*, 2005).

En revanche une carence d'azote se traduit par une réduction de la croissance et une coloration ver-jaunâtre des feuilles (Diehl, 1974).

IV-2/ Le phosphore

Tout comme l'azote. Il existe une grande variation du contenu en phosphore disponible et total dans les sols. Selon de nombreux auteurs, le peu de considération des producteurs vis à- vis cet élément a amené une fertilisation excessive dans plusieurs sols agricoles. L'ajout annuel des quantités considérables de phosphore dans les champs ont eu pour effet d'augmenter les réserves en P total et disponible du sol (Berger et *al.*, 1961; Lorenz et Vittum. 1980; Mccollum, 1978), d'où intérêt d'avoir des recommandations en phosphore tenant compte davantage de la quantité de phosphore disponible et de l'acidité du sol.

Les normes de la richesse du sol en phosphore sont (Gros, 1979) :

- < 0,12 ‰ Sol pauvre.
- 0,12 ‰ à 0,3 ‰ Sol moyennement pauvre.
- > 0,3 ‰ Sol riche.

IV-2-1/ Sources de phosphore

La source de phosphore devient un critère de sélection important pour obtenir une nutrition phosphatée adéquate. A fortes doses, le phosphate biammoniacal (PBA) s'est montré aussi efficace que les superphosphates (Giroux et *al.*, 1984). L'utilisation de PBA a même permis d'atteindre un rendement maximal en utilisant une dose moindre d'engrais comparativement aux superphosphates et aux phosphates monoammoniacals (Giroux et *al.*, 1984).

L'utilisation du phosphate biammoniacal favorise une hausse du pH dans la bande d'incorporation durant les quelques jours suivant son application. Cela a pour effet de diminuer la solubilisation de l'aluminium et du fer pour un court laps de temps (Tisdale et

Nelson, 1985). Par contre, la présence d'ammoniac libre en excès pourrait causer une tension de vapeur suffisamment grande pour nuire à l'émergence des plantules de pommes de terre. Cet effet est amplifié par l'utilisation de l'urée avec le PBA (Chung et Hadziyev, 1980; Maclean, 1983). Afin d'éviter cette phytotoxicité, il est recommandé de séparer la bande d'engrais de la semence lors de la plantation.

Maclean, (1983) n'a observé aucune croissance anormale des plants de pommes de terre lorsque l'engrais se retrouvait à 5 cm sous la semence et à 5 cm à côté de celle-ci.

IV-2-2/ Besoins en phosphore

Le phosphore, même s'il est requis en moins grande quantité que l'azote ou le potassium, est nécessaire pour un départ vigoureux des plants en début de saison.

Il aurait aussi un effet favorable sur la tubérisation et la maturation des tubercules (Dubetz et Bole, 1975; Giroux. 1993; Westermann, 1993). La fertilisation phosphatée pourrait améliorer l'épaisseur du péricarde des tubercules (Giroux. 1993) en plus d'augmenter leur calibre (Birch, 1967; Lorrenz et Vittum, 1980).

L'utilisation d'azote sous forme ammoniacale s'est avérée très bénéfique pour l'absorption du phosphore dans le maïs (Miller, 1970). Soltanpour (1969b), est parvenu aux mêmes conclusions dans le cas de la pomme de terre. Il existe une forte interaction entre N et P. car une déficience en phosphore provoque une sénescence prématurée et diminue l'absorption d'azote (Westermann, 1988).

Les plants de pommes de terre absorberaient près de 22 kg /ha de phosphore et environ 18 kg P/ ha se retrouvent dans les tubercules à la récolte (USDA, 2014). Ces résultats confirment ceux de (Carpenter, 1957 ; Mccollum, 1978 et Soltanpour, 1969a). Même pour une culture aussi exigeante que la pomme de terre, la quantité de phosphore requise pour maintenir une productivité maximale est relativement modeste, une fois la déficience du début de saison éliminée (Mccollum, 1978).

IV-3/ La potasse

IV-3-1/ Sources de potasse

Westermann *et al.*, (1994b) suggère que la fertilisation potassique peut être appliquée à la pomme de terre d'après les résultats de l'analyse du sol et les besoins de la culture sans tenir en compte la source de potassium.

Le sulfate de potassium (K_2SO_4) est recommandé dans le cas de raisons économiques à cause de son prix moins élevé. L'application est préférée dans des conditions de salinité du sol ou de l'eau d'irrigation.

Pour la pomme de terre de transformation, l'utilisation de K_2SO_4 donne une teneur plus élevée en matière sèche et en amidon que le chlorure de potassium (Perrenoud, 1993).

Les normes de la richesse du sol en potassium sont (Gros, 1974) :

- < 0,15 ‰ Sol pauvre.
- 0,5 ‰ à 0,3 ‰ Sol moyennement pauvre.
- > 0,3 ‰ Sol riche.

IV-3-2/ Rôle du potassium dans processus physiologique de la plante

Le potassium joue un rôle important dans l'amélioration de l'état d'énergie de la plante, la translocation et le stockage des éléments assimilés et la maintenance de l'état hydrique dans les tissus (Marschner, 1995). Le potassium n'est pas un élément incorporé dans les molécules de la plante à l'opposé de l'azote et le phosphate qui sont les constituants de protéines, d'acides nucléiques, de phospholipides, d'ATP, etc., Le potassium existe en prédominance sous forme d'élément libre ou d'un cation limité absorbé, et peut par conséquent être écarté facilement de la membrane cellulaire même de la plante entière (Lindhauer, 1985). Cette grande mobilité dans la plante explique les principales caractéristiques physiologiques du potassium: c'est le principal cation impliqué dans la neutralisation des charges et le plus important élément inorganique actif (Clarkson et Hanson, 1980).

Le potassium joue un rôle important dans l'augmentation du taux de transport des nutriments (surtout saccharose et aminoacide) dans la sève élaborée (Herlihy, 1989). Ce rôle de potassium est relié à sa fonction dans la synthèse de l'ATP qui fournit l'énergie pour la translocation des produits de la photosynthèse des feuilles aux organes de réserves (Marschner, 1995).

La teneur en potassium dans les feuilles de la pomme de terre augmente avec l'augmentation du niveau de la fertilisation potassique et diminue avec la maturité des plantes (James, 1970 et Mc Dole, 1978). D'après Chapman, (1992), les tubercules secs de pomme de terre contiennent 2 à 3,5% de K_2O , ainsi que les parties aériennes en contiennent 1,6 à 4,7%. Gunasena et Harris, 1971 ont démontré que le potassium favorise la photosynthèse. En plus, il est indispensable pour la formation de la chlorophylle.

Le potassium intervient dans différents aspects de la physiologie de la plante (Marschner, 1995), il :

- Active plus que 60 enzymes ;
- Aide à la photosynthèse ;
- Favorise de hauts niveaux d'énergie ;
- Maintien la turgescence des cellules ;
- Régularise l'ouverture des stomates des feuilles ;
- Stimule l'absorption d'eau ;
- Régularise la translocation des éléments nutritifs dans la plante ;
- Favorise le transport et le stockage des carbohydrates ;
- Améliore l'assimilation de l'azote et la synthèse des protéines ;
- Stimule la synthèse d'amidon.

Ces fonctions multiples du potassium dans différents processus métaboliques conduisent à de nombreux effets positifs par un apport adéquat pour la pomme de terre, par conséquent, il :

- Augmente le rendement ;
- Augmente la proportion des tubercules commercialisables ;
- Augmente la taille des tubercules ;
- Diminue le noircissement interne et le cœur creux ;
- Diminue les dommages mécaniques de la pomme de terre ;
- Diminue les pertes de conservation ;
- Améliore la qualité de transport ;
- Étend la durée de vie ;
- Améliore la cuisson et la qualité de transformation industrielle ;
- Améliore la couleur de chips ;
- Améliore la résistance au froid, à la sécheresse et au stress hydrique ;
- Diminue l'incidence des maladies (*Phytophthora infestans*) ;
- Améliore l'efficacité d'utilisation de l'azote.

IV-3-3/ Rôles du potassium et symptômes de carence chez la pomme de terre

La pomme de terre possède un système racinaire superficiel de 30 cm en moyenne comparé à d'autres cultures (e.g. céréales), ce qui limite sa capacité à explorer le sol en profondeur.

Les tubercules de pomme de terre sont riches en amidon; leur besoin en potassium est relativement élevé puisqu'il est nécessaire pour la translocation des sucres et la synthèse de l'amidon. Un tubercule moyen de 213 g contient 888 mg de potassium. La dose de K exigée par la culture de pomme de terre est directement proportionnelle au rendement en tubercules (USDA, 2014).

Cependant, l'efficacité d'utilisation du potassium pour la pomme de terre est de 50 à 60 %. Le K augmente la hauteur et la vigueur de la plante et améliore sa résistance à la sécheresse, au gel et aux maladies. Le K favorise l'expansion des feuilles particulièrement à des stades précoces de croissance ainsi que le taux et la durée du grossissement des tubercules. Il agit sur le rendement en augmentant le nombre des tubercules de grande taille, puisque le K accroît la taille des tubercules et non le nombre (Bertrand et Gigou, 2000).

La qualité des tubercules de pomme de terre qui est fonction de la teneur en matière sèche (teneur en amidon), du poids spécifique, du taux des sucres réducteurs et de l'incidence des troubles physiologiques (cœur creux, cœur brun, difformité) est directement affectée par la fertilisation potassique (Panique et *al.*, 1997). Selon Chapman. (1992), à des doses moyennes de fertilisant potassique (80 et 160 Kg K / ha), un accroissement du poids spécifique et une amélioration de la couleur des croustilles ont été observés dans des sites faiblement pourvus en K, soit des sols basaltiques avec 136 mg Kg⁻¹ de K échangeable.

A un stade précoce de carence potassique, les plantes de pomme de terre disposent de stolons épais et courts leur accordant une apparence touffue. Ensuite, une chlorose jaunâtre apparaît aux bords des feuilles âgées. Les plantes sévèrement carencées présentent des brûlures sur les bords et une nécrose inter veineuse dans les feuilles âgées. A un stade avancé, les feuilles meurent et chutent.

IV-3-4/ Formes de potassium dans le sol

Parmi les éléments nutritifs majeurs, le potassium est le plus abondant dans le sol considérant que la teneur totale en potassium varie dans l'intervalle de 0,1 à 40 avec une moyenne de 14 g K kg⁻¹ (Herlihy, 1989). Le potassium existe sous quatre formes dans le sol : composante structurelle des minéraux primaire, K fixé ou non échangeable, K échangeable et K soluble dans la solution du sol (Power et Prasad, 1997).

IV-3-5/ Dynamique du potassium dans le sol

La dynamique du potassium dépend en grande partie de la minéralogie du sol qui détermine à la fois les échanges d'ions et les processus de libération-fixation. Un transfert continu débute avec du K structuré des minéraux primaires vers une forme échangeable ou fixée et K soluble. En effet, durant le cycle de croissance de la plante, le K dans la solution du sol est continuellement reconstitué par la forme échangeable qui dépend à son tour des formes fixées (non échangeable) et minérale (Schvartz et *al.*, 2005). La libération du K à partir des feldspaths demande une dissolution complète et irréversible du minéral favorisée par des conditions acides (Herlihy, 1989). La libération du K suit la séquence : Biotite > microcline $\approx$ orthoclase > muscovite (Power et Prasad, 1997).

La charge négative des micas est neutralisée entièrement par le K. Ainsi, la libération du K résulte en la formation des minéraux secondaires argileux comme l'illite (micas hydratés) et la vermiculite accompagnée d'un gain en eau ou en OH_3^+ et du gonflement de la maille de la structure cristalline. Le K passe alors d'une forme fixée non échangeable à une forme échangeable (Herlihy, 1989).

IV-4/ La dynamique des éléments minéraux dans le sol et le recouvrement des engrais

L'estimation de la dynamique des éléments nutritifs est devenue une grande préoccupation pour préserver les dégradations des ressources de base, et maintenir ainsi l'accroissement des cultures à travers une bonne gestion des éléments nutritifs dans le sol. La disponibilité des éléments minéraux dans les sols africains constitue le principal obstacle à la productivité alimentaire.

Selon Foth (1990), la majorité des éléments nutritifs prélevés par les plantes provient du sol. Ainsi Giroux (1993), le confirment en disant que l'apport d'un élément nutritif ne peut accroître les rendements que si l'élément provenant du sol est le premier facteur limitant le rendement.

La dynamique des éléments prélevés par la plante est assez complexe étant donné que l'exportation des minéraux va de paire avec la croissance des plantes, mais les vitesses de mobilisation et d'exportation varient en fonction de l'âge de la plante et elles ne sont pas les mêmes pour tous les éléments. En effet selon Bosc (1988), une variété à cycle long peut utiliser la même quantité d'azote en deux fois plus de temps qu'une variété à cycle court, si bien que la demande quotidienne, plus faible puisse être satisfaite sans apport d'engrais.

L'exportation des éléments précède la croissance de la plante. La plante choisit les éléments minéraux dont elle a besoin pour sa croissance (Tisdale et Nelson, 1975).

Mais l'exportation des éléments nutritifs par la plante se trouve freinée à cause de leur perte (Zhang et al, 2010). Selon Stoop et Staveren, (1981), les pertes moyennes de la couche arable en Afrique est de 22 kg N ha⁻¹, 2,5 kg P ha⁻¹ et 15 kg K ha⁻¹. L'intensité de ces pertes est fonction du type de minéraux, du type de sol, des conditions climatiques et de systèmes de culture (Wani et *al.*, 1995).

Ces pertes par ailleurs expliquent en partie le taux de recouvrement des fertilisants appliqués. Ainsi le taux de recouvrement mesure le rapport entre la quantité d'éléments nutritifs prélevés par la culture et celle apportée par les éléments fertilisés. Il détermine la fraction de la quantité totale des engrais apportés réellement absorbée par les cultures.

V/ Les éléments fertilisants secondaires

V-1/ Le soufre

Le soufre (S) est l'un des trois nutriments secondaires requis par les plantes pour assurer une croissance normale et saine – les deux autres étant le calcium et le magnésium. Le terme « secondaire » fait référence à la quantité plutôt qu'à l'importance d'un nutriment. Un manque d'un nutriment secondaire est tout aussi néfaste qu'une carence en azote, en phosphore ou en potassium.

Le soufre est trop souvent négligé et sous-apprécié. Il existe un équilibre significatif entre l'azote et le soufre : sans une quantité suffisante de soufre, les plantes ne peuvent pas utiliser l'azote et les autres nutriments de façon efficace afin d'atteindre leur plein potentiel.

D'une façon générale pour toutes les plantes, intervient dans le métabolisme de l'azote. On divise les plantes en trois catégories selon leurs exigences en cet élément :

- fortes exigences : 80 Kg / ha de soufre ;
- moyennes exigences : 40 kg / ha de soufre ;
- faibles exigences : 25 kg / ha de soufre. (Zuang, 1965).

C'est sous la forme minérale (sulfate) qu'il est facilement absorbé, mais la matière organique constitue la réserve principale (Miller, 1970).

Chaque année un hectare perd en moyenne de 60 à 70 kg de soufre dont voici le décompte :

- exportation dues aux cultures : 15,2 kg ;
- Lessivage : 45 kg ;

-In solubilisation : 5 kg

La restitution se fait par :

-Les précipitations atmosphériques : 10 kg ;

-Le fumier : 0,5 kg ;

-Les engrais. (Zuang, 1965).

V-1-1/ Rôle du soufre

Les plantes absorbent le soufre du substrat sous forme de sulfate (SO_4). Le sulfate est soluble et risque d'être éliminé par la lixiviation. Le métabolisme des plantes transforme le sulfate et le dioxyde de soufre pour la construction des molécules organiques. Le soufre est une partie vitale de toutes les protéines végétales et de certaines hormones végétales. Il est aussi utilisé dans la formation de certaines huiles et composés volatils chez l'oignon et l'ail.

V-1-2/ Description du symptôme

Les feuilles vert pâle/jaunes sont petites et la croissance peut être retardée. Les symptômes sont souvent visibles d'abord sur les jeunes feuilles.

V-1-3/ Provoqué par

Sols acides. Sols légers ou sableux (lessivage des sols). Faible teneur en matières organiques. Sols faiblement aérés (imbibés d'eau). Régions avec dégagements industriels faibles.

V-2/ Le magnésium

Selon Anonyme (2010), le magnésium est un constituant de la chlorophylle et joue donc un rôle important dans la photosynthèse. Cependant, il est destiné à améliorer la structure du sol (et non pas tant à « nourrir » la plante). Il est plutôt apporté sous forme d'amendements.

Il est difficile d'indiquer les quantités de magnésie à apporter à l'hectare. Il est proposé pour un sol moyennement pourvu, c'est-à-dire contenant 40 à 50 mg de magnésie /kg de terre, une fumure de base de l'ordre de 40 à 80 kg de magnésie suivant les cultures et les pertes (Zuang, 1965).

V-3/ Le calcium

Le calcium est surtout destiné à améliorer la structure de sol. Il est plutôt apporté sous forme d'amendement alors que pour la plante il a deux principaux rôles : rôle de structure et rôle métabolique. (Anonyme, 2010).

VI/ L'interaction entre les éléments fertilisants

Il est généralement admis que les éléments nutritifs ne sont pas sans actions les uns sur les autres, et souvent l'insuffisance ou l'excès de l'un d'eux influence l'absorption de l'autre.

En 1953, D. Mulder a publié "Les éléments mineurs en culture fruitière", une des premières études portant sur l'interaction des nutriments. Dans le cadre de cette étude, il a introduit un graphique qui est encore largement utilisé de nos jours.

Au fil des années, d'autres chercheurs y ont ajouté des synergies et des antagonismes possibles. L'étude des interactions entre les nutriments est inévitablement essentielle pour améliorer le rendement des cultures.

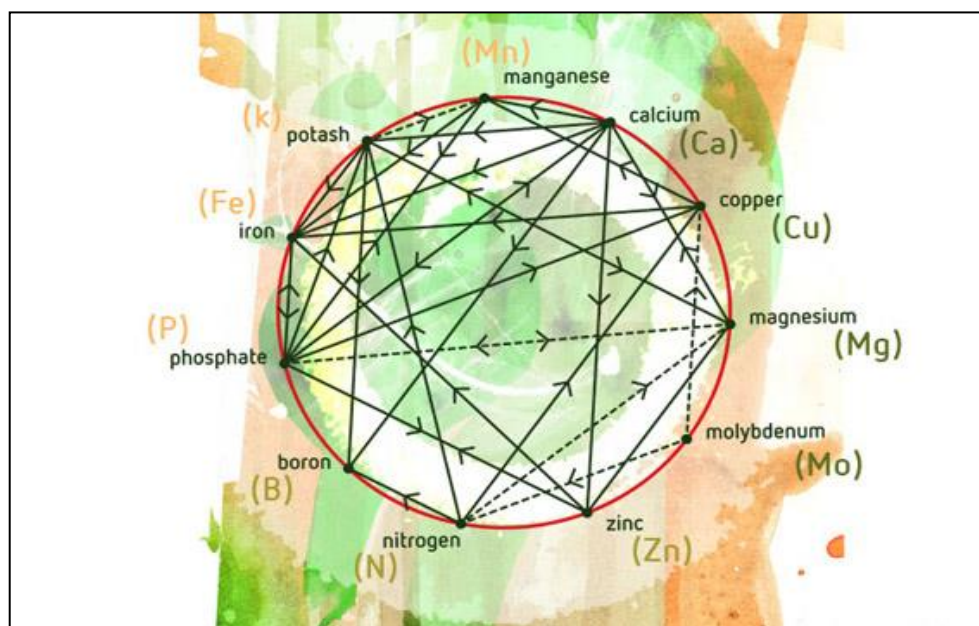


Figure N° 15 : La Charte de Mulder

La Charte de Mulder exprime l'interaction des éléments. Les lignes pointillées indiquent les relations stimulantes entre les éléments. Les lignes pleines indiquent les éléments antagoniques. Par exemple, le calcium peut entraîner une carence en magnésium,

mais l'azote peut résoudre cette carence. Il est donc inutile d'ajouter du magnésium supplémentaire!

Les proportions relatives de nutriments se répercutent directement sur la nutrition de la plante, mais également sur le substrat dans lequel elle pousse. Les cations (éléments chargés positivement) sont plus ou moins retenus par les charges négatives de certains composants du sol, comme l'argile et les matières organiques. Les cations regroupent entre autres Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ et H^+ (sodium, potassium, calcium, magnésium, ammonium et hydrogène).

Les plantes absorbent les éléments qui sont dissous dans l'eau, c'est-à-dire que les éléments emprisonnés dans le sol ne peuvent pas être assimilés directement.

Dans certains cas, toutefois, ces éléments peuvent s'infiltrer dans l'eau du substrat, les rendant ainsi assimilables par la plante.

Plus le sol ou le substrat peut contenir de cations, plus sa capacité d'échange cationique (CEC) est élevée. La proportion de cations dans le sol influence directement la texture du sol ou du substrat.

Conclusion :

L'azote a toujours eu un rôle fondamental en culture de pomme de terre. D'abord parce que la disponibilité en azote détermine de manière importante le rendement et la qualité de la production, et ensuite parce qu'en excès il a très fréquemment un effet négatif sur la qualité de la production et sur l'environnement par la pollution des eaux de surface et souterraines. Pour réduire ces effets négatifs, la fourniture d'azote pendant la croissance de la culture doit correspondre à ses besoins durant cette même période. L'azote doit bien sûr assurer le rendement (return économique). Ceci signifie que pendant la croissance, le statut en azote de la culture doit être suivi et qu'un apport complémentaire d'azote doit pouvoir être appliqué en se basant sur des indications pertinentes.

Cependant, la disponibilité en azote dans le sol est très variable et dynamique, non seulement entre années, mais aussi au sein d'une même parcelle durant une saison de culture. Ceci est dû comme on le sait à la grande variabilité de la minéralisation, du lessivage, de la dénitrification et au prélèvement de l'azote par la culture. Par ailleurs les besoins en azote de la culture de pomme de terre sont fortement affectés par les conditions de croissance et de développement. De ce fait, il faut être très attentif à la quantité et au moment d'apport de l'azote sous forme d'engrais minéral. De nombreux travaux, ont montré que des résultats significativement meilleurs dans l'utilisation de l'azote peuvent être obtenus en fractionnant les apports d'azote en cours de saison. Cela demande, comme déjà mentionné, de suivre le statut en azote de la culture.

A travers ce travail nous avons étudié le comportement d'une variété de pomme de terre "Dounia" en réponse à la fertilisation azotée. L'objectif de cette étude a été axé sur l'influence de deux engrais azotés (Sulfazote 26 % et l'Urée 46 %) sur le comportement de la plante et sur la quantité et la qualité de la production.

Paramètres de comportement de la plante :

En général, la culture de la pomme de terre a réagi positivement à un apport d'azote sur les paramètres de mesure de la partie aérienne au moment de la croissance végétative (hauteur de la plante, taux de couvert végétal). On note effectivement une différence de 14.73 cm de la hauteur moyenne des plantes (fertilisées) par rapport au témoin. La hauteur moyenne observée est successivement de 87.54 cm en fertilisation à base de Sulfazote 26 %, 83.63 cm en fertilisation à base d'Urée 46% et de 70.86 cm au témoin sans apport d'engrais.

Ces résultats permettent de remarquer une supériorité nette de la hauteur de la plante en faveur de Sulfazote 26 %. Cette différence peut être expliquée par une meilleure disponibilité et une absorption plus rapide de l'azote par la plante.

L'augmentation de couvert végétal traduit l'accroissement de la fertilisation azotée. En fertilisation azotée à base de Sulfazote 26 % le couvert végétal est nettement supérieur avec un taux maximum de 95,64 % sous traitement **T₂** (des plants bien développés de couleur vert foncé) et 90,44 % en fertilisation azotée à base d'urée 46 %.

Paramètres de la quantité et la qualité de la production :

Durant cet essai, il a été enregistré que l'effet des apports d'engrais azotée sur le comportement de la plante au moment de la tubérisation est positif (le rendement et calibre des tubercules), Le rendement observé est nettement plus élevé sous apports de Sulfazote 26 % avec 409.88 qx/ha et 322..85 qx/ha pour la fertilisation sous apport d'Urée 46 %, par contre en l'absence d'apport de fumure azotée le rendement est de 270.83 qx/ha. Ce ci suggère l'intérêt d'apporter le Sulfazote 26 %, à la lumière des rendements obtenus, ou le Sulfazote et l'Urée ont permis respectivement une amélioration de la production de 51.34 % et 19.20 % par rapport au témoin (sans fumure azotée). On confirme encore une fois l'effet positif de ce type d'engrais (sulfazote 26 %) et la nécessité d'inciter les agriculteurs à l'utiliser. Le Sulfazote 26 % a permis d'avoir des tubercules de gros calibre avec un taux de production commercialisable de 91.6 % par-rapport à l'Urée 46 % avec 87.3 %.

L'effet positif du sulfazote 26% par rapport à l'urée 46 % peut être expliqué par sa teneur également en soufre, élément dont la présence favorise l'absorption de l'azote par la plante spécialement dans les terres Algériennes à forte dominance calcaire souvent source de blocages pour les éléments nécessaires au bon développement de la plante.

Cet engrais, proposé aux agriculteurs fractionné sur cinq apports permettra de satisfaire les besoins de la culture sans toutefois verser dans l'excès qui, comme nous l'avons signalé au début, pose de sérieux problèmes environnementaux.

Annexe N° 1 : La production mondiale de pomme de terre (1991/2007)

Années	1991	1993	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007
Production	Millions de tonnes								
Pays développés	183.13	199.31	177.47	174.63	165.93	166.93	160.97	159.97	159.89
Pays en développement	84.86	101.95	108.50	128.72	135.15	145.92	152.11	160.01	165.41
Monde	267.99	301.26	285.97	303.08	301.08	321.85	313.08	319.98	325.30

Source : (FAO, 2009)

Annexe N° 2 : Répartition de la production de pomme de terre par région au monde (2007)

Région	Surface (ha x10 ³)	Production (tonnes x 10 ³)	Rendement (tonnes /ha)
Afrique	1541.5	1760.6	10.8
Asie et Océanie	8732.9	13734.4	15.7
Europe	7473.6	13022.4	17.4
Amérique latine	963.7	1568.3	16.3
Amérique du Nord	615.8	2534.5	41.2
Monde	19327.731	32530.2445	168

Source : (FAO, 2009)

Annexe N° 3 : Répartition de la superficie et de la production par type de production en Algérie (2011/2012).

Type de production	Superficie (ha)	Production (tonnes)	Rendement (tonnes/ha)
Primeur	4821	105001.2	21.8
Saison	63850	2134626.1	33.4
Arrière saison	50639	1486255.8	29.4
Total	119710	3725882	31.12

Source : (ITCMI ,2014)

Annexe N° 4 : L'évolution de superficie, la production et rendement en Algérie (2000/2013)

Années	Production (qx)	Superficie (ha)	Rendement (qx/ha)
2000	12075900	72690	166.1
2001	9672320	65790	147.0
2002	13334650	72560	183.8
2003	18799180	88660	212.0
2004	18962700	93144	203.6
2005	21565499	99717	216.3
2006	21809610	98825	220.7
2007	15068590	79339	189.9
2008	21710580	91841	236.4
2009	26360570	105121	250.8
2010	33003115	121996	270.5
2011	38621936	131903	292.8
2012	42194758	138666	304.3
2013	49280280	162707	302.9

Source : (MADR, 2013)

Annexe N° 5 : La consommation de pomme de terre par habitant par année en Algérie (1970/2005)

Année	1970	1988	1995	2002	2005
Population	13 300 000	23 700 000	27 700 000	31 300 000	32 000 000
Consommation/habit/an (kg)	20	42	41	42	+ 50
Consommation globale (Tonnes)	273 647	1 000 700	1 200 000	1 333 465	+ 1600 000

Source : (ONS, statistique agricole MADR)

Annexe N° 6 : Superficie et rendement dans la wilaya d'O E B. (2003/2004 – 2012/2013)

Années	Superficie (ha)	Production (qx)
2003/2004	593	88034
2004/2005	577	96395
2005/2006	479	78685
2006/2007	470	68573
2007/2008	531	120274
2008/2009	530	102691
2009/2010	638	137600
2010/2011	613.5	127095
2011/2012	594.5	113644
2012/2013	604	112266

Source : (DSA, 2014)

Annexe N° 7 : Valeur nutritive de pomme de terre (pour 100 g de matière fraîche)

Eau (g)	Glucides (g)	Protides (g)	Lipides (g)	K (mg)	Ca (mg)	Mg (mg)	Fe (mg)	Valeur énergétique
77.5	19.4	2.0	0.1	450	15	30	1.0	80 Calories

Source : (Rousselle et *al.*, 1996)

Annexe N° 8 : Principaux minéraux du tubercule de la pomme de terre.

Minéraux	Teneur	Minéraux	Teneur
Potassium	410	Sodium	3
Phosphore	53	Fef	0,80
Chlore	35	Manganèse	0,17
Soufre	29	Cuivre	0,16
Magnésium	27	Iode	0,03
Calcium	14	cobalt	0,01

Source : (Rousselle et *al.*, 1996)

Annexe N° 9 : Prix de référence et niveau de soutien des engrais (U : DA/ql)

Produits	Prix de référence (HT)	Soutien 20%
1-Engrais azotés		
AZOFERT 21%	2850	570
Sulfate d'ammonium 21%(cristallisé)	2000	400
UAN 32%	2000	400
SULFAZOTE 26%	3200	640
UREE 46%	3950	790
2-Engrais binaires		
NP 12 52 (phosphert)	4450	890
NP 3 22 (phosfactyl) + OE	6400	1280
PK 20 25 (Base sulfate)	5650	1130
3-Engrais composés		
NPK 8 10 30 (PATFERT)	6150	1230
NPK 16 16 16 (MAXIFERT)	5450	1090
NPK 15 15 15 (Base Sulfate)	5400	1080
NPK 11 15 15 (Base Sulfate)	5350	1070
NPK 11 15 15 (ITALFERT) base chlore	4650	930
NPK 10 5 12 (TIMASPRINT) + OE	6900	1380
NPK 8 10 22 (Bioactil superbe) + OE	7400	1480
NPK 6 8 18 (D Coder) + OE	6700	1340
4-Engrais phosphatés		
TSP 46%	3500	700
SSP 20%	2660	532
5-Engrais potassiques		
Potasse K ₂ O (POTAFERT)	7650	1530

Produits	Prix de référence (HT)	Soutien 20%
1-Engrais solubles		
NPK 12 61 0 (MAP)	210	42
NPK 13 42 10 + 2 MGO + OE	170	34
NPK 20 20 20 ou 12 12 34 + OE	150	30
NPK 30 10 10 ou 7 4 40 + OE	130	26
NPK 14 40 5 ou 15 5 35 + OE	360	72
NPK 23 5 5 + OE	290	58
2-Engrais liquides		
Engrais azoté 16% + SO ₃ (KSC Sulfacid)	700	140
NP 6 13 ou 3 30 (LEADER Alpha) + OE	1120	224
NP 3 35 (Eurofit Max) + OE	1370	274
NP 13 5 (Fertiactyl GZB)	1080	216
NPK 9 5 4 ou 4 6 9 (Fertileader) + OE	940	188

Source : (ITCMI, 2016)

NB : OE Oligo-éléments

Annexe N° 10 : Points forts et points faibles des nouvelles variétés

Variétés	Année d'inscription	Catégorie	Précocité de maturation	Tubercule						Qualité				Maladies et accidents physiologiques										Indice de rendement (Bintje = 100)
				Peau	Chair	Forme	Régularité	Yeux	Grosueur	Groupe culinaire	Matière sèche	Coloration à la friture	Conservation	Mildiou du feuillage	Mildiou du tubercule	Gale commune	Virus		Egermage	Repos végétatif	Nématodes à kystes PA2-3	Nématodes à kystes RO1-4		
																	Y	Enr						
CHARMEUSE	2012	C	7	J	J	Oa à All	6	8	5-6	A	2	3	8	2	1	3	3	6	5	6	S	S	100*	
DOUNIA	2012	C	5	J	Jp	O à Oa	7	7	7	B	5	4	7	4	4	4	3	1	5	5	S	R	115*	
EL BEIDA	2012	C	7	J	Bl	O	8	7	8	A	2	3	7	2	3	3	5	3	5	4	S	S	105*	
MISS ANDES	2012	C	7-8	J	J	Oc à O	6	6	6	B	6	5	7	3	3	8	8	8	6	5	S	R	84*	
MYLENE	2012	C	7	R	J	O à Oa	7	7	6	B	5	6	7	2	4	6	6	3	4	5	S	R	96*	
CHARLOTTE	1981	Cf	7	J	J	Oa	8	7	5	A	4	6	5	4*	6	5	6	4	5	4	S	S	90	
A G ATA	1990	C	7-8	J	J	Oc à O	8	7	6	A-B	1	4	5	4	8	5	6	4	3	3	S	R	98	
MONALISA	1982	C	7-8	J	J	O	8	8	7	A-B	3	4-5	5	6	5	4	7	7	1-2	6	S	S	102	
BINTJE	1935	C	7	J	J	O	7	7	6	B-C	5	7	5	3	3	3	3	6	5	5	S	S	100	
DESIREE	1971	C	4-5	R	J	O	6	7	7	B-C	6	5-6	7	5	7	3	7	4	7	8	S	S	104	

Source : (Arvalis –Institut de végétal)

* indice de rendement estimé ou note modifiée par Arvalis-Institut du végétal

Les caractères sont notés de 1 à 9 : 1 : tardif, faible, sensible ou défavorable pour le caractère ; S = sensible/9 : précoce, élevé, résistant ou favorable pour le caractère ; **R** = résistant

Le repos végétatif est noté de 2 : très court à 8 : très long

Catégorie : C = consommation ; Cf = consommation à chair ferme

Couleur : J = jaune ; Jj = jaune foncée ; Jp = jaune pâle ; R = rouge

Egermage = vitesse d'incubation des plants (1 : très sensible ; 9 : très peu sensible)

Forme : O = oblong ; Oa = oblong allongé ; All = allongé ; Clav = claviforme

Groupe culinaire (texture) : classement de **A** (délitement très faible ou nul ; faible farinosité ; homogène) à **D** (délitement très élevé ; forte farinosité ; hétérogène)

Matière sèche : 1 ~ 16,5 % ; 9 ~ 26,0 %

Source : GEVES/Arvalis-Institut du végétal 28 janvier 2012 - N° 99

Annexe N° 11 : Les sites de démonstration**Site de démonstration N° 01****Renseignement sur l'exploitation**

Nom de l'exploitation : Baggaa Boudjamaa

Commune : Ouled Hamla

Daïra : Ain Mlila

Wilaya : OEB

Comment s'est répartie la superficie agricole de l'exploitation durant les 03 dernières campagnes ?

Libelle	Importance pour les 03 dernières campagnes					
	2013/2014		2014/2015		2015/2016	
	Sup	Rdt	Sup	Rdt	Sup	Rdt (qx/ha)
Surface agricole totale (ST)	60 ha	N-D	N-D	N-D		
Surface agricole utile (SAU)	60 ha	N-D	N-D	N-D		
Superficie culture PDT	-	-	-	-	8 ha	Avec sulfazote : 324.15 qx/ha Avec Urée : 285.00 qx/ha Avec fertilisation foliaire : 266.63 qx/ha
Superficie de la parcelle de démonstration	- <u>Sup</u> : 2400 m ² (1200 m ² site + 1200 m ² témoin) - <u>THEME</u> / Effet de la fertilisation Azotée (Sulfazote) sur le rendement de la PDT (sulfazote 26 % = 4 qx/ha, Urée 46 % = 2 qx/ha) - <u>Date de plantation</u> : 08 /03/2016					

Suivi de l'itinéraire technique au niveau de l'exploitation

Espèce : PDT Variété : Elodie

Superficie déclarée : 08 ha

Précédent cultural : blé

Opération culturale	Période	Profondeur	Matériel utilisé	APPROVISIONNEMENTS		
				Nature	Dose	Origine
Installation de la culture						
Préparation du sol						
Désinfection du sol	-					
Labour	Déc. 2016	30 cm	Ch á socs			
Discage	Nov2016	20 cm	Scarif 4 passages			
Nivelage						
Rayonnage/billonnage	Fin Fév2016	0.75 cm	Billonneuse			
Fertilisation de fond						
Organique	-					
Minérale	Début Mars 2016		Epandeur	NPK 15.15.15	7.5 qx/ha	
Plantation						
Manuelle	-					
Mécanique	08/03/2016		Planteuse	Elodie	40 qx/ha	
Entretien de la culture						
Binage/ Buttage	28/03/2016		Bineuse			
Désherbage chimique	Avril 2016		pulvérisateur	Vapcor	500 gr/400l	
Fertilisation d'entretien	10/05/2016			Azotée	sulfazote 26 % = 4 qx/ha Urée 46 % = 2 qx/ha	
	Fin juin			fertilisation	2 L/ha	

	2016			foliaire		
Irrigation						
Raie						
Goutte/goutte						
Aspersion			X			
Submersion (ruissellement)						
Traitements phytosanitaires						
Fongicides	Juin/2016		pulvérisateur	Contre mildiou	2 L/Ha	
Insecticides	-					
Défanage	-					

Résultats :**Rendement:**

Paramètres	Avec sulfazote	Avec Urée	Avec fertilisation foliaire
Rendement	324.15 qx/ha	285.00 qx/ha	266.63 qx/ha

- Avec sulfazote/ Urée : 39.13 qx soit **13.74 %**
- Avec sulfazote/ fertilisation foliaire : 57.52 qx soit **21.57 %**
- Avec Urée / fertilisation foliaire : 18.37 qx soit **6.88 %**

Site: Sulfazote 26%**Témoin:** Urée 46%**Témoin:** Engrais foliaire

Site de démonstration N° 02**Renseignements sur l'exploitation**

Nom de l'exploitation : HAMED LAZHAR

Commune : Lahouidjbet /Daïra : Malabiod

Wilaya : Tebessa

Comment s'est répartie la superficie agricole de l'exploitation durant les 03 dernières campagnes ?

Libelle	Importance pour les 03 dernières campagnes					
	2013/2014		2014/2015		2015/2016	
	Sup	Rdt	Sup	Rdt	Sup	Rdt (qx/ha)
Surface agricole totale (ST)	08Ha	ND	8 Ha	ND	08 Ha	ND
Surface agricole utile (SAU)	08Ha	ND	8 Ha	ND	08 Ha	ND
Superficie culture PDT	02 Ha	250qx/ha	3Ha	290qx/ha	03 Ha	T1= <u>318.75</u> qx/ha T0= <u>281.25</u> qx/ha
Superficie de la parcelle de démonstration	<u>Sup</u> : 5000 m ² (2500 m ² site + 2500 m ² témoin) <u>THEME</u> / Effet de la fertilisation Azotée (Sulfazote) sur le rendement de la PDT (sulfazote 26 % = 4 qx/ha, Urée 46 % =2 qx/ha) <u>-Date de plantation</u> : 22/03/2016					

Suivi de l'itinéraire technique au niveau de l'exploitation

Espèce : PDT Variété : Timate E Origine : OUEST

Superficie déclarée (cultivée): 03 ha

Précédent cultural : 1- Céréales, 2- Jachère

Opération culturale	Période	Profondeur	Matériel utilisé	Approvisionnements		
				Nature	Dose	Origine
Installation de la culture						
Préparation du sol						
Désinfection du sol						
Labour	Septembre 2015	25-35 Cm	charrue à disque			
Discage	Mars 2016	15-20 Cm	Cover Croop			
Nivelage	Mars 2016	10-12 Cm	Scarificateur			
Rayonnage/billonage	Mars 2016	0.75 cm	Billonneuse			
Fertilisation de fond						
Organique	Février 2016	-	Distributeur de fumier	Volaille	13 T/ha	
Minérale	22/03/2016	-	Planteuse	NPK (15.15.15)	06 qx/ha	
Plantation						
Mécanique	22/03/2016	05-08 Cm	Planteuse	Timate E	35 qx/ha	
Entretien de la culture						
Binage Buttage	22/03 et 28/04/2016		Bineuse-Buteuse			
Désherbage chimique	30/04/2016		Pulvérisateur	Métribuzine	750gr/ha	
Fertilisation	20/05/2016			Sulfazote	4	

d'entretien			Manuelle	site	qx/ha	
	20/05/2016			Urée 46%	2 qx/ha	
	23/06/2016		Pulvérisateur	By potasse	400 ml/hl	
	10/07/2016				400 ml/hl	
Irrigation						
Raie						
Aspersion	15 irrigations		Aspersion			
Traitements phytosanitaires						
Fongicides Préventif -Curatif	01/06/2016			Mancozeb e	2-2.5 kg/ha	
	17/06/2016			Consento	2 L/ha	
	03/07/2016			Méthiltipha nate	250 gr/hl	
Insecticides	25/06/2016			Décis	0.2- 0.3 L/ha	
	15/07/2016			Alphacid	30-50 ml/hl	
Récolte et poste récolte						
Mécanique	Aout		Arracheuse			

Résultats :**Rendement:**

Paramètres	Site (T1)	Témoin (T0)	Différence	Taux d'amélioration
Rendement	318.75 qx/ha	281.25 qx/ha	37.50 qx/ha	13.33%

Parcelle démonstration Avec Sulfazote 26%



Parcelle témoin Avec Urée 46%



Site de démonstration N° 03**Renseignements sur l'exploitation**

Nom de l'exploitation : Kaaouache Farid

Commune : Ain Djasser

Daïra : Ain Djasser

Wilaya : Batna

Comment s'est répartie la superficie agricole de l'exploitation durant les 03 dernières campagnes ?

Libelle	Importance pour les 03 dernières campagnes					
	2012/2013		2013/2014		2014/2015	
	Sup	Rdt	Sup	Rdt	Sup	Rdt (qx/ha)
Surface agricole totale (ST)	5 Ha	ND	ND	ND		
Surface agricole utile (SAU)	5 Ha	ND	ND	ND		
Superficie culture PDT	1 ha	300qx/ha	1 ha	250-300 qx/ha	1200 m ²	Témoin : 423.9 qx Site : 334.8 qx
Superficie de la parcelle de démonstration	- <u>Sup</u> : 1200 m ² - <u>Thème</u> : fertilisation azotée de la culture de pomme de terre (Effet du Sulfazote et Urée) - <u>Date de plantation</u> : 26/04/2015					

Suivi de l'itinéraire technique au niveau de l'exploitation

Espèce : PDT

Variété : Amorosa A

Origine : locale

Superficie déclarée : 1200 m²

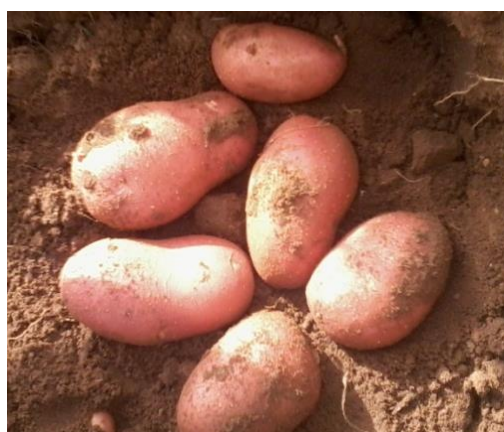
Précédent cultural : cucurbitacées + Mais

Opération culturale	Période	Profondeur	Matériel utilisé	APPROVISIONNEMENTS		
				Nature	Dose	Origine
Installation de la culture						
Préparation du sol						
Désinfection du sol						
Labour	20/04/2015		Ch à disq			
Croisage + recroisage	22/04/2015		C/C en 02 passages			
Fertilisation de fond						
Organique						
Minérale	22/04/2015			15.15.15 MAP	50 kg/ha 50 kg	
Plantation						
En billon	26/4/2015		planteuse	0.17* 0.75	Amorosa	
Désinfection semences	15/04/2015			Bouillie bordelaise	500 gr/40 l	
Mécanique						
Entretien de la culture						
Binage Buttage						
Désherbage chimique	11/02/015		Pulvérisateur	Vapcor	700 gr/ha	

Fertilisation d'entretien	02/06/01 5			Potasse 50%	1 qx /ha	
Irrigation						
Raie						
Aspersion			X			
Traitements phytosanitaires						
Fongicides	néant	néant	néant	néant	néant	
Insecticides	néant	néant	néant	néant	néant	
Récolte et poste récolte						
Manuelle						
Mécanique	1/08015		mécanique			

Résultats :**Rendement:**

Paramètres	Site (T1)	Témoin (T0)	Différence	Taux d'amélioration
Rendement	423.9 qx/ha	334.8 qx/ha	89.1 qx/ha	26.61 %

**Parcelle Avec Sulfazote 26%****Parcelle témoin Avec Urée 46%**

Libelle	Importance pour les 03 dernières campagnes						observati on
	2011/2012		2012/2013		2013/2014		
	Sup	Rdt	Sup	Rdt	Sup	Rdt	-
Surface agricole totale (ST)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Changem ent de lieu de culture- exploitati on
Surface agricole utile (SAU)	ND	ND	ND	ND	20	ND	//
Superficie culture PDT	ND	ND	ND	ND	06 Ha-locati on-	Urée (46%): 432.56 qx/ha. Sulfazote (26%): 543.50 qx/ha.	
Superficie de la parcelle de démonstration	- <u>Sup</u> : 0.5 ha - <u>THEME</u> : effet de la Fertilisation azotée sur le rendement de la pomme de terre (Urée (46%) : 106U/ha. Sulfazote 26 % : 106U/ha) - <u>Date de plantation</u> : 11/04/2014						

Itinéraire technique au niveau de l'exploitation campagne 2013/2014

Espèce : PDT Variété : Fabula Origine : Importation

Mode de production : Saison

Superficie déclarée : 06 ha Précédent cultural : Orge

Opération culturale	Période	Profondeur	Matériel utilisé	APPROVISIONNEMENTS		
				Nature	Dose	Origine
Installation de la culture						
Préparation du sol						
Désinfection du sol	Néant					
Labour	Juillet 013	40-50 Cm	Charrue à Soc			
Disage (02 passages)	Fev-mars	20 Cm	Scarificateur	02 fois		
Nivelage						
Rayonnage/billonnage						
Fertilisation de fond						
Organique « fumier »						
Minérale				N.P.K 15.15.15	10q/ha	
Plantation						
En ligne						
Autre : en billon						
Manuelle						
Mécanique	11/4/014		planteuse		30 qx/ha	
Entretien de la culture						
Binage	10/05/014		B-B			
Buttage						
Désherbage	29/04/014			Metricalm	700 gr/ha	
Brise vents						

Fertilisation d'entretien (Azote/ potasse) Autres	25/04/01 4		manuelle manuelle	Urée 46% Sulfazote 26%	2.30 q/ha 4.08 q/ha	
Irrigation						
Raie						
Goutte/goutte						
Aspersion				Aspersio n		
Traitements phytosanitaires						
Préventif et Curatif	21/06/14		Pulvérisate ur	Previceur (ENERG Y 840 SL) fongicide	2.5 l/ha	
Récolte et poste récolte						
Manuelle						
Mécanique	29/07/14		Arracheuse			
Nettoyage des racines						

Résultats :**Rendement:**

Paramètres	Site (T1)	Témoin (T0)	Différence	Taux d'amélioration
Rendement	543.50 qx/ha	432.56 qx/ha	110.94 qx/ha	25.64 %

Parcelle fertilisée par Urée 46%



Parcelle fertilisée par Sulfazote 26%



Résumé

L'étude comparative de deux fertilisants de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.), variété Dounia a été menée à travers une expérimentation en plein champ à la station I.T.C.M.I d'Oum El Bouaghi, en appliquant le Sulfazote 26 % (T₂) et l'Urée 46 % (T₁).

Les résultats de cette étude ont fait ressortir la supériorité de la fertilisation à base de Sulfazote 26 % par rapport à la fertilisation à base d'Urée 46 % et la confirmation de l'application fractionnée en cinq apports. L'avantage de la fertilisation azotée à base de Sulfazote 26 % est constaté sur la croissance de la plante, le rendement et la qualité des tubercules notamment la proportion de gros calibre (Tubercules commercialisables).

Le rendement obtenu en fertilisation azotée à base de Sulfazote 26 % est de 409.88 qx/ha, nettement plus élevé par rapport à ceux obtenus par l'Urée 46 % 322.85 qx/ha et le témoin 270.83 qx/ha (sans apport d'engrais azoté).

Mots clés : pomme de terre, fertilisation azotée, Sulfazote 26%, Urée 46 %

Summary

The comparative study of two fertilisers of the potato (*Solanum tuberosum* L.), Dounia variety was undertaken through experimentation in full field to the station of the I.T.C.M.I Oum El Bouaghi, by applying two nitrogen fertilizers: Sulfazote 26 % (T₂) and Urée 46 % (T₁).

The results of this study emphasized the superiority of the Sulfazote 26 % to the Urée 46 % and the confirmation of the application of fertilisers in five fractions. The advantage of the fertilization by Sulfazote 26 % is noted on the growth of the plant, the output and the quality of the tubers in particular the proportion large tuber. (Commercial tubers).

The average output obtained in fertization by Sulfazote 26 % is of 409.88 qx/ha, definitely higher compared to those usually obtained by Urée 46 % 322.85 qx/ha and witness treatment 270.83 qx/ha.

Key words: potato, nitrogen fertilization, Sulfazote 26 %, Urée 46 %.