

Table des matières

<i>Liste des figures et planches</i>	i	
<i>Liste des tableaux</i>	ii	
<i>Liste des abréviations</i>	iii	
Introduction	1	
<i>1^{ère} Partie éléments bibliographiques</i>		
Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre		3
1. Description botanique.....	3	
1.1. Classification	3	
2. Description morphologique	5	
2.1. Partie aérienne	5	
2.2. Partie souterraine	5	
2.2.1. Structure du tubercule.....	6	
3. Les caractéristiques du tubercule.....	8	
3.1. La forme	8	
3.2. La couleur.....	8	
3.3. Composition chimique du tubercule.....	8	
4. Physiologie et multiplication de la pomme de terre	9	
4.1. Cycle sexué.....	9	
4.2. Cycle végétatif.....	10	
4.2.1. Dormance	10	
4.2.2. Germination	11	
4.2.3. Tubérisation	11	
5. Exigences écologiques de la pomme de terre	11	
5.1. Exigences climatiques	11	
5.1.1. Température.....	11	
5.1.2. Lumière.....	12	
5.2. Exigences édaphique	12	
5.2.1. Structure et texture du sol.....	12	
5.2.2. pH.....	12	
5.2.3. Salinité.....	12	
6. Maladies et ravageurs	13	
6.1. Maladies cryptogamiques	13	
6.2. Maladies bactériennes.....	14	
6.3. Maladies virales.....	14	
6.4. Insectes et ravageurs.....	14	

7. Importance de la culture de la pomme de terre dans le monde	16
8. La filière pomme de terre en Algérie.....	17
8.1. Différentes variétés cultivées en Algérie.....	19
8.2. Principales régions productrices	20
8.3. Dates de plantation de la pomme de terre.....	21
Chapitre II : La culture hors-sol.....	22
1. Généralités sur la culture hors-sol	22
1.1. Définition.....	22
1.2. Historique	22
1.3. L'intérêt de cultiver hors sol.....	23
1.4. Exigences des cultures hors sol	23
1.5. Facteurs indispensables pour la culture hors-sol	24
1.5.1. Les besoins énergétiques	24
1.4.2. Les besoins en matériaux.....	24
2. Définition du substrat de culture	25
2.1. Principaux substrats utilisés en culture hors-sol.....	25
2.1.1. Les substrats minéraux	28
2.1.2. Les substrats organiques.....	30
3. Les systèmes de culture hors sol.....	32
3.1. Le ruissèlement nutritif ou (NFT)	32
3.2. Système Aéroponie.....	33
3.3. Système « flux-reflux » ou table à marées	34
3.4. Système à percolation « goutte à goutte »	34
2^{ème} Partie expérimentale	
Chapitre III : Matériel et méthodes	36
1. Présentation de la structure d'accueil	36
2. Dispositif expérimental	36
3. Matériel végétal	37
3.1. Caractères descriptifs des variétés	38
3.1.1. Variété <i>Désirée</i>	38
3.1.2. Variété <i>Spunta</i>	39
3.1.3. Variété <i>Chubaek</i>	40
4. Milieu de culture utilisé.....	41
4.1. Système hydroponique	41
4.2. Système de culture sur substrat	41
5. Évaluation des caractéristiques physico-chimiques du substrat	41
5.1. Porosité.....	41
5.2. Capacité de rétention en eau	42

5.3. Conductivité électrique du sol (CE)	42
5.4. Capacité d'échange cationique (CEC).....	42
5.5. Carbone organique.....	43
5.6. Dosage de l'Azote total	43
5.7. Le rapport C/N.....	44
5.8. Dosage du phosphore assimilable.....	44
5.9. pH (potentiel Hydrogène).....	44
6. Préparation des solutions nutritives	45
6.1. Étapes de préparation de la solution nutritive	45
6.2. Solution mère pour la chambre d'acclimatation.....	46
6.3. Solution mère pour la serre.....	46
7. Conduit de l'expérimentation	47
7.1. Régénération des vitro plantules.....	47
7.1.1. Culture du méristème.....	47
7.1.2. Micropropagation	47
7.1.3. Acclimatation des plantules obtenues <i>in vitro</i>	48
7.2. Plantation	51
7.2.1. Plantation en système hydroponique	51
7.2.2. Plantation sur substrat.....	51
7.3. Modalités d'injection de la solution nutritive.....	54
7.4. Entretien et soins apportés	54
7.4.1. Défeuillage.....	54
7.4.2. Tuteurage	55
7.4.3. Traitement phytosanitaire	55
7.5. Calendrier culturel	55
7.6. Choix des dates de prélèvements.....	55
8. Paramètres phénologique mesurés.....	56
8.1. Croissance en hauteur	56
8.2. Nombre de tiges par plant.....	56
8.3. Nombre de feuilles par plant	57
8.4. Poids de la biomasse aérienne et des tubercules.....	57
8.5. Nombre de tubercules par plant.....	57
8.6. Analyses et contrôles de pH et CE	58
8.7. Analyse statistique.....	59
Chapitre IV : Résultats et discussion	60
1. Résultats des analyses physico-chimiques de la tourbe utilisée	60
2. Caractérisation de l'eau utilisée pour l'irrigation	61
3. Croissance en hauteur	61

4. Nombre de tiges par plant.....	63
5. Nombre de feuilles.....	64
6. Nombre et calibre des tubercules.....	66
7. Poids de la biomasse aérienne et des tubercules.....	68
8. Résultats des analyses de la conductivité électrique et du pH de la solution	69
9. Étude des corrélations.....	71
10. Discussion générale	73
10.1. Comportement variétal	73
10.1.1. Longueur et nombre des tiges.....	73
10.1.2. Nombre de feuilles.....	73
10.1.3. Nombre et calibre des tubercules.....	74
10.2. Milieu de culture.....	75
10.3. Recommandations variétales	76
Conclusion	77
<i>Références bibliographiques</i>	79
<i>Liste des annexes</i>	81

Liste des figures et planches

Figure 1 : Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre	4
Figure 2 : Coupe longitudinale d'un tubercule de pomme de terre	6
Figure 3 : Principaux organes extérieurs du tubercule de pomme de terre	6
Figure 4 : Les différentes Formes des tubercules de pomme de terre	7
Figure 5 : Composition chimique du tubercule de pomme de terre	8
Figure 6 : Les différentes méthodes de multiplication de la pomme de terre	9
Figure 7 : Evolution physiologique du tubercule de pomme de terre	10
Figure 8 : Les différentes maladies et ravageurs de la pomme de terre	15
Figure 9 : Critères de choix d'un substrat de culture	26
Figure 10 : Principaux substrats utilisés en culture hors-sol.	27
Figure 11 : Schéma d'un système hydroponique NFT	32
Figure 12 : Schéma d'un système Aéroponique.....	33
Figure 13 : Présentation d'un système table à marées.....	34
Figure 14 : Schéma d'un système de goutte à goutte	35
Figure 15 : Photo de la variété Désirée entière, en coupe et le germe.	38
Figure 16 : Photo de la variété Spunta entière, en coupe et le germe.....	39
Figure 17 : Photo de la variété Chubaek entière, en coupe et le germe.	40
Figure 18 : Propagation des vitroplants.....	48
Figure 19 : Acclimatation des plantules obtenues par la technique <i>in vitro</i> dans la chambre d'acclimatation... ..	50
Figure 20 : Dispositif expérimental.....	52
Figure 21 : Schéma généalogique de la production des semences de pomme de terre.	53
Figure 22 : Schéma de l'installation de fertigation.	58
Figure 23 : Évolution de la hauteur moyenne des variétés en fonction du temps en hydroponie.	62
Figure 24 : Évolution de la hauteur moyenne des variétés en fonction du temps sur substrat.....	62
Figure 25 : Évolution du nombre moyen de feuilles des variétés en fonction du temps en hydroponie.....	65
Figure 26 : Évolution du nombre moyen de feuilles des variétés en fonction du temps sur substrat....	65
Figure 27 : Photo illustrant le nombre et le calibre des tubercules obtenus par plant pour les trois variétés.	66
Figure 28 : Répartition du nombre et du calibre des tubercules par plant sur les deux milieux de culture.	67
Figure 29 : Poids de la biomasse fraîche produite par plant.	68
Figure 30 : Schéma explicatif de l'estimation de la consommation moyenne des éléments nutritifs des variétés testées conduites dans les deux milieux de culture.....	71

Liste des tableaux

Tableau 1 : Micronutriments d'une pomme de terre crue, non épluchée, 213g.....	9
Tableau 2 : Principaux pays producteurs de pommes de terre	16
Tableau 3 : Production de pommes de terre, par région.....	17
Tableau 4 : Consommation de pommes de terre, par région.....	17
Tableau 5 : Evolution de la production de pommes de terre de consommation 2000-2010	18
Tableau 6 : Evolution de la production de semences de pommes de terre 2000-2009.....	19
Tableau 7 : Liste des variétés de pommes de terre autorisées à la production et à la commercialisation en Algérie	20
Tableau 8 : Les principales wilayas productrices de pomme de terre pour l'année 2006	21
Tableau 9 : Propriétés physiques et chimiques générales des substrats minéraux et organiques.....	28
Tableau 10 : Composition biochimique moyenne des tourbes en fonction de leur composition botanique initiale et de leur degré d'évolution.....	31
Tableau 11 : Classification des tourbes en fonction de leur couleur et de leur origine.....	32
Tableau 12 : Descriptions de la variété <i>Désirée</i>	38
Tableau 13 : Descriptions de la variété <i>Spunta</i>	39
Tableau 14 : Descriptions de la variété <i>Chubaek</i>	40
Tableau 15 : Compositions minérales des solutions nutritives utilisées dans la chambre d'acclimatation.....	46
Tableau 16 : Compositions minérales des solutions nutritives utilisées dans la serre.	46
Tableau 17 : Résultats des analyses physico-chimiques de la tourbe utilisée.....	60
Tableau 18 : Résultats des analyses de l'eau de Sebaïne.....	61
Tableau 19 : Classification des eaux.....	61
Tableau 20 : Moyenne de la longueur finale des tiges.....	62
Tableau 21 : Analyse de la variance de la longueur des tiges en fonction de la variété du milieu et du temps..	63
Tableau 22 : Nombre de tiges par plant.....	63
Tableau 23 : Analyse de la variance du nombre des tiges en fonction de la variété du milieu et du temps.....	64
Tableau 24 : Moyenne du nombre final de feuilles par plante.....	65
Tableau 25 : Analyse de la variance du nombre de feuilles en fonction de la variété du milieu et du temps. ...	66
Tableau 26 : Analyse de la variance du nombre de tubercules en fonction de la variété et du milieu..	67
Tableau 27 : Quantité de biomasses fraîches produites par plant.....	69
Tableau 28 : Valeurs du pH des solutions nutritives avant et après irrigation.....	69
Tableau 29 : Valeurs de la CE des solutions nutritives avant et après irrigation.....	70
Tableau 30 : Matrice des corrélations entre les différents paramètres mesurés et facteurs.....	72

Liste des abréviations

Abréviation	Signification (unités)
al	Collaborateurs
°C	Degré Celsius
cm	Centimetre
CNCC	Contrôle et certification des semences et plants
CEC	Capacité d'échange cationique
CE	Conductivité électrique
dS.m ⁻¹	Déci-Siemens par mètre
E	Exponentiel
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
MADR	Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
meq	Milliéquivalent
ml	Millilitre
min	Minute
mm	Millimètre
MS	Murashige et Skoog (milieu de culture utilisé dans la culture <i>in vitro</i>)
m.s.	Matière sèche
n°	Numéro
INPV	Institut national de la protection des végétaux
ITCMI	Institut Technique Des Cultures Maraichères & Industrielles
PDT	Pomme de terre
PLRV	Virus de l'enroulement de la pomme de terre
PVX	Virus X de la pomme de terre
PVY	Virus Y de la pomme de terre
qx	Quintaux
NFT	Nutrient Film Technique
pH	Potentiel hydrogène
s	Seconde
S.m ⁻¹	Siemens par mètre
TDS	Exprime la masse de sel dissoute dans un litre d'eau. C'est donc le nombre de particules pour 1000 ou ppm (parties pour mille) ou simplement mg/L

Introduction

Introduction

La culture de la pomme de terre est une culture prometteuse qui offre de nombreux atouts ; d'un point de vue agronomique, sa culture est aisée, son potentiel de rendement est important (20 à 30 t/ha). D'un point de vue nutritionnel, elle se classe parmi les plantes à tubercule les plus nutritives avec une teneur énergétique élevée. D'un point de vue commercial, elle est très appréciée par les populations (l'Algérie consomme 60 kg de pommes de terre par personne et par an) et elle constitue une culture de rente pour de nombreux agriculteurs.

La place qu'elle occupe comme aliment de base pour la population mondiale a conduit l'Organisation des Nations Unies à déclarer l'année 2008 « Année internationale de la pomme de terre ». D'après Jacques Diouf directeur général de la FAO (2008) la pomme de terre est en première ligne dans la lutte contre la faim et la pauvreté dans le monde.

Par conséquent, on peut présumer que l'extension de sa culture débouchera sur un accroissement de la sécurité alimentaire des pays producteurs.

En Algérie, la filière pomme de terre dans tous ses volets semences et consommation occupe aujourd'hui une place stratégique dans la nouvelle politique du renouveau agricole et rural, où sa culture reste parmi les espèces maraîchères, qui occupe une place stratégique tant par l'importance qu'elle occupe dans l'alimentation, les superficies qui lui sont consacrées, l'emploi qu'elle procure que par les volumes financiers qui sont mobilisés annuellement pour sa production locale et/ou son importation (consommation et semence).

A l'inverse de la production de pomme de terre de consommation qui a connue une augmentation remarquable ces dernières années, la production de semences de cette culture connaît depuis longtemps, une stagnation avec une production médiocre qui est destinée essentiellement à l'arrière-saison et une partie de la tranche primeur, d'où les importations qui couvrent la moitié des besoins nationaux 220 000 t/an soit un coût d'importation qui varie entre 65 et 70 millions d'euros selon les années. Ces semences importées ne présentent pas souvent les qualités requises pour nos conditions edapho-climatiques, et dans certains cas les semences importées sont à des âges physiologiques très avancés ce qui influencera sur leur rendement.

Pour prendre ce problème à bras le corps, une enveloppe budgétaire importante lui est consacrée, notamment en ce qui concerne la production des semences, et ce par la construction de trois laboratoires moderne et l'introduction de nouvelles techniques comme la culture *in vitro* et la culture hors-sol qui est l'une des technologies modernes utilisées

aujourd'hui pour de nombreuses cultures ; et parmi elles la production de minitubercules de qualité sanitaire supérieure à partir de vitroplantules, car une meilleure productivité est impossible autrement qu'avec cette technique.

C'est dans cette optique, que nous avons jugé intéressant d'étudier la production de semences de pomme de terre avec cette nouvelle technique, pour tirer un meilleur parti de cette technologie dans le but de la maîtriser et de l'utiliser selon notre stratégie et nos objectifs.

L'objectif globale de ce travail est d'évaluer la réponse des trois variétés de pommes de terre (*Spunta*, *Désirée* et *chubaek*) dans deux milieux de culture hydroponique et substrat pour déterminer leurs potentialités de production dans chaque milieu et chercher à déterminer la méthode de culture la plus adaptée pour chaque variété de pomme de terre.

Ce travail est structuré en deux parties, la première partie représente des rappels bibliographiques sur la pomme de terre et la culture hors-sol. La deuxième partie présente le matériel et les méthodes utilisées, les essais réalisés, ainsi que les résultats obtenus et leurs interprétations.

Chapitre I

Généralités sur la pomme de terre

Chapitre I : Généralités sur la pomme de terre

1. Description botanique

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

1.1. Classification

La place de la pomme de terre dans le règne végétal est :

Ordre : *Solanales*

Famille : *Solanaceae*

Genre : *Solanum*

Section : *Petota*

Série : *Tuberosa*

Espèce : *Solanum tuberosum* L

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) appartient à la famille de solanacées. Le genre *solanum* regroupe environ 2 000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (HAWKES, 1990). Dont les tubercules font l'objet d'un commerce international important. C'est une plante vivace qui se propage par multiplication végétative et qui est cultivée comme une espèce annuelle (ROUSSELLE *et al.*, 1992).

Cette plante à tubercules a subi une évolution que rarement des végétaux connaissent (amélioration et séquençage génétique par le biais de la biotechnologie). Les chiffres de sa consommation directe et de ses différentes transformations dans l'industrie lui prédisent un avenir des plus prometteurs.

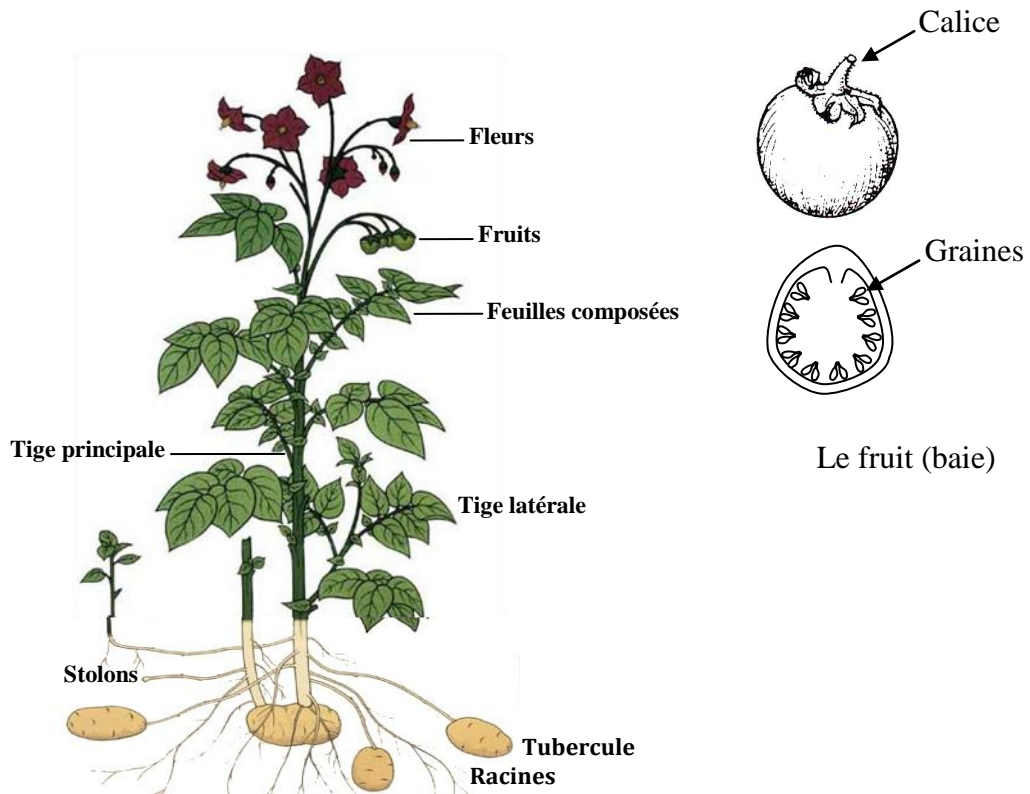
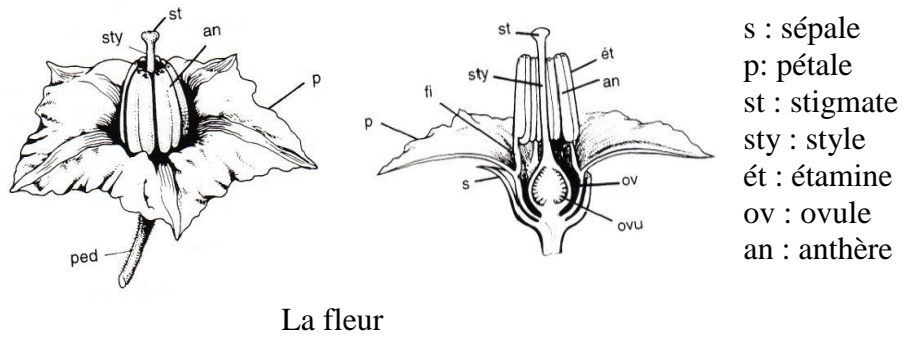


Figure 1 : Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre

2. Description morphologique

2.1. Partie aérienne

Chaque plante est composée d'une ou plusieurs tiges herbacées de port plus ou moins dressé et portant des feuilles composées (ROUSSELLE *et al.*, 1992). Comme les tiges et les feuilles, le fruit contient une quantité significative de solanine, un alcaloïde toxique caractéristique du genre.

Les inflorescences sont des cymes axillaires, les fleurs sont autogames : ne contiennent pas de nectar, elles sont donc peu visitées par les insectes et la fécondation croisée est presque inexistante dans la nature (ROUSSELLE *et al.*, 1992).

Certaines fleurs sont souvent stériles. La production de fruits est généralement rare parfois nulle. On connaît des variétés de pommes de terre qui fleurissent abondamment mais qui ne fructifient pas (SOLTNER, 1988).

2.2. Partie souterraine

Le système souterrain représente la partie la plus intéressante de la plante puisqu'on y trouve les tubercules qui confèrent à la pomme de terre sa valeur alimentaire. L'appareil souterrain comprend le tubercule mère desséché et des tiges souterraines ou stolons (BERNHARDS, 1998).

Le tubercule de pomme de terre n'est pas une portion de racine, c'est une tige souterraine. Comme toutes les tiges, il est constitué d'entre nœuds, courts et et épaissis dans le cas présent, et porte des bourgeons (que l'on appelle les « yeux ») situés dans de petites dépressions. En se développant, les bourgeons donnent les germes et les futures tiges aériennes.

Les racines prennent naissance sur différentes parties : au niveau des nœuds enterrés des tiges feuillées, au niveau des nœuds des stolons ou encore au niveau des yeux du tubercule.

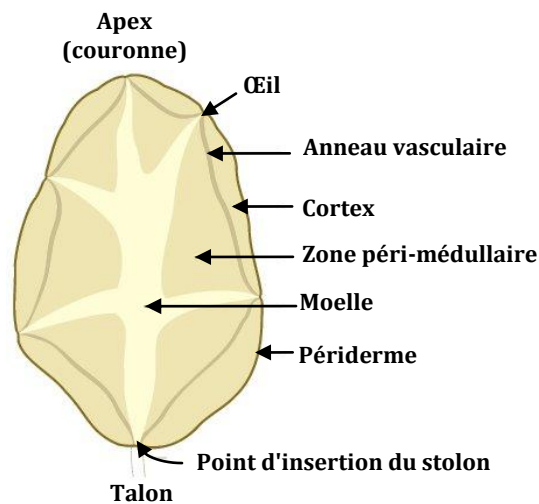


Figure 2 : Coupe longitudinale d'un tubercule de pomme de terre

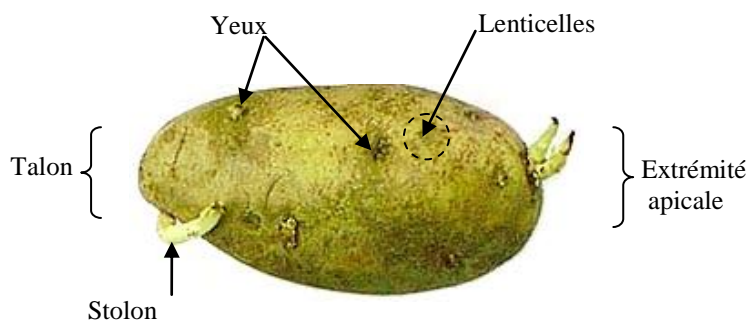


Figure 3 : Principaux organes extérieurs du tubercule de pomme de terre

2.2.1. Structure du tubercule

a) Structure externe

Le tubercule de pomme de terre est une tige souterraine avec des entre-nœuds courts et épais. Il a deux extrémités :

Le talon (ou hile) rattaché à la plante- mère par le stolon.

La couronne (extrémité apicale opposée au talon) où, la plupart des yeux sont concentrés.

Les yeux sont disposés en spirale et leur nombre est fonction de la surface (ou calibre) du tubercule. Chaque œil présente plusieurs bourgeons qui donnent des germes. Ces derniers produisent, après plantation, des tiges (principales et latérales), des stolons et des racines. (BERNHARDS, 1998).

b) Structure interne

Sur la coupe longitudinale d'un tubercule arrivé à maturité, on observe de l'extérieur vers l'intérieur tout d'abord :

Le périderme, connu plus communément sous le nom de la peau. La peau du tubercule mûr devient ferme et à peu près imperméable aux produits chimiques, gazeux et liquides. Elle est aussi une bonne protection contre les micro-organismes et la perte d'eau.

Les lenticelles assurent la communication entre l'extérieur et l'intérieur du tubercule et jouent un rôle essentiel dans la respiration de cet organe. L'examen au microscope optique montre que les cellules des parenchymes périvasculaires sont petites et contiennent de très petits grains d'amidon.

Les cellules du parenchyme cortical sont plus grandes et renferment beaucoup plus de grains d'amidon, de moindre taille que dans la moelle.

Le tissu de revêtement (le périderme) est la région du tubercule la plus pauvre en grains d'amidon. La zone périmédullaire présente les plus gros grains d'amidon (Bernhards, 1998).

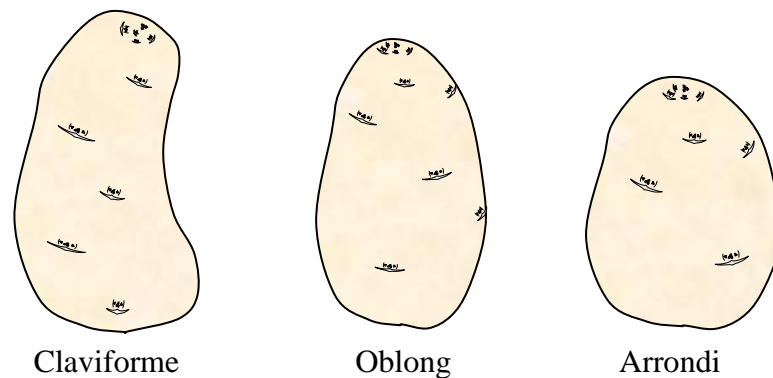


Figure 4 : Les différentes formes des tubercules de pomme de terre

3. Les caractéristiques du tubercule

3.1. La forme

Les tubercules sont classés en trois grands types :

Les claviformes : qui sont plus ou moins en forme de rein, comme la *Ratte*

Les oblongs : de forme plus ou moins allongée (un peu comme un kiwi), comme *Ostara*, *Bintje Spunta* ou *Béa*

Les arrondis : qui sont souvent bosselés; ce sont des variétés surtout destinées à produire de la féculé

3.2. La couleur

Il faut distinguer deux couleurs ; de la peau et de la chair

La couleur de la peau : est généralement jaune, mais peut être rouge, noire, brune ou rosée.

La couleur de la chair : elle est blanche, jaune plus ou moins foncée, rose ou violette selon les variétés (ROUSSELLE *et al.*, 1992).

3.3. Composition chimique du tubercule

Le tubercule est constitué, principalement, d'eau (environ 75% du poids). Le reste est formé par la matière sèche : acides aminés, protéines, amidon, sucres (saccharose, glucose, fructose), vitamines (C, B1), sels minéraux (K, P, Ca, Mg), acides gras et organiques (citrique, ascorbique).

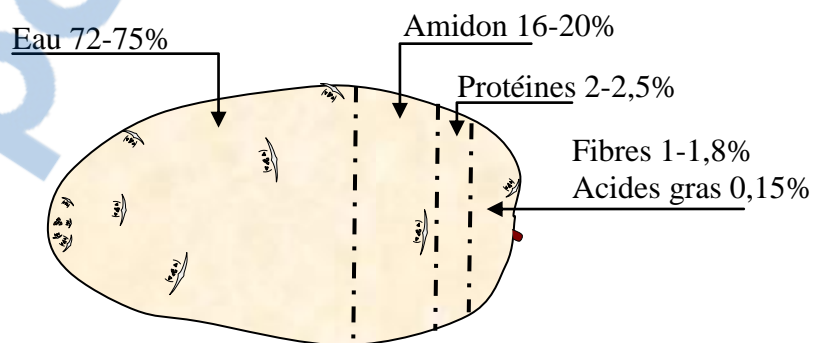


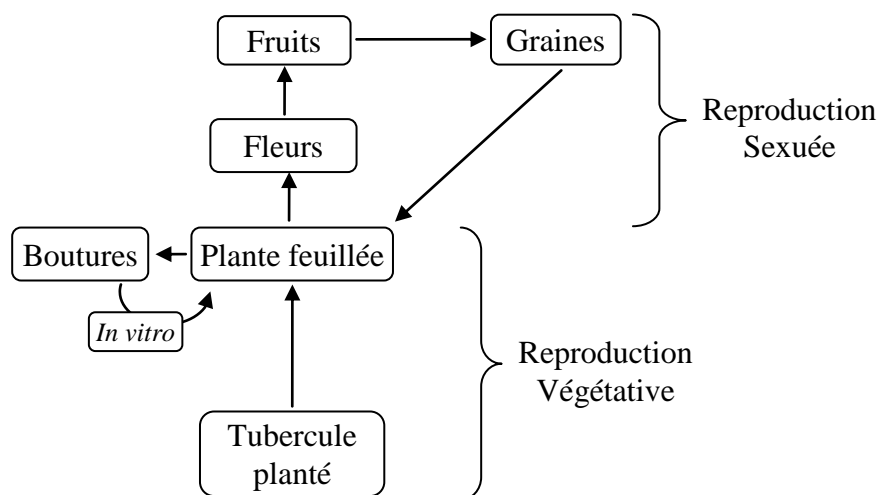
Figure 5 : Composition chimique du tubercule de pomme de terre (U.S. National Nutrient Database)

Tableau 1 : Micronutriments d'une pomme de terre crue, non épluchée, 213g (U.S. National Nutrient Database)

Minéraux	
Potassium	897 mg
Phosphore	121 mg
Magnésium	49 mg
Fer	1,66 mg
Vitamines	
vitamine C	42 mg
Niacine	2,2 mg
vitamine B6	0,62 mg
Thiamine	0,17 mg

4. Physiologie et multiplication de la pomme de terre

On peut multiplier la pomme de terre par graines, par boutures ou par tubercules. Le semis (avec graines) ne se pratique que dans le but d'obtenir de nouvelles variétés, la multiplication par boutures se pratique lorsqu'on ne dispose que de quelques tubercules de variétés méritantes et qu'on désire obtenir, la même année, un grand nombre de nouveaux tubercules, la multiplication la plus courante se fait par tubercules. (VREUGDENHIL *et al.*, 2007)

**Figure 6 : Les différentes méthodes de multiplication de la pomme de terre**

4.1. Cycle sexué

Le fruit est une baie sphérique ou ovoïde de 1 à 3 centimètres de diamètre, il contient généralement plusieurs dizaines de graines (BERNHARDS, 1998), et peut aller jusqu'à 200 graines (ROUSSELLE *et al.*, 1992).

La pomme de terre est très peu reproduite par graines dans la pratique agricole, cependant la graine est l'outil de création variétale.

La germination est épigée et les cotylédons sont portés au-dessus du sol par le développement de l'hypocotyle. En conditions favorables, quand la jeune plante a seulement quelques centimètres de hauteur, les stolons commencent à se développer d'abord au niveau des cotylédons puis aux aisselles situées au-dessus, et s'enfoncent dans le sol pour donner des tubercules (BERNHARDS, 1998).

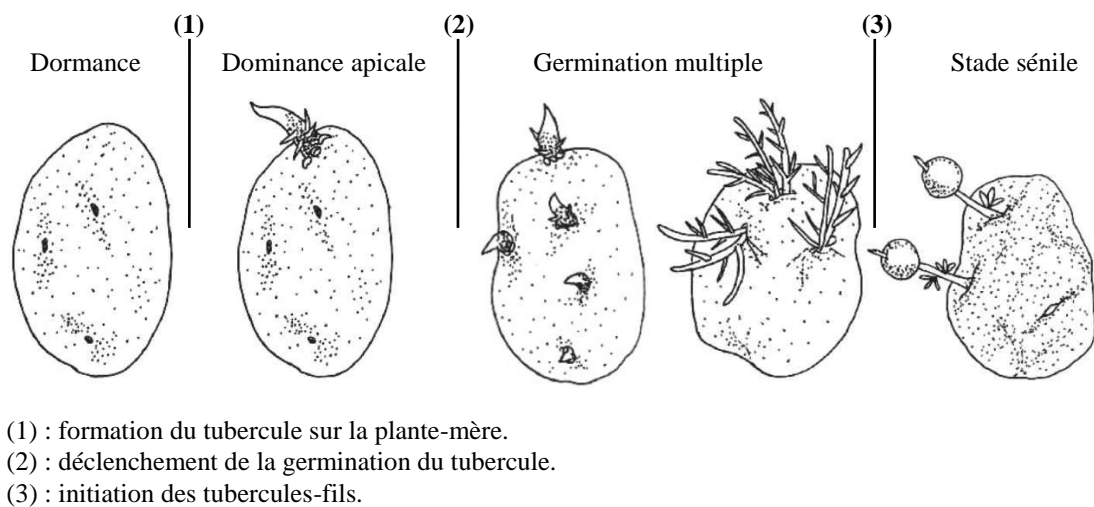


Figure 7 : Evolution physiologique du tubercule de pomme de terre

4.2. Cycle végétatif

Le tubercule n'est pas seulement un organe de réserve, c'est aussi un organe qui sert à la multiplication végétative, cette dernière se déroule en trois étapes : la dormance, la germination et la tubérisation

4.2.1. Dormance

Après la récolte, la plupart des variétés de pommes de terre traversent une période où le tubercule ne germe pas, quelles que soient les conditions de température, d'éclairage et d'humidité. Il s'agit de la période de dormance, et sa durée dépend beaucoup de la variété et des conditions d'entreposage, et surtout de la température. Pour hâter la germination, on peut traiter chimiquement les tubercules de semence ou les exposer alternativement à des températures élevées et basses (CHAUMETON *et al.*, 2006).

4.2.2. Germination

Au cours du stockage, 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. 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 tubérisent. (BERNHARDS, 1998).

4.2.3. Tubérisation

Le tubercule est la justification économique de la culture de pomme de terre puisqu'il constitue la partie alimentaire de la plante et en même temps, son organe de propagation le plus fréquent.

Ce phénomène commence d'abord par un arrêt d'élongation des stolons après une période de croissance. La tubérisation est réalisée dès que le diamètre des ébauches est le double de celui des stolons qui les portent. Outre les processus de multiplication cellulaire, le grossissement des ébauches de tubercules s'effectue par accumulation dans les tissus des substances de réserve synthétisées par le feuillage. Ce grossissement ralentit puis s'arrête au cours de la sénescence du feuillage (BERNHARDS, 1998).

5. Exigences écologiques de la pomme de terre

5.1. Exigences climatiques

5.1.1. Température

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

La pomme de terre est très sensible au gel. Le zéro de végétation est compris entre 6 et 8°C. Les températures optimales de croissance des tubercules se situent aux alentours de 18°C le jour et 12°C la nuit. Une température du sol supérieure à 25°C est défavorable à la tubérisation.

5.1.2. Lumière

La croissance végétative de la pomme de terre est favorisée par la longueur élevée du jour (14 à 18h). Une photopériode inférieure à 12 h favorise la tubérisation. L'effet du jour long peut être atténué par les basses températures.

La photopériode : Driver et Hawkes 1943 remarquent qu'il y a chez la pomme de terre des variétés de jours longs, des variétés de jours courts et des variétés indifférentes.

5.2. Exigences édaphique

5.2.1. Structure et texture du sol

La plupart des sols conviennent à la culture de la pomme de terre à condition qu'ils soient bien drainés et pas trop pierreux. Les sols préférés sont ceux qui sont profonds, fertiles et meubles.

En général, la pomme de terre se développe mieux dans des sols à texture plus ou moins grossière (texture sablonneuse ou sablo-limoneuse) que dans des sols à texture fine et battante (texture argileuse ou argilo-limoneuse) qui empêchent tout grossissement de tubercule.

5.2.2. pH

Dans les sols légèrement acides (pH = 5,5 à 6), la pomme de terre peut donner de bons rendements. Une alcalinité excessive du sol peut causer le développement de la galle commune sur tubercule (CHAUMETON *et al.*, 2006).

5.2.3. Salinité

La pomme de terre est relativement tolérante à la salinité par rapport aux autres cultures maraîchères. Cependant, un taux de salinité élevé peut bloquer l'absorption de l'eau par le système racinaire.

Lorsque la teneur en sel est élevée, le point de flétrissement est atteint rapidement. On peut réduire la salinité d'un sol en le lessivant avec une eau d'irrigation douce (Anonyme, 1999).

6. Maladies et ravageurs

Comme toutes les cultures, la pomme de terre est soumise à l'attaque de plusieurs maladies et ravageurs occasionnant parfois des dégâts importants.

Les principales maladies et ravageurs de la pomme de terre rencontrés en Algérie sont catalogués comme suit :

6.1. Maladies cryptogamiques

- **Mildiou de la pomme de terre** : l'ennemi juré du tubercule à l'échelle mondiale est dû à une moisissure aquatique, (*Phytophthora infestans*), qui détruit feuilles, tiges et tubercules.

- **Alternariose** : L'alternariose est provoquée par les champignons (*Alternaria solani*) et (*A. alternata*). La maladie provoque surtout des dégâts en climat continental, chaud et sec, mais est accentuée en culture irriguée. Ses symptômes sont :

- Sur feuilles : taches nécrotiques, bien délimitées, de taille variable, situées plutôt sur les feuilles du bas ; présence d'anneaux concentriques sur les taches importantes.

- Sur tubercules : pourritures brunes à noires, très sèches, assez typiques, avec une dépression.

- **Rhizoctone noir** : Il est provoqué par un champignon (*Rhizoctonia solani*), qui se développe à partir des sclérotés noirs fixés sur le tubercule-mère ou présents dans le sol. Ces sclérotés constituent la forme de conservation du champignon. Les tubercules contaminés portent à la surface de petits amas noirs très durs, appelés sclérotés, qui sont très visibles sur les tubercules lavés.

- **Fusariose (la pourriture sèche)** : Elle est provoquée par des champignons du genre *Fusarium* (notamment *Fusarium caeruleum*). Cette maladie peut exceptionnellement être observée dès la récolte mais généralement, elle se manifeste en cours de conservation, provoquant la destruction du tubercule.

Le tubercule et la terre contaminés véhiculent le champignon et sont ses vecteurs de propagation ; grâce à sa forme de conservation, les chlamydospores, le champignon peut aussi se conserver dans les locaux de conservation et sur le matériel.

- **Verticilliose** : deux champignons (*Verticillium albo-atrum* et *Verticillium dahlia*) sont responsables de cette maladie

Les symptômes en végétation s'expriment tardivement : dans un premier temps, il y a jaunissement des feuilles suivi par un flétrissement du feuillage qui se généralise ensuite à

l'ensemble de la plante. Les feuilles flétries brunissent, tombent ou restent fixées à la tige qui conserve une couleur verte.

L'inoculum provient du sol, de l'eau d'irrigation ou de ruissellement. L'infection peut se produire par les racines, les blessures et les germes.

6.2. Maladies bactériennes

- **Gale commune** : (*Streptomyces scabies*) Les symptômes de la gale commune se manifestent uniquement en surface des tubercules et dépendent de divers facteurs, dont le type de souche de gale commune, la variété et les conditions climatiques.

- **Flétrissement bactérien des solanacées** : Il est causé par un pathogène bactérien. Il provoque de graves pertes dans les régions subtropicales et tempérées.

- **Jambe noire de la pomme de terre** : c'est une infection bactérienne (*Erwinia carotovora*) qui provoque la pourriture des racines dans le sol et durant le stockage.

6.3. Maladies virales

En Algérie, les virus suivants ont été rapportés sur la pomme de terre (INPV, 2011).

-Virus Y (*polyvirus*) ou PVY

-Virus X (*potexvirus*) ou PVX

-Virus de l'enroulement ou PLRV

-Virus de la mosaïque de la luzerne AMV

Les principaux symptômes et dégâts des maladies et ravageurs cités ci-dessus, ainsi que leurs moyens de lutte sont décrits dans un tableau des maladies de la pomme de terre (voir l'annexe).

6.4. Insectes et ravageurs

- Pucerons (*Mysus persicae*, *Aulacortum solani*, *Macrosiphum euphorbiae*).
- Teigne (*Photmea operculilla*).
- Noctuelles (*Spodoptera littoralis*, *Spodoptera exigna*).
- Doryphore (*Leptinotarsa decemlineata*).
- Nématodes Nématodes Gallicoles (*Meloidoyne spp*).

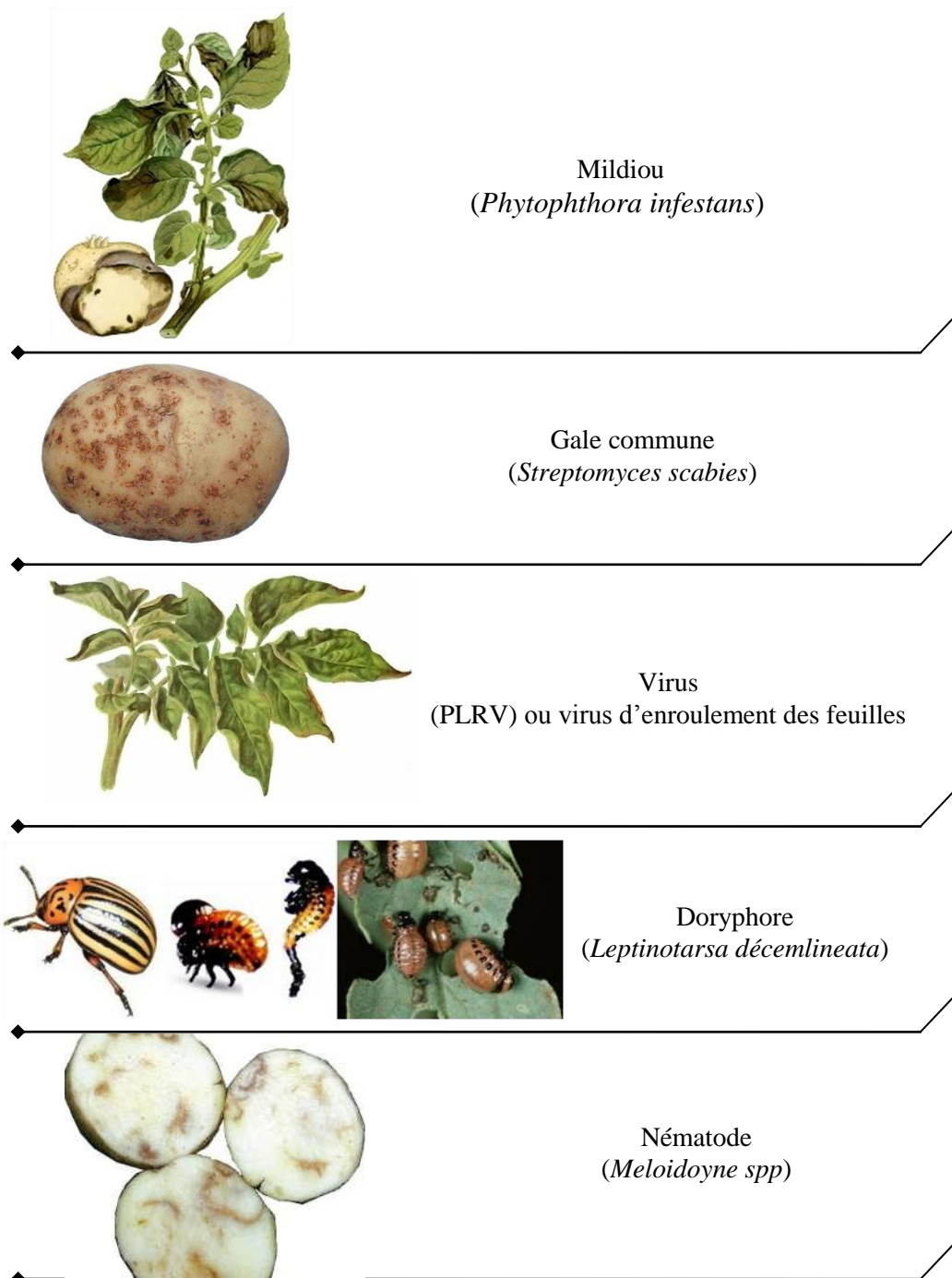


Figure 8 : Les différentes maladies et ravageurs de la pomme de terre

7. Importance de la culture de la pomme de terre dans le monde

Quatrième production vivrière mondiale (après le riz, le blé, le maïs) mais première production non céréalière, la pomme de terre s'adapte à des situations très diverses : du cercle polaire à l'équateur en jouant sur les saisons, les variétés, l'altitude, etc.

Elle joue un rôle clé dans le système alimentaire mondial. C'est la principale denrée alimentaire non céréalière du monde et la production mondiale a atteint le chiffre record de 329 millions de tonnes en 2009 (FAO, 2010). Dans les pays développés, la consommation de pommes de terre augmente considérablement et représente plus de la moitié de la récolte mondiale. Comme elle est facile à cultiver et que sa teneur énergétique est élevée, c'est une culture commerciale précieuse pour des millions d'agriculteurs.

Certain l'appelle l'aliment du futur, selon la FAO au cours des vingt prochaines années, la population mondiale devrait croître de plus de 100 millions d'habitants par an, dont plus de 95% dans les pays en développement, où la pression sur la terre et l'eau est déjà très forte. Le défi principal que doit relever la communauté internationale consiste, par conséquent, à garantir la sécurité alimentaire des générations présentes et futures, tout en protégeant la base des ressources naturelles dont nous dépendons tous. La pomme de terre sera un élément important des efforts déployés pour relever ces défis.

Tableau 2 : Principaux pays producteurs de pommes de terre, (FAOSTAT, 2007)

	Pays	Quantité (tonnes)
1	Chine	72 040 000
2	Féd. De Russie	36 784 200
3	Inde	26 280 000
4	Etats-Unis	20 373 267
5	Ukraine	19 102 300
6	Pologne	11 643 769
7	Allemagne	11 604 500
8	Belarus	8 743 976
9	Pays-Bas	7 200 000
10	France	6 271 000

Tableau 3 : Production de pommes de terre, par région, (FAOSTAT, 2007).

	Surface récoltée (hectares)	Quantité rendement (tonnes)	Rendement (tonnes/hectare)
Afrique	1 541 498	16 706 573	10,8
Amérique latine	963 766	15 682 943	16,3
Amérique du Nord	615 878	25 345 305	41,2
Asie et Océanie	8 732 961	137 343 664	15,7
Europe	7 473 628	130 223 960	17,4
MONDE	19 327 731	325 302 445	16,8

Tableau 4 : Consommation de pommes de terre, par région, (FAOSTAT, 2005).

	Total denrées alimentaires (tonnes)	kg/habitant
Afrique	12 571 000	13,9
Amérique latine	11 639 000	20,7
Amérique du Nord	19 824 000	60,0
Asie et Océanie	94 038 800	23,9
Europe	64 902 000	87,8
MONDE	202 974 000	31,3

8. La filière pomme de terre en Algérie

Selon les historiens, l'entrée de la pomme de terre en Algérie remonte au milieu de la première décennie du dix-neuvième siècle, elle a été cultivée principalement pour l'exporter vers le marché Français. Après l'indépendance, elle est devenue un produit important pour la consommation locale, et elle est devenue de plus en plus importante dans le régime alimentaire. La demande en cette culture s'est alors accrue. Elle représente la première culture maraîchère du point de vue superficie et production, avec 1 506 859 quintaux en 2007 ce chiffre a presque doublé en l'espace de trois ans avec une production de 3 290 000 quintaux en 2010, selon le Ministère de l'Agriculture.

L'offre nationale de cette culture et d'autres cultures maraîchères n'a cessé d'augmenter constamment suite à la prise de conscience dans les années quatre-vingt. Après la détérioration du secteur agricole à la suite de l'indépendance où le secteur agricole assurait de hautes performances et jouissait d'une réputation d'un secteur majoritairement exportateur, un programme national d'intensification des productions considérées comme stratégiques a été décidé par le Ministère de l'agriculture, il s'agissait d'opérer par des politiques de soutien de toutes sortes et avec un mode d'organisation technique très

avancé. Il concernait les céréales, les légumes secs et la pomme de terre. L'Institut des techniques des cultures maraîchères et industrielles (ITCMI) était chargé de la mise en œuvre du programme relatif aux cultures maraîchères, et particulièrement celui de la pomme de terre.

L'opération de reproduction des semences sélectionnées de pommes de terre était apparue comme un volet important de ce programme qui pouvait permettre de diminuer le coût en devises du programme d'intensification de cette culture.

Depuis le lancement du programme et jusqu'à nos jours, la culture de la pomme de terre en Algérie a connu un développement spectaculaire. Cet accroissement des superficies cultivées en pomme de terre était accompagné d'une importante augmentation des rendements. Les données recueillies lors d'une enquête que nous avons réalisée montrent bien ces augmentations.

Tableau 5 : Evolution de la production de pommes de terre de consommation 2000-2010 (MADR, 2011)

Année	Production (tonne)	Surface cultivée (ha)	Rendement (t/ha)
2000	1 276 000	72 690	16,6142
2001	967 232	65 790	14,7018
2002	1 333 465	72 580	18,3723
2003	1 879 918	88 660	21,2036
2004	1 896 270	93 144	20,3584
2005	2 176 500	99 717	21,6267
2006	2 180 961	98 825	22,0689
2007	1 506 859	79 339	18,9926
2008	2 171 058	91 841	23,6393
2009	2 536 057	105 121	24,1251
2010	3 290 000	126 600	26,0 000

L'Algérie occupe la deuxième place, après l'Égypte, dans la production de la pomme de terre en Afrique pour l'année 2010, selon un rapport de la FAO.

Les chiffres présentés dans le rapport indiquent que la production nationale a dépassé le seuil de trois millions de tonnes durant l'année 2010. Elle est cultivée sur une superficie estimée à 126 milles hectares. La moyenne à hectare a atteint 26 tonnes, l'Égypte quant à elle réserve une superficie de deux millions d'hectares pour cultiver ce légume. Sa production est estimée à 4 millions de tonnes pour la même année.

Tableau 6 : Evolution de la production de semences de pommes de terre 2000-2009 (MADR, 2010)

Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Semences (tonne)	77660	94866	99664	106697	105742	84892	98269	112479	120473

Le tableau n°6 montre une nette augmentation de la production qui enregistre un accroissement de 42 813 tonnes entre 2001 et 2009.

Malgré cette nette augmentation des rendements la production nationale n'arrive pas à satisfaire les besoins nationaux en semence de pomme de terre. Rappelons que 80% des besoins en semences proviennent de l'importation (d'un montant de 60 millions d'Euros), Signalons également que l'auto-approvisionnement en semences représenterait un taux variant entre 10 et 20% de la production locale, ce volet ne concernant que la tranche d'arrière-saison et une partie de la tranche primeur.

8.1. Différentes variétés cultivées en Algérie

Cent vingt variétés sont inscrites au catalogue algérien des espèces et variétés cultivées. Cette inscription est obligatoire pour leur commercialisation. Elle est précédée de deux ans au cours desquels sont évalués les caractères d'utilisation, le rendement, le comportement vis-à-vis des parasites par le service de Contrôle et certification des semences et plants CNCC. Les principales variétés cultivées en Algérie sont : *Spunta* (à chair blanche), *Désirée* (à chair jaune), *Bartina*, *Lisita*

Les variétés sont déterminées par :

- La forme du tubercule
- La couleur de la peau et de la chair
- La durée de conservation
- La date de mise sur le marché
- La durée de culture

Tableau 7 : Liste des variétés de pommes de terre autorisées à la production et à la commercialisation en Algérie. (Arrêté du 9 Ramadhan 1427 correspondant au 2 octobre 2006 fixant la liste provisoire des espèces et variétés de pommes de terre autorisées à la production et à la commercialisation)

Variétés oblongues allongées	Autres variétés		
1 - Alaska	1 - Accent	30 - Cosmos	59 - Obelix
2 - Aida	2 - Adora	31 - Daijfla	60 - Oléva
3 - Allegro	3 - Agria	32 - Désirée	61 - Oscar
4 - Amorosa	4 - Ailsa	33 - Diamant	62 - Ostara
5 - Apolline	5 - Ajiba	34 - Ditta	63 - Pamela
6 - Arinda	6 - Ajax	35 - Escort	64 - Pamina
7 - Arnova	7 - Akira	36 - Fabula	65 - Pentland Dell
8 - Ballade	8 - Almera	37 - Famosa	66 - Pentland Square
9 - Bellini	9 - Ambo	38 - Florice	67 - Provento
10 - Cantate	10 - Anna	39 - Folva	68 - Raja
11 - Carmine	11 - Apollo	40 - Frisia	69 - Red Cara
12 - Ceasar	12 - Argos	41 - Granola	70 - Red Pontiac
13 - Coralie	13 - Armada	42 - Jaerla	71 - Remarka
14 - Cleopatra	14 - Aranka	43 - Kennebec	72 - Resy
15 - Dura	15 - Ariane	44 - Kingston	73 - Rosara
16 - Elodie	16 - Asterix	45 - Kondor	74 - Rubis
17 - Elvira	17 - Atlas	46 - Korrigane	75 - Sahel
18 - Estima	18 - Atica	47 - Kuroda	76 - Samanta
19 - Hanna	19 - Balanse	48 - Ilona	77 - Satina
20 - Hermine	20 - Baraka	49 - Isna	78 - Secura
21 - Idole	21 - Barna	50 - Labadia	79 - Simply Red
22 - Liseta	22 - Bartina	51 - Latona	80 - Slaney
23 - Monalisa	23 - Burren	52 - Lola	81 - Stemster
24 - Nicola	24 - Cardinal	53 - Maradona	82 - Superstar
25 - O.Siréne	25 - Carlita	54 - Margarita	83 - Symfonia
26 - Rodéo	26 - Claret	55 - Mirakel	84 - Tulla
27 - Safrane	27 - Chieftain	56 - Mondial	85 - Valor
28 - Spunta	28 - Concurrent	57 - Navan	86 - Vivaldi
29 - Terra	29 - Cornado	58 - Novita	87 - Xantia
30 - Timate			
31 - Ultra			
32 - Voyager			
33 - Yesmina			

8.2. Principales régions productrices

La superficie occupée par les cultures maraîchères varie chaque année entre 380.000 et 400.000 ha, dont 100.000 à 130.000 ha emblavés en pommes de terre, soit 26% de la superficie maraîchère totale. (MADR, 2010)

Il est à relever aussi que l'on assiste, depuis quelques années, à l'augmentation de cette culture par l'occupation de nouvelles zones où elle était pratiquement inconnue : cas de Sedrata, de Djelfa, du Sud et de Ain-Defla. Donc, les zones de production sont réparties selon quatre zones géographiques : Littoral, sublittoral, atlas tellien et hautes plaines.

- **Primeur** : Boumerdes, Tipaza, Skikda, Alger, Mostaganem, Tlemcen
- **Saison** : Ain-defla, Mascara, Mila, Souk ahras, Boumerdes, Mostaganem, Sétif, Tizi ousou, Tiaret, M'sila, Tlemcen, Batna, Chlef, Bouira, El-oued.
- **Arrière saison** : Ain-defla, Mascara, Guelma, Chlef, El oued, Tlemcen, Mostaganem, Djelfa...

Tableau 8 : Les principales wilayas productrices de pomme de terre pour l'année 2006 (MADR, 2006)

Wilaya	Surface (hectares)	Production (quintaux)
Ain Defla	15 230	320 000
Mascara	9 050	208 700
Tlemcen	7 505	197 900
El Oued	7 392	181 800
Mosta	6 668	159 500
Chlef	4 015	115 200
Boumerdes	3 600	93 200
Skikda	3 212	57 100
S/Total	66 672	1 333 408
T/ Algérie	98 825	2 180 900

8.3. Dates de plantation de la pomme de terre

Contrairement aux pays septentrionaux où la pomme de terre est cultivée durant une saison, en Algérie elle est cultivée selon trois types de culture qui sont : la primeur, la saison, et l'arrière saison.

Les trois calendriers de culture de pomme de terre :

- Primeurs : plantation 15 novembre - 15 janvier.
- Saison : plantation 15 janvier -15 mars.
- Arrière-saison : 15 août -15 septembre

Les dates limites suivant les régions :

- à partir de la mi-février : Zones littorales - Sublittorales.
- mi-mars : Plaines intérieures.
- mi-mai : Hauts plateaux

Chapitre II

La culture hors-sol

Chapitre II : La culture hors-sol

1. Généralités sur la culture hors-sol

1.1. Définition

Au sens strict, la culture hors-sol est la culture dans un milieu racinaire qui n'est pas le sol naturel, mais un milieu reconstitué et/ou isolé du sol. Dans ce type de système, les racines des végétaux sont alimentés par un milieu liquide minéral appelé solution nutritive, qui apporte l'eau, l'oxygène et les éléments minéraux indispensables au développement de la plante (VITRE, 2003).

On parle souvent de cultures sur substrat, car ce milieu reconstitué repose souvent sur l'adoption d'un matériau physique stable : le substrat, parfois d'origine manufacturé et industriel, parfois d'origine naturelle.

Il existe cependant des cas de cultures hors-sol n'utilisant pas de substrats : cultures sur film d'eau ou hydroponiques.

1.2. Historique

Les premiers essais sont très anciens: ils ont été effectués par des chercheurs travaillant sur la fertilisation des plantes et la mise en évidence du rôle de l'eau et de l'air dans le sol. Pour être exact, la découverte de cette technique est à attribuer à deux chercheurs allemands *Knop* et *Sachs* en 1860, qui en travaillant sur la fertilisation des plantes, ont mis en évidence le rôle de l'eau, de l'air, et du sol. Il fallait seulement retrouver toutes les caractéristiques physique, chimique et biologique du sol.

Plus près de nous, les chercheurs se sont rendu compte que la répétition des mêmes cultures dans un sol, favorisait le développement de parasites dans ce sol (notamment les *fusarioses*), comme on ne pouvait plus s'en débarrasser par des moyens chimiques ou biologiques, on a alors pensé au remplacement du sol par des substrats voisins, le plus souvent organiques ou minéraux. (Anonyme, 2010)

Enfin, de façon plus pragmatique, les cultures hors-sol se sont développées parce que les performances agronomiques obtenues étaient supérieures aux performances des cultures traditionnelles en sol.

1.3. L'intérêt de cultiver hors sol

- Nécessité pour les cultures expérimentales et scientifiques
- Possibilité de cultiver dans des espaces réduits (confinement des racines dans un espace limité)
- Elimination des contraintes liées au sol
 - Sol inadapté ou de mauvaise qualité agronomique
 - Présence d'agents pathogènes, de polluants,...
- Simplification des techniques culturales
 - Pas de préparation du sol
 - Rotations culturales rapides et mise en œuvre facile
- Meilleure qualité du produit
 - Aspect esthétique
 - Réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires
- Meilleure productivité de la plante
 - Optimisation du potentiel génétique de la plante
 - Réduction des pertes en culture (MOREL et *al.*, 2000)

1.4. Exigences des cultures hors sol

Contrairement à une idée répandue, la culture hors sol exige souvent plus de soins et d'entretien que les cultures traditionnelles en terre. Lorsqu'on utilise les techniques de culture hors sol (essentiellement pratiquée sous serre ou sous abri), il faut raisonner en tant que système et ne pas porter son attention sur un élément ou paramètre isolé. La culture hydroponique exige une parfaite maîtrise de l'ensemble du système car en cas d'échec, davantage d'éléments peuvent dysfonctionner :

- un éclairage adéquat (éclairage artificiel, minuterie, etc.)
- un système de culture et d'irrigation contrôlé et entretenu (contenants, pompes, régulation, désinfection, substrats appropriés...)
- un contrôle environnemental (température ambiante et des solutions, hygrométrie, enrichissement en dioxyde de carbone...)
- un contrôle des niveaux de concentration des éléments nutritifs
- un contrôle du pH de l'eau

1.5. Facteurs indispensables pour la culture hors-sol

La vie se définit comme l'ensemble des phénomènes (nutrition, assimilation, croissance, reproduction, etc.) communs aux êtres organisés et qui constituent leur mode d'activité propre, de la naissance à la mort. Les facteurs indispensables au maintien de la vie chez les végétaux en culture hors sol ne sont pas tous liés au substrat de culture. Cependant, la complexité des interactions est telle que cette distinction s'avèrerait difficile à soutenir. Les besoins sont donc présentés en deux groupes : les besoins énergétiques et les besoins en matériaux.

1.5.1. Les besoins énergétiques

La lumière : le règne végétal se définit comme l'ensemble des êtres vivants pluricellulaires capables de réaliser la photosynthèse grâce à la lumière (source d'énergie) et la présence de chlorophylle. La photosynthèse confère à ces organismes un caractère autotrophe.

Les cultures hors-sol sont généralement des cultures de l'intérieur (indoor) d'où l'importance de bien contrôler et déterminer les valeurs d'intensité lumineuse qui permettent une activité photosynthétique optimale. Dans ce type de culture, les plantes sont éclairées avec des lampes de haute intensité qui permettent de réaliser une croissance optimale.

La chaleur : les végétaux ont besoin de chaleur. Ils sont capables de supporter de grandes variations thermiques. Tenant compte du faible volume des substrats de culture, la réactivité à la température est rapide. Les cultures doivent donc être protégées des fortes températures de l'été et des gelées de l'hiver. Les températures infligées doivent cependant rester dans une fourchette acceptable. La limite inférieure correspond à la formation de cristaux de glace détériorant l'intégrité cellulaire. La limite supérieure est fixée par la dénaturation des protéines, donc des enzymes. Croissance et développement augmentent avec la température, à l'intérieur de cette fourchette.

1.4.2. Les besoins en matériaux

La nutrition fait appel à des processus d'absorption de gaz et de solutions minérales, soit directement dans la solution nutritive par les racines, soit dans l'air par les feuilles. Les matériaux indispensables à la vie d'une plante se subdivisent en deux catégories : les matériaux organiques et minéraux.

Les matériaux organiques : Ils sont généralement constitués de carbone (C), d'hydrogène (H) et d'oxygène (O).

Le carbone : c'est l'élément de la chimie du vivant. Chez les végétaux chlorophylliens, il est apporté par le dioxyde de carbone atmosphérique (CO₂).

Hydrogène : l'hydrogène est extrait à partir des molécules d'eau (H₂O) par oxydoréduction.

Oxygène : troisième constituant de la matière organique, est apporté par le gaz carbonique et le dioxygène (O₂) provenant de l'air intervient dans la respiration cellulaire.

Les matériaux minéraux : sur le plan nutritionnel, la culture hors sol est totalement dépendante de l'apport de la solution nutritive pour assurer la croissance des plantes, les éléments minéraux indispensables sont répartis en deux groupes : macro-éléments et micro-éléments ou oligo-éléments. Cette distinction concerne l'abondance relative de ces éléments dans les végétaux.

2. Définition du substrat de culture

D'après Morel (2000), le terme substrat désigne tout matériau naturel ou artificiel qui, placé en conteneur pur ou en mélange, permet l'ancrage du système racinaire et joue vis à vis de la plante le rôle de support. Il doit présenter des caractéristiques compatibles avec l'activité métabolique des racines. Il intervient à des degrés divers dans l'alimentation hydrique ou minérale de la plante. Dans le système hydroponique, le rôle de substrat se limite tout simplement à l'encrage et au maintien de la plante.

2.1. Principaux substrats utilisés en culture hors-sol

Tout système de culture hors sol est caractérisé par trois composantes : le conteneur, le réseau de distribution de la solution nutritive, et le substrat (WINTERBORNE, 2005).

Le choix du substrat. Il doit constituer un milieu favorable aux exigences de l'espèce mais défavorable au développement des agents pathogènes qui lui sont spécifiques.

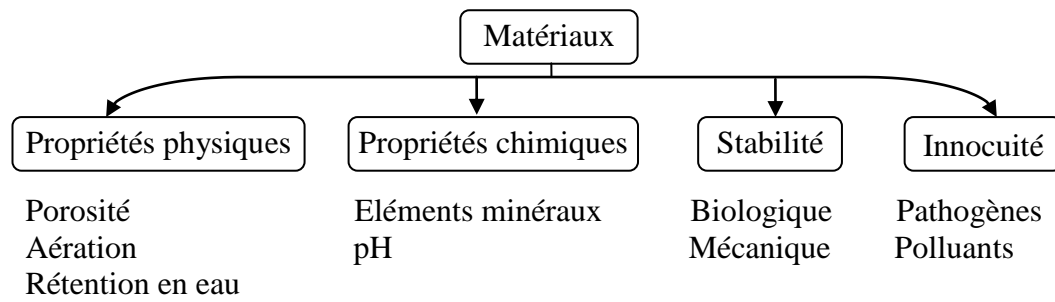


Figure 9 : Critères de choix d'un substrat de culture



Figure 10 : Principaux substrats utilisés en culture hors-sol.

2.1.1. Les substrats minéraux

De nombreux matériaux inorganiques entrent dans la composition des supports de culture. L'usage le plus habituel est l'ajout de ces matériaux à des substrats afin de modifier certaines de leurs caractéristiques physico-chimiques. La comparaison sommaire des caractéristiques physiques et chimiques des substrats minéraux et organiques est indiquée dans le tableau ci-dessous,

Tableau 9 : Propriétés physiques et chimiques générales des substrats minéraux et organiques (LEMAIRE et *al.*, 1990)

	Type de substrat	
	Minéral	Organique
<u>Propriétés physiques</u>		
Porosité	Faible à élevée	Elevée
Eau à pF1	Variable	Variable
Air à pF1	Variable	Variable
Disponibilité en eau	Faible à moyenne	Moyenne à forte
Masse volumique	Faible à élevée	Faible à moyenne
<u>Propriétés chimiques</u>		
pH	Neutre à basique	Acide
Conductivité électrique	Faible	Faible à élevée
Salinité	Faible	Faible à élevée
CEC	Faible	Faible à élevée
C/N	/	Variable
Libération des éléments minéraux	Nulle à faible	Faible à forte
Evolution des propriétés	Faible	Lente à rapide
Recyclage après culture	Parfois difficile	Plus facile

Dans ce travail on présentera seulement les matériaux les plus utilisés avec leurs grandes caractéristiques et leurs intérêts majeurs :

2.1.1.1. Argile expansée

Origine : minérale

Utilisation : Ce matériau ressemble à de petites boules brunes que l'on utilise pour recouvrir les pots de fleurs. Les granulés sont obtenus par un traitement de forte chaleur

de l'argile. L'argile expansée possède un bon pouvoir isolant, ce qui est nécessaire pour protéger les racines des changements de température.

Il est composé de silice, d'alumine, d'oxydes de fer, et de soufre. Sa capacité de rétention en eau est de 15% en masse. Il est utilisé pour la culture en container, sur des systèmes de tables à marées, ou à une plus petite échelle dans des systèmes hydroponiques à flux continu. Contrairement à la laine de roche, les billes d'argile sont un substrat durable, sain, biologique et écologique.

2.1.1.2. Laine de roche

Composition et origine : substrat inorganique artificiel. La laine de roche est fabriquée à partir de roche volcanique liquéfiée et extrudée. La laine de roche est issue du basalte, une roche volcanique noire présente dans de nombreuses régions du monde. Le procédé de fabrication de la laine de roche s'apparente à l'activité naturelle d'un volcan. La roche volcanique entre en fusion dans un four chauffé à 1500 °C. La roche en fusion est ensuite changée en fibres par l'action de roues tournant à grande vitesse.

Utilisation et description : La laine de roche sert de substrat dans certaines formes de cultures hydroponiques. Elle est composée de silice, d'alumine, d'oxyde de titane, de chaux, de magnésie, d'oxyde de manganèse, de potasse, d'oxyde de fer, et d'oxyde de sodium. La laine de roche n'est pas chimiquement inerte, elle peut libérer du calcium et augmenter le pH, des mesures correctives sont généralement à prévoir, comme une préparation initiale ou l'emploi de substances acidifiantes.

2.1.1.3. Vermiculite

Composition et origine : minéral (silicate)

Utilisation et description : Ce matériau connu sous le nom commercial de Vermex et Zonolite a l'aspect de granulés. C'est un silicate d'alumine (mica) qui est expansé par un traitement à la chaleur. Il est composé de magnésie et d'alumine. Il est très léger et a une grande capacité de rétention d'eau (environ 350 l au m³), tout en assurant un bon drainage. Son pH est de 7 à 7,2.

Il est souvent utilisé dans des bacs ou des pots, pour la réalisation de semis, ou lors de l'enracinement des boutures.

Il est également utilisé comme milieu de culture neutre en expérimentation scientifique.

2.1.2. Les substrats organiques

2.1.2.1. Polystyrène

Origine : Matériau organique synthétique.

Utilisation : Le polystyrène expansé sert à alléger les substrats. Ce matériau neutre présente une capacité de rétention nulle, sa surface hydrophobe ne retient pas le liquide. Le polystyrène s'emploie donc le plus souvent en combinaison avec d'autres matériaux. Utilisé seul sous forme de billes expansées, il est également très efficace pour le paillage dans les serres froides. Lavable (réutilisable) et neutre ; donc adapté aux espèces non acidophiles, il constitue un matériau de paillage appréciable dans la culture hydroponique, étant exempt de tout parasite.

2.1.2.2. Terreau

Composition et origine : Organique

Utilisation et description : Le terreau est un support de culture naturel formé de terre végétale enrichie de produits de décomposition (fumier et débris de végétaux décomposés).

Le terreau doit avoir une porosité en air et en eau permettant à la fois l'ancrage des organes absorbants des plantes et leur contact avec les solutions nécessaires à leur croissance. Il est souvent associé à la pouzzolane afin d'augmenter la capacité de rétention d'eau. Le terreau est utilisé en culture hors-sol notamment pour les semis.

2.1.2.3. La tourbe

L'appellation générale « tourbe » regroupe un grand nombre de matériaux qui renferment au minimum 75% de matière organique (sur base poids sec) (MOREL et *al.*, 2000). Les tourbes sont des sols organiques hydromorphes, se développant dans des milieux saturés en eau en permanence. La végétation qui y pousse est constituée, selon le type de tourbière, de mousses (genre *Sphagnum*, *Hypnum*...), de cypéracées (genre *Carex*), de graminées, d'arbustes, d'arbres. En raison de la forte anaérobie régnant dans ces milieux, l'activité biologique, et donc la décomposition des végétaux, est très faible, de sorte que les apports annuels sont plus importants que les pertes par minéralisation. Ainsi, la tourbe s'accumule sur des épaisseurs parfois importantes : plusieurs mètres. Cependant, la formation de cette tourbe est très lente à raison de 0,2 à 0,16 mm/an quand les conditions sont favorable, ce qui explique que l'on parle de ressource non renouvelable à l'échelle humaine

Il y a plusieurs critères de classification des tourbes qui sont fonction de :

leur composition botanique : tourbes à sphaignes (sphaignes et bryophyte), tourbes herbacées (graminées, joncs, phragmites...), tourbes ligneuses (dès qu'un tiers de la tourbe est constitué de fragments de bois.

Pour conclure, on peut dire que du fait de ses propriétés très particulières et plus précisément :

- de sa biodégradabilité résiduelle pratiquement nulle,
- de sa capacité de rétention en eau élevée (jusqu'à 20 fois son poids) et de sa forte porosité,
- de sa réactivité naturellement acide, mais facile à contrôler par addition de carbonate de calcium et de magnésium, la tourbe est du point de vue cultural, un bon substrat difficile à remplacer dans certains cas comme pour la culture hors sol. (MOREL et *al.*, 2000).

Tableau 10 : Composition biochimique moyenne des tourbes en fonction de leur composition botanique initiale et de leur degré d'évolution. Les valeurs sont rapportées à la teneur en carbone organique totale (VALAT, 1989 *in* MOREL 2000)

Type botanique	Type de décomposition	Cellulose (%)	Hemi-cellulose (%)	Humine (%)	Substances humiques (%)
Bryophytique		9 - 36	30 - 58	23 - 43	10 - 17
Sphaignes	Peu décomposées	21	31		
	Décomposées	16	25		
Hypnum	Peu décomposées	25	19		
	Décomposées	4	11		
Herbacé et bryophytique		8 - 18	30 - 52	28 - 56	10 - 41
Herbacé		8 - 12	22 - 33	31-58	12 - 34
Carex	Frais	28	18		
	Evolués	12	21		
Herbacé et ligneux		6 - 10	25 - 33	39 - 56	12 - 26
Tourbe ligneuse	Décomposées	7 - 11	26 - 29	27 - 50	21 - 39

Tableau 11 : Classification des tourbes en fonction de leur couleur et de leur origine (MOINEREAU et al., 1985 in MOREL 2000).

Couleur	Origine des végétaux	pH
Blonde	Sphaignes	3.8 - 4.5
Brune	Sphaignes + <i>Eriophorum</i>	4.5 - 5,5
Noire	Carex	5.5 - 6.5
Noire	Roseaux phragmites	7.0 - 7.5

3. Les systèmes de culture hors sol

3.1. Le ruissèlement nutritif ou (NFT)

Le principe du système NFT (Nutrient Film Technique ou Technique du Film Nutritif) est d'avoir un flux constant (pellicule d'eau 2 à 4mm) de la solution nutritive. Ce courant nutritif permet une bonne oxygénation et un apport optimum de nourriture aux plantes, C'est l'Anglais Cooper qui en 1979, développa cette technique de culture.

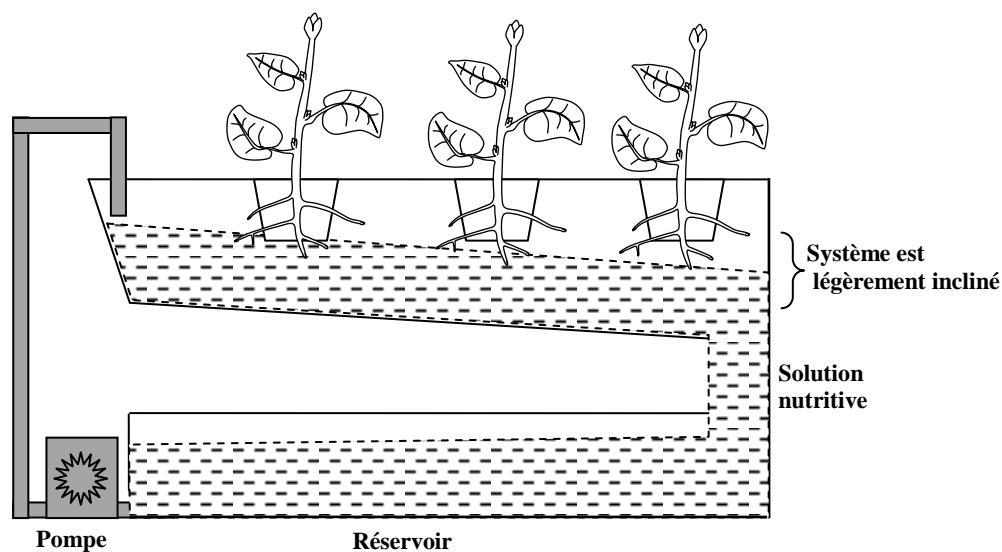


Figure 11 : Schéma d'un système hydroponique NFT

La solution hydroponique est distribuée dans des petits canaux au moyen d'une pompe qui se trouve dans le réservoir. Elle se charge en oxygène continuellement en passant à la surface du film liquide. C'est le ruissèlement qui permet d'arroser les racines de la plante. Le système est légèrement incliné, de ce fait le liquide rejoint le réservoir après avoir irrigué les racines. C'est un système hydroponique qui fonctionne en circuit fermé. L'évaporation est limitée, donc on économise beaucoup d'eau. La solution est absorbée

par les plantes. Il faut donc réajuster en permanence le volume et la concentration en nutriments.

3.2. Système Aéroponie

L'aéroponie représente l'une des plus récentes évolutions des techniques de cultures hors-sol. En effet, les racines des plantes ne sont en contact ni avec un milieu solide, ni même avec un milieu liquide. Elles sont alimentées par une brume nutritive obtenue par brumisation (via un brumisateur) de la solution nutritive dans un milieu fermé.

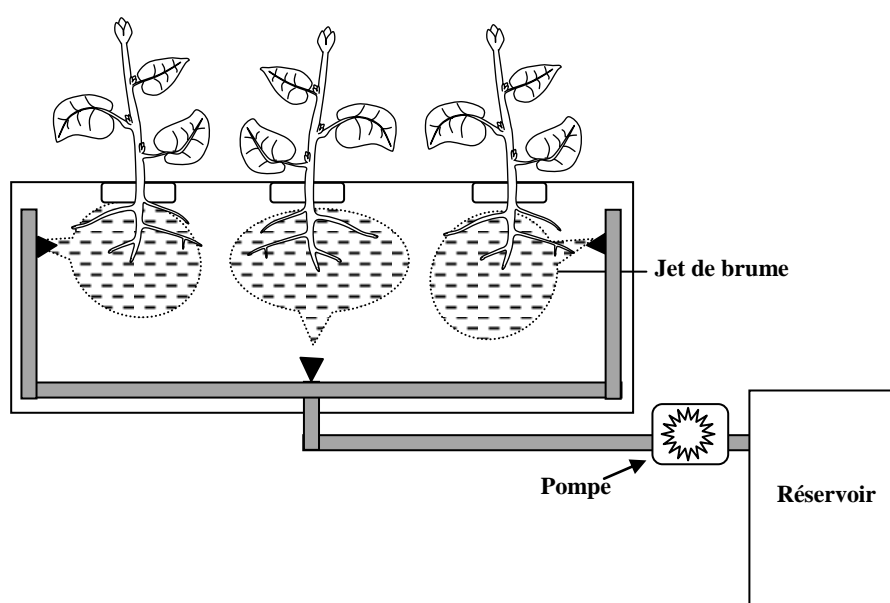


Figure 12 : Schéma d'un système Aéroponique

En aéroponie, les fonctions de support et d'approvisionnement en eau et en éléments nutritifs, habituellement remplies par le terrain, sont assurées par des « supports de plantes », généralement en matière plastique, et par des vaporisations permanentes (brouillard) de solutions nutritives à base de sels minéraux tournant en circuit fermé au moyen d'une pompe. On a donc à la fois 95% de disponibilité en eau et 98% de disponibilité en air. Le milieu de culture est saturé d'un brouillard nutritif qui ruisselle en continu sur les racines. Les minéraux sont donc très facilement absorbés. La pulvérisation, qui peut être continue, est en général discontinue, par cycles de 15 à 20 minutes, avec des arrêts de quelques minutes pendant la journée, et de quelques heures durant la nuit.

3.3. Système « flux-reflux » ou table à marées

(Ebb & Flow)

C'est une technique qui consiste à faire pousser des plantes dans des pots placés sur une table de culture. Différents substrats sont possibles pour cette méthode : la tourbe, les billes d'argile ou la laine de roche.

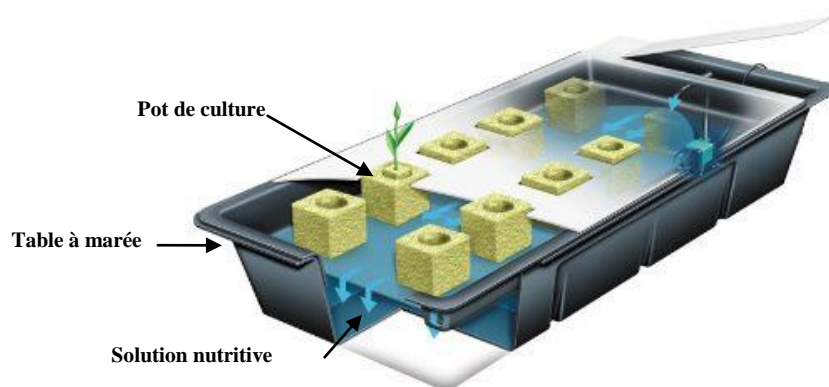


Figure 13 : Présentation d'un système table à marées

Les plantes sont alimentées en solution nutritive par la partie basse par cycle assez courts. La solution hydroponique y reste un certain temps en fonction du substrat utilisé, ensuite la pompe s'arrête et la gravité renvoie l'eau dans le réservoir. La solution nutritive est injectée à l'aide d'une pompe placée dans un réservoir. Le drainage doit être efficace afin d'éviter que l'eau stagne et pourrisse les racines. Les racines sont donc arrosées, puis asséchées, ce qui fournit une oxygénation maximale.

3.4. Système à percolation « goutte à goutte »

(Drip Systems)

Ce système de culture est un système sur substrat qui nécessite des goutteurs ou capillaires, ainsi qu'un tuyau de distribution et une pompe. La solution hydroponique nutritive est distribuée aux plantes par irrigation discontinue sur la surface supérieure et ruisselle par gravité vers le bas. On utilise au moins un goutteur par plante. Les pots et les enveloppes sont percés dans le fond pour permettre à l'eau de s'écouler.

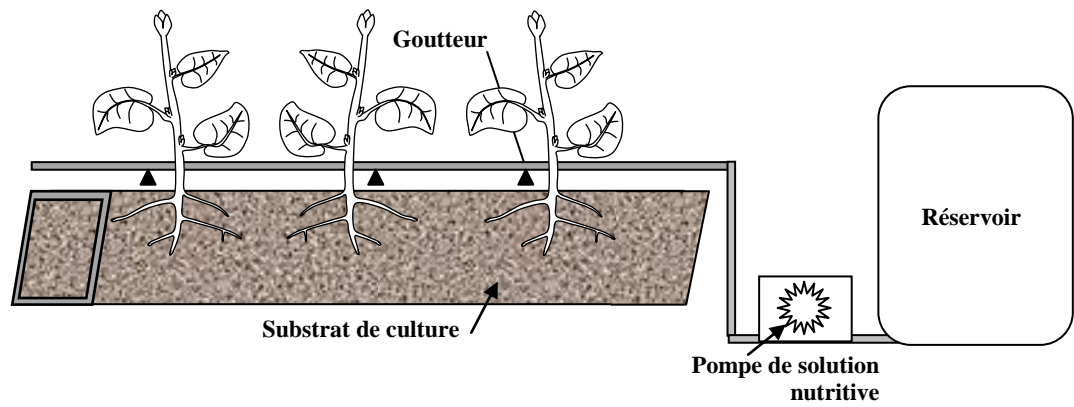


Figure 14 : Schéma d'un système de goutte à goutte

En général, ce système ne recycle pas la solution qui n'est pas réutilisée. Il est l'un des plus répandus actuellement. Cette technique n'est pas très écologique étant donné la possible contamination des sols par les déchets des solutions nutritives, et n'est pas très économique vu la grande quantité d'eau utilisée pour faire la culture.

2^{ème} Partie

Chapitre III *Matériel et méthodes*

Chapitre III : Matériels et méthodes

1. Présentation de la structure d'accueil

Notre recherche a été menée au laboratoire de production et d'amélioration des techniques de production des semences de pomme de terre (INRAA) dans la commune de Sebaïne, wilaya de Tiaret.

Le laboratoire est inscrit à l'actif du protocole d'accord signé par le ministère de l'Agriculture et du développement rural et l'ambassade de la République de Corée du Sud en Algérie.

Dans le cadre d'un programme de recherche et développement sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L), un ensemble d'essais variétaux à partir de minitubercules est mené dans le but de produire *in vitro*, des semences de pommes de terre.

Le centre est localisé à la ferme de démonstration et de production de semences de l'institut technique des grandes cultures (ITGC) de Tiaret.

Objectifs du projet

Création d'un centre de production *in vitro* de semences de pomme de terre permettant, la production de semences de prés-base au laboratoire, contribuant de ce fait à l'amélioration de l'offre en semences de base à hauteur de 10% des besoins sur trois ans. L'estimation de la production est de 200 000 minitubercules/an.

2. Dispositif expérimental

Le laboratoire où les travaux ont été effectués contient les équipements nécessaires à la réalisation de l'ensemble des essais et expérimentations sur la pomme de terre. Cela comprend aussi bien :

Abris :

Serre multichapelles en verre, d'une superficie de 120m², la capacité d'accueil est de 3000 vitreaux plants (2000 en hydroponie et 1000 sur substrat), pour une capacité de production de 60 000 minitubercules.

Supports de culture et conteneurs :

Ce sont des pots (troués à leur base) nécessaires à la culture, d'une capacité de 2,5l et 7,5l remplis de tourbe noire pour la culture sur substrat et des bacs étanches et obscurs pour la culture hydroponique.

Les techniques de culture hors sol dans le laboratoire nous permettent de placer les supports à hauteur d'homme, de 1,3 à 1,4m au dessus du sol, ce qui facilite le travail (semis et cueillette).

Réseau de distribution de la solution nutritive :

Deux systèmes d'irrigation sont utilisés,

Système goutte-à-goutte (irrigation localisée ou micro irrigation). Ce système est composé de deux parties :

- La station de tête qui comprend le poste de filtration, les pompes doseuses, les vannes, et les bacs.
- Le peigne qui comprend la canalisation principale, la canalisation secondaire et les goutteurs.

Système NFT : Il sert à la culture hydroponique. Il comprend lui aussi un poste de filtration, des pompes doseuses, des buses d'injection et des bacs. Les plantes sont alimentées par une brume nutritive obtenue par brumisation.

Les pompes doseuses à fonctionnement automatique sont réglables pour certains paramètres tels pH, EC ; ainsi que pour la concentration des éléments minéraux des solutions A, B et C et permettent de doser et d'injecter avec précision la solution nutritive selon la concentration souhaitée à la sortie.

Équipements d'éclairage :

Les cultures de l'intérieur (sous abris) ont besoin d'éclairage à spectre complet qui imite la lumière du soleil. Les équipements d'éclairage utilisés dans la serre sont des lampes à néon à très haute intensité lumineuse, et des toitures toilées comme écran d'ombrage qui sont des éléments essentiels aidant à maîtriser la température et procurant de l'ombre pour éviter un ensoleillement direct sur les plantations.

Équipements de climatisation centrale :

La serre dispose de deux systèmes de climatisation qui utilisent l'énergie électrique et le gaz de ville, le premier pour apporter de la fraîcheur et le deuxième pour chauffer la serre. Ils peuvent être actionnés par un déclencheur à contrôle thermostatique.

Ces méthodes de contrôle de température se sont avérées être une partie essentielle de la conception de la serre. Elles aident à créer des conditions optimales pour la croissance des plants.

3. Matériel végétal

L'étude a été menée sur trois variétés de pommes de terre : *Spunta* et *Désirée* qui sont très répandues et couramment utilisées par les producteurs et *Chubaek*, une nouvelle variété originaire de Corée du Sud qui n'est pas encore inscrite dans le catalogue des variétés cultivées en Algérie, cette étude est la première sur cette variété en Algérie. Les plants utilisés sont issues de plantules obtenues par la technique *in vitro* après une culture de méristème de ces trois variétés de pommes de terre.

3.1. Caractères descriptifs des variétés

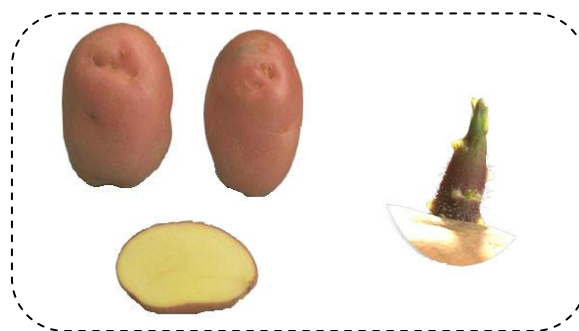


Figure 15 : Photo de la variété Désirée entière, en coupe et le germe.

3.1.1. Variété *Désirée*

Origine génétique : Urgenta X Depesche

Obtenteur(s) : BVde ZPC (Pays-Bas)

Année d'inscription au catalogue national : 1988

- Le plant de cette variété est court à moyen et semi dressé, avec une tige épaisse et vigoureuse.
- Les nœuds et entre-nœuds sont de couleur rouge pourpre.
- Les feuilles ont une couleur vert gris mat. Elles sont moyennement longues et rigides,
- Les nervures médianes et les pétioles sont entièrement rouges pourpres sauf, les surfaces inférieures qui sont vertes.
- Les fleurs sont nombreuses avec des grandes corolles roses, les pédoncules longs et rougeâtres.
- La forme des tubercules est oblongue, moyenne à grosse. Sa peau est rouge, lisse avec des yeux superficiels à mi profonds, et une chair jaune pâle.
- Repos végétatif long.
- Le germe est d'une forme cylindrique et fortement pigmentée par contre l'apex est légèrement pigmenté (NIVAA, 2000 in DJEBIRI, 2005).
- Forte résistance à la sécheresse et bonne résistance au virus Y et à la gale poudreuse. Sensible au nématode à kyste de la pomme de terre et aux déformations sur les sols lourds. Modérément sensible aux virus de la panachure et de la mosaïque bénigne.

Tableau 12 : Descriptions de la variété Désirée.

Caractéristiques des tubercules		Description botanique	
Souplesse de la peau :	Moyenne	Maturité :	Demi-tardive
Forme du tubercule :	Oblongue	Hauteur des plants :	Importante
Profondeur des yeux :	Assez profonde	Fréquence des baies :	Nombreuses
Couleur de la peau :	Rouge	Couleur de la fleur :	Rouge violacé
Couleur de la chair :	Jaune	Couleur de la base du germe :	Rose



Figure 16 : Photo de la variété Spunta entière, en coupe et le germe.

3.1.2. Variété Spunta

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

Obtenteur(s) : J. Oldenburger (Pays-Bas)

Année d'inscription au catalogue national : 1988

- La variété *Spunta* est essentiellement destinée à la consommation à maturité demi-précoce.
- C'est une variété à proportion très forte de gros tubercule oblong allongé, régulier, des yeux très superficiels, peau jaune, chair jaune.
- Les germes sont violets, coniques à pilosité moyenne.
- Plante de taille haute, port dressé, type rameux,
- Feuilles : vert franc, peu divisée, mi ouverte ; foliole moyenne, ovale arrondie,
- Repos végétatif moyen.
- Floraison assez abondante, de couleur blanche partiellement pigmentée. Les tests ont montré une bonne résistance au mildiou du feuillage. (HINGROT, 1990 in AISSA, 2005).

Tableau 13 : Descriptions de la variété Spunta.

Caractéristiques des tubercules		Description botanique	
Souplesse de la peau :	Moyenne	Maturité :	Semi-précoce
Forme du tubercule :	Oblongue - allongée	Hauteur des plants :	Moyenne
Profondeur des yeux :	Peu profonde	Fréquence des baies :	Absentes
Couleur de la peau :	Jaune	Couleur de la fleur :	Blanche
Couleur de la chair :	Jaune clair	Couleur de la base du germe :	Violet

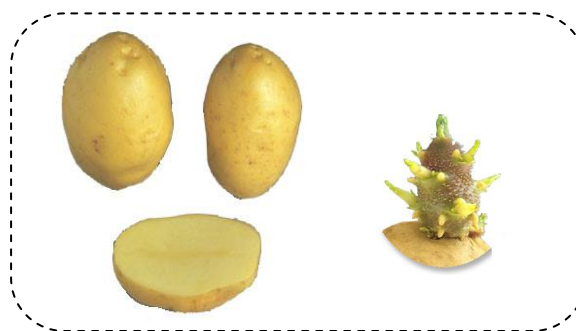


Figure 17 : Photo de la variété Chubaek entière, en coupe et le germe.

3.1.3. Variété *Chubaek*

Origine génétique : H 83011-3 X Superior

Obtenteur(s) : Suwon, Gangneung (Corée du Sud)

Année d'inscription au catalogue national : / (Néant)

- Les plantes de cette variété ont une taille haute, port dressé et vigoureux
- Feuille à couleur vert foncé ; foliole large.
- Tubercules : sont arrondis de taille moyenne, avec des yeux peu profonds et une peau jaune et lisse, chair jaune pâle.
- Floraison : Assez abondante.
- Fleur : Rouge-violette.
- Repos végétatif court (60 jours).

Maturité précoce avec un cycle végétatif court, et de forts rendements (entre 33-35 t/ha), bonne résistance au virus Y et PLRV.

Tableau 14 : Descriptions de la variété Chubaek.

Caractéristiques des tubercules		Description botanique	
Souplesse de la peau :	Moyenne	Maturité :	Précoce
Forme du tubercule :	Arrondie	Hauteur des plants :	Faible
Profondeur des yeux :	Modérée	Fréquence des baies :	Absentes
Couleur de la peau :	Jaune pâle	Couleur de la fleur :	Rouge-violette
Couleur de la chair :	Jaune pâle	Couleur de la base du germe :	Rose

4. Milieu de culture utilisé

Nous avons utilisé deux milieux de culture :

4.1. Système hydroponique

Choisi pour la production de minitubercules, il combine les techniques hydroponiques pour la distribution de la solution nutritive et la technique de culture sur polystyrène pour la fixation et l'ancrage de la plante.

La répartition par variété s'est fait sur une table pour chaque variété.

4.2. Système de culture sur substrat

Ce système utilise comme milieu de culture la tourbe noire. Les plants sont mis dans des pots, ces derniers sont disposés sur des tables au nombre de trois avec 36 pots pour chaque table. Chaque table contient une variété de pomme de terre. La distribution de la solution nutritive dans ce système se fait par la technique du goutte à goutte (un goutteur pour chaque plante).

5. Évaluation des caractéristiques physico-chimiques du substrat

5.1. Porosité.

On entend par porosité, la fraction de l'unité de volume du sol en place qui n'est pas occupée par la matière solide. On divise cette porosité en macroporosité et microporosité. La macroporosité correspond aux plus gros pores, ceux qui seront utilisés pour la circulation de l'eau et de l'air. La microporosité correspond au volume des pores les plus fins qui seront utilisés pour le stockage de l'eau. Autrement dit la porosité, c'est-à-dire le volume des vides, exprimé en pourcentage du volume total (BAIZE, 2000).

Principe :

Pour mesurer la porosité totale, on prélève, sans la tasser, un volume connu de substrat, que l'on pèse après séchage à l'étuve à 105°C. On en déduit la densité apparente¹ du sol sec de la densité réelle², on divise résultat sur le volume du cylindre le tout multiplier par 100.

$$\text{Porosité} = \frac{\text{Densité apparente} - \text{densité réelle}}{\text{Volume du cylindre}} \times 100$$

¹ Densité apparente : c'est le rapport de la masse sèche d'un échantillon de sol à son volume à l'état humide non remanié. Elle est mesurée par séchage à 105°C d'un volume connu de terre, prélevé au moyen d'un cylindre métallique (méthode de Burger).

² Densité réelle : c'est le rapport entre la masse volumique des constituants solides du sol, vides exclus, et la masse volumique de l'eau

5.2. Capacité de rétention en eau

La rétention d'eau dans un sol correspond à la quantité d'eau qu'un sol fin et sec peut retenir. Pour quantifier cette capacité, plusieurs manières s'offrent à nous. La plus simple est la méthode Bouyoucos, cette méthode possède toutefois l'avantage d'être d'un maniement simple et rapide. L'échantillon est humidifié pendant 12 heures par ascension capillaire dans un filtre de Bichner à verre fritté, sur 1cm d'épaisseur, puis on utilise le filtre pour éliminer l'eau dans les pores. La différence entre le poids humide et le poids sec (après séchage à 105 C°) permet de connaître la capacité de rétention en eau en (%) du poids sec.

$$\text{Capacité de rétention en eau (\%)} = \frac{\text{Poids humide} - \text{Poids sec}}{\text{Poids humide}} \times 100$$

5.3. Conductivité électrique du sol (CE)

La conductivité électrique d'une solution du sol est un indice des teneurs en sels solubles dans ce sol. Elle exprime approximativement la concentration des solutés ionisables présents dans l'échantillon c'est-à-dire son degré de salinité. Cette propriété électrochimique est basée sur le fait que la conductance (inverse de la résistance électrique, ohm) d'une solution s'accroît au fur et à mesure que les concentrations en cations et anions, porteurs de charges électriques, augmentent (BAIZE, 2000).

En science du sol, la conductivité électrique (CE) est exprimée en mmho.cm⁻¹ ou dS.m⁻¹ (mmho = millimho, S = Siemens) ou bien en mS.cm⁻¹ à une température de 25 °C.

Principe :

Pour extraire les sels solubles et apprécier la salinité du sol, il y a une méthode qui consiste à faire des extractions aqueuses de rapports sol/eau (m/v) fixes pour obtenir des fortes dilutions (sol/eau de 1/5 ou 1/10, le rapport 1/5 est le plus souvent utilisé) ; ce rapport sol/eau restant donc constant quelle que soit la nature de l'échantillon et, notamment, sa granulométrie. La conductivité électrique de ces extraits dilués est spécifiée en ajoutant le rapport sol/eau comme indice à l'abréviation CE, par ex. CE_{1/5}.

La conductivité électrique est mesurée par conductivimètre exprimée en mmhos/cm et corrigée à une température 25 °C, cette méthode est plus rapide et plus précise.

5.4. Capacité d'échange cationique (CEC)

La capacité totale d'échange (**T**) ou « capacité d'échange de cations » (C.E.C.) est la quantité maximale de cations de toutes sortes qu'un poids déterminé de sol (habituellement 100 g) est capable de retenir. Cette mesure représente le total des charges négatives du sol disponibles pour la fixation de cations métalliques ou d'ions H⁺ (SOLTNER, 2000). Autrement dit, la capacité d'échange cationique (CEC) d'un sol est la quantité totale de

cations (ions⁺) que ce sol peut adsorber sur son complexe et échanger avec la solution environnante dans des conditions de pH bien définies.

Principe :

La capacité d'échange cationique (C.E.C) a été déterminée par la méthode GILLMAN, qui consiste à déplacer les cations et les anions échangeables et à saturer les sites d'échange par un électrolyte non tamponné ; chlorure de calcium 0.1 mol L⁻¹ et ceci au pH du sol.

5.5. Carbone organique

Le dosage du carbone permet de déterminer d'une part la teneur en carbone dans le sol et d'autre part la teneur en matière organique.

Principe :

Le carbone organique (CO) est dosé par la méthode WALKLEY et BLACK, dont le C.O est oxydé par voie humide par du bichromate de potassium (K₂Cr₂O₇) en milieu sulfurique. Le bichromate doit être en excès, la quantité réduite est en principe proportionnelle à la teneur en carbone organique. L'excès de bichromates de potassium est titré par une solution de sel de Mohr en présence de diphénylamine dont la couleur passe du bleu foncé au bleu vert. (AUBERT, 1978).

La teneur en carbone organique est exprimée en % (g en % de terre fine séchée à l'air). Pour passer du taux de carbone aux taux de MO totale, on utilise le coefficient multiplicateur 1,72

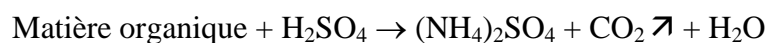
$$\text{MO (\%)} = \text{C (\%)} \times 1,72$$
5.6. Dosage de l'Azote total

L'azote total d'un sol constitue « la réserve » globale d'azote contenue dans l'humus, réserve dont la rapidité de mobilisation (par minéralisation) est très variable suivant le type d'humus (mull, mor, moder). La teneur en azote total est un bon indice de fertilité, à condition d'être interprétée en fonction du rapport C/N.

L'azote total d'un sol réunit des formes organiques (plus de 95% de l'azote total) et minérales : NH₄⁺ (l'azote ammoniacale, forme transitoire, retenue sur le complexe) et NO₃⁻ (l'azote nitrique, principale source d'azote pour les plantes ; facilement lixivié).

Principe :

Dans le procédé de KJELDAHL la matière organique azotée de l'échantillon est minéralisée par l'acide sulfurique concentré, à chaud. Le carbone et l'hydrogène se dégagent à l'état de dioxyde de carbone (gaz) et d'eau, l'azote transformé en ammoniacque est fixé par l'acide sulfurique à l'état de sulfate d'ammoniacque. Cette première phase s'appelle la digestion



L'ion NH_4 est ensuite déplacé par l'hydroxyde de sodium et entraîné à la vapeur d'eau puis fixé par l'acide borique à l'état de borate, lui-même dosé par H_2SO_4 . Cette phase s'appelle la distillation.

5.7. Le rapport C/N

Connaitre le rapport carbone sur azote C/N est nécessaire, car il nous renseigne sur les composants de la matière organique, le type d'humus (issu de la décomposition de la matière organique) ainsi que sur l'intensité de l'activité biologique au sein d'un sol,

Le rapport C/N a été déterminé à partir du dosage de l'azote total par la méthode KJELDAL, et la détermination du carbone par la méthode WALKLEY BLAK.

5.8. Dosage du phosphore assimilable

La définition du phosphore « assimilable » ou biodisponible est relativement facile dans son concept. C'est l'ensemble du phosphore d'un système sol-solution qui peut rejoindre la solution sous forme d'ions phosphate pendant un temps compatible avec les possibilités de prélèvement du végétal en croissance. Les différentes formes d'anions métabolisés par les végétaux se présentent sous les formes : $(\text{PO}_4^{3-}, \text{HPO}_4^{2-}, \text{H}_2\text{PO}_4^-)$; les uns dissous dans la solution du sol, d'autres plus ou moins fortement adsorbés sur les surfaces externes des minéraux argileux et sur les surfaces sortantes des oxyhydroxydes de fer et/ou d'aluminium, et susceptibles d'être rapidement mobilisables vers la solution.

Principe :

Le phosphore est extrait du sol par agitation avec une solution d'oxalate d'ammonium dont le pH doit être égal à 7. Le phosphore qui se dissout par cette opération correspond au phosphore assimilable par la plante. Ce phosphore est mesuré après filtration par une méthode colorimétrique : On forme le complexe phosphore - Molybdate d'ammonium qui devient bleu par réduction. L'intensité de la couleur bleue, qui correspond à la quantité de phosphore, est comparée avec celle d'une gamme étalon.

5.9. pH (potentiel Hydrogène)

La mesure du pH de la solution du sol rend compte de la concentration en ions H_3O^+ du liquide. Ces ions sont en équilibre avec ceux présents à l'état fixé sur les argiles et la matière organique formant le complexe absorbant.

Le pH d'une solution varie de 0 à 14 ; l'acidité (de 0 à 7), la neutralité (égale à 7) ou l'alcalinité (de 7 à 14) d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en H_3O^+ (noté H^+ pour simplifier). De manière à faciliter cette expression, on utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ions H^+ : $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$

Mesure du pH

La mesure du pH s'accomplit par la lecture directe sur pH-mètre, d'une suspension formée de 10g de sol dissous à l'aide d'un agitateur pendant 30mn dans 25ml d'eau distillée. (Le rapport sol/eau=1/2,5), après l'agitation et avant la lecture du résultat, il faut laisser la solution au repos durant 5mn.

6. Préparation des solutions nutritives

Le maintien de l'eau et des éléments minéraux à des niveaux optima dans la rhizosphère des plantes est le principal facteur responsable des rendements élevés des cultures, meilleures qualités des produits et hautes efficiences de l'utilisation de l'eau et des éléments minéraux. L'apport des engrais dans l'eau d'irrigation, appelé « fertigation » ou « ferti-irrigation » est devenu depuis peu une pratique commune en maraîchage et culture hors-sol, permettant d'atteindre un équilibre ionique optimal au niveau de la rhizosphère.

Les besoins en eau et en engrais varient pour chaque type de culture et selon le stade végétatif des plantes de pommes de terre. Pour ajuster au mieux les besoins des plantes deux solutions nutritives sont préparées : l'une pour l'irrigation des plantules dans la chambre d'acclimatation et l'autre pour l'irrigation des plantes en serre.

6.1. Étapes de préparation de la solution nutritive

Dans la pratique, la procédure de préparation d'une solution nutritive est la suivante :

1. Choix de la formulation adaptée à la culture
2. Analyse de la composition minérale de l'eau d'irrigation
3. Adaptation de la formulation choisie aux teneurs en éléments minéraux contenus dans cette eau
4. Choix de la nature des sels minéraux
5. Calcul des pesées de sels correspondants à la fabrication du volume de solution nutritive à préparer (et éventuellement de la quantité d'acide à apporter)
6. Fabrication des solutions mères A, B et C
7. Fabrication de la solution fille par dilution des solutions mères dans l'eau d'irrigation
8. Contrôle de la composition minérale de la solution fille à la sortie des goutteurs

Méthode de calcul des solutions

Comme dans tout système de ce genre, la solution nutritive est calculée en tenant compte des analyses de l'eau de source. Ces résultats sont portés dans le Tableau 18 (résultats et discussions).

6.2. Solution mère pour la chambre d'acclimatation

Dans cette solution, l'eau utilisée est de l'eau dé-ionisée pour une précision parfaite dans les calculs, car une forte concentration en certains éléments peut conduire à une intoxication des plantules fragiles et sensibles aux brusques variations dans les concentrations.

Tableau 15 : Compositions minérales des solutions nutritives utilisées dans la chambre d'acclimatation.

Macroéléments	Constituants	g/1000l	
	Cuve A		
	KNO ₃	151	
	5[Ca(NO ₃) ₂ 2HO ₂] OH ₄ NO ₃	297	
Cuve B		g/1000l	
	KNO ₃	200	
	KH ₂ PO ₄	37	
	NH ₄ H ₂ PO ₄	48	
	MgSO ₄ -7H ₂ O	215	
Micro éléments	Cuve C		g/10l
		MnSO ₄ -5OH	20,2
		H ₃ BO ₃	44,2
		ZnSO ₄ -4H ₂ O	22
		CuSO ₄ -5H ₂ O	8
		(NH ₄) ₆ MO ₇ O ₂₄ -4H ₂ O	2

6.3. Solution mère pour la serre

Dans cette deuxième solution mère, le choix de la formulation adaptée et le calcul des pesées de sels, se font en tenant compte de la composition chimique de l'eau de source utilisée.

Tableau 16 : Compositions minérales des solutions nutritives utilisées dans la serre.

Macroéléments	Constituants	mg/l	g/400l	
	Cuve A			
	KNO ₃	229	92	
	NH ₄ NO ₃	76	30	
	5[Ca(NO ₃) ₂ 2HO ₂] OH ₄ NO ₃	65	26	
	Fe-EDTA	23	3,2	
Cuve B		mg/l	g/400l	
	KNO ₃	150	60	
	NH ₄ H ₂ PO ₄	80	32	
	MgSO ₄ -7H ₂ O	160	64	
Micro éléments	Cuve C		mg/l	g/400l
		MnSO ₄ -H ₂ O ou (MnSO ₄ -4H ₂ O)	1,54 (2,02)	0,62 (0,81)
		H ₃ BO ₃ ou (Na ₂ B ₄ O ₄ -4H ₂ O)	2,86 (4,42)	1,14 (1,77)
		ZnSO ₄ -4H ₂ O ou (ZnSO ₄ -7H ₂ O)	0,18 (0,22)	0,07 (0,09)
		CuSO ₄ -5H ₂ O	0,08	0,03
		NH ₄ MO ₇ O ₂₄ -4H ₂ O ou (Na ₂ MoO ₄ -2H ₂ O)	0,02 (0,026)	0,01 (0,01)

Remarque :

Les composés et les concentrations entre parenthèses sont utilisés au cas où l'on ne trouve pas le composé initial.

Au cours de la préparation des solutions nutritives, il faut prendre en considération quelques précautions :

- Utilisation de bacs séparés afin d'éviter les précipités et les pertes de solubilité par contact en milieu concentré, entre le calcium d'une part, les sulfates et les phosphates d'autre part;
- Répartition du KNO_3 moitié/moitié entre les deux bacs A et B;
- Affectation du fer chélaté à la cuve A pour éviter sa précipitation;

Dans une préparation de solution nutritive, on commence toujours par mettre l'engrais en premier en ajustant le taux avec le testeur d'électro-conductivité ; ensuite on corrige le pH, et enfin, on y ajoute les stimulateurs de croissance (hormones végétale) si nécessaire.

Ces solutions seront diluées pour obtenir les concentrations finales en substances nutritives des solutions d'irrigation.

7. Conduit de l'expérimentation

Le procédé de production des semences de pommes de terre comporte deux étapes complémentaires que sont la régénération des vitro plantules et la plantation de ces plantules en hors-sol. Chaque phase est composée de plusieurs opérations qui bien coordonnées et bien réalisées permettent de produire des semences de pommes de terre de la \mathbf{G}_0 .

De l'implantation des plantules issues de culture de méristème *in vitro* à la récolte des tubercules de semences \mathbf{G}_0 , nous avons suivi l'itinéraire suivant :

7.1. Régénération des vitro plantules

7.1.1. Culture du méristème

Le point de départ est toujours un tubercule reconnu sain après application des analyses de détection de différents pathogènes. Sur les germes de ce tubercule est prélevé le méristème qui est alors placé de manière aseptique sur milieu nutritif adapté. Il régénère alors une plantule (une vitroplantule) après 5 à 7 semaines. Cette étape est réalisée dans la chambre de tissue culture.

7.1.2. Micropropagation

Cette deuxième étape consiste à passer par la chambre de propagation où chaque vitroplantule est retiré du tube à l'aide d'une pince stérile et déposé sur une planche de travail comprenant du papier buvard stérile, puis fragmenté en tronçons (5 à 6 tronçons en moyenne par plantule).

Les tronçons ou boutures sont ensuite repiqués dans un milieu nutritif solide MS à raison de 15 boutures par bocal. Elles y restent 2 à 4 semaines, ensuite elles sont transportées dans la chambre d'acclimatation pour les repiquer dans un système hors-sol (sur substrat ou en hydroponie).

De cette manière, la quantité de plantules disponibles est multipliée toutes les 4 semaines environ par un facteur 5 (5 boutures en moyenne par plantule) ; et donc, en peu de temps, il est possible de produire une quantité impressionnante de plantes saines et rigoureusement conformes à la variété de départ.



Micropropagation des plantules issues de culture de méristème *in vitro*



Enracinement des microboutures pendant 20 à 28 jours

Figure 18 : Propagation des vitroplants

7.1.3. Acclimatation des plantules obtenues *in vitro*

Passer les jeunes vitroplants des chambres de laboratoire climatisées en serres nécessite une étape intermédiaire de quelques jours (7 à 10 jours) pendant laquelle les plantes terminent leur développement. Cette phase d'acclimatation se déroule dans des locaux spécifiques (Chambre d'acclimatation) permettant un contrôle précis des conditions environnantes (Température 22 à 25°C, lumière fluorescente à raison de 16 heures-jour/8 heures-nuit, humidité de 75 à 80 %)

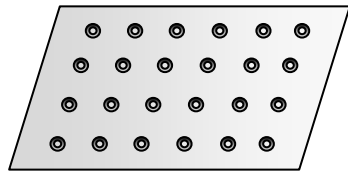
La manipulation de transplantation pour les deux systèmes de culture se fait de la manière suivante :

Tout d'abord, les vitroplants sont sortis des tubes, immergés dans l'eau tiède puis lavés et séparés les uns des autres en prenant soin de ne pas briser les racines. Toute trace du milieu de culture doit être éliminée (pratiquer deux immersions successives dans de l'eau à renouvelée régulièrement).

Ensuite, les plantules doivent être repiquées sur des planches en polystyrène confectionnées pour ça (chaque plaque est percée de 104 trous) de façon que chaque plantule soit maintenue dans un trou par un ponce, sa partie inférieure est immergée tandis que la supérieure reste à l'air libre. Les planches de polystyrène sont déposées dans des récipients remplis de solution nutritive : c'est le même principe de ruissèlement nutritif (NFT). La solution hydroponique est distribuée dans des petits canaux au moyen d'une pompe qui se trouve dans le réservoir. Elle se charge en oxygène continuellement en passant à la surface du film liquide. Le système est confectionné de façon à permettre au liquide de rejoindre le réservoir après avoir irrigué les racines.

Pour le repiquage dans le substrat, les plantules sont repiquées dans des plaques alvéolées remplies de tourbe noire préalablement arrosée avec une solution fertilisante. Pour cela, on pratiquera un trou avec un bâton. Le substrat doit ensuite être légèrement tassé à la main autour du collet, l'irrigation des plants se fait manuellement par aspersion de la solution nutritive.

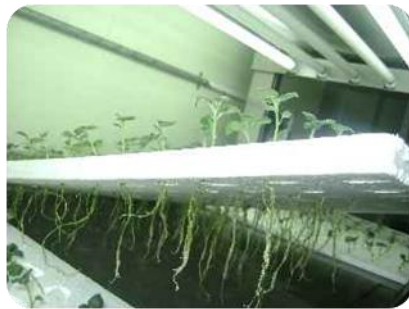
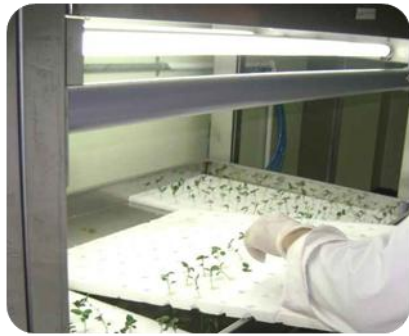
Pendant cette phase d'acclimatation, les plantules vont mieux s'adapter à leurs futurs milieux de culture et aux conditions dans la serre.



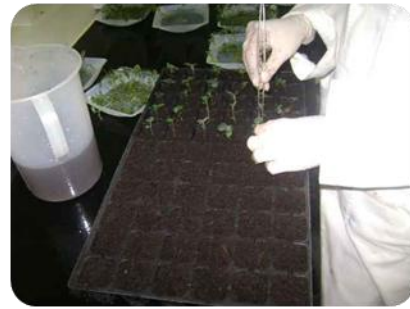
Planches en polystyrène



Plaques alvéolées



Culture en hydroponie



Culture sur substrat (Tourbe noire)

Figure 19 : Acclimatation des plantules obtenues par la technique *in vitro* dans la chambre d'acclimatation.

7.2. Plantation

Après la phase d'acclimatation, les plants sont conduits sous serres d'élevage pendant toute la durée de la culture (90 à 100 jours). Ils doivent présenter une hauteur comprise entre 04-08 cm, 3 à 5 feuilles bien formées et un bon système racinaire.

Nous avons procédé à deux plantations : la première a été faite le 15/11/2010, et la deuxième le 14/03/2011. Les plantations ont été réalisées manuellement.

7.2.1. Plantation en système hydroponique

Les plantes sont repiquées sur des planches en polystyrène, déjà confectionnées et percées de façon que chaque plantule soit maintenue dans un trou par un ponce, sa partie inférieure est dans le vide tandis que la supérieure reste à l'air libre. Les planches de polystyrène sont déposées comme couvercle sur des bacs étanches afin de protéger les racines de la lumière et il faut les maintenir à une température constante autour de 18 à 23°C.

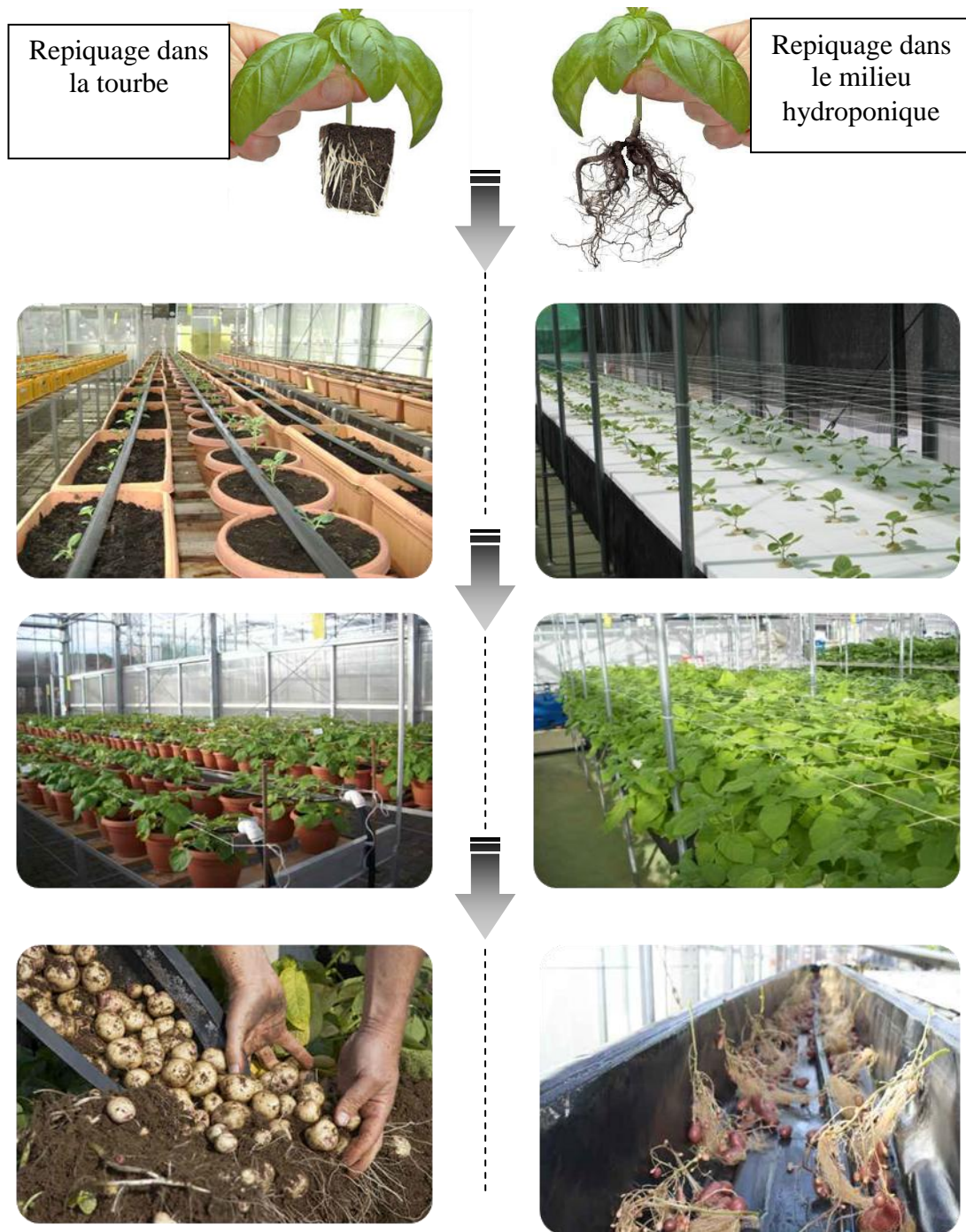
7.2.2. Plantation sur substrat

Avant de planter, on commence par le remplissage des pots de tourbe bien humide en les tassant légèrement sur les côtés.

On prélève les plantes avec leur motte à partir des plaques alvéolées en faisant attention à ne pas casser les racines puis on les repique dans les pots préparés pour ça.

Chaque plante doit être disposée de façon que son collet (endroit où la tige rejoint les racines) affleure la surface du substrat. En d'autres termes, le dessus de la motte des racines doit être à la même hauteur que le niveau final du substrat contenu dans le pot. On ajoute ensuite de la tourbe autour des plants et on la tasse du bout des doigts, sans trop la compacter.

Les écartements pratiqués : 20 cm sur les lignes et 40 cm entre les lignes pour l'hydroponie ; et pour le substrat, deux plantes pour chaque pot rectangulaire et une pour les pots circulaires.



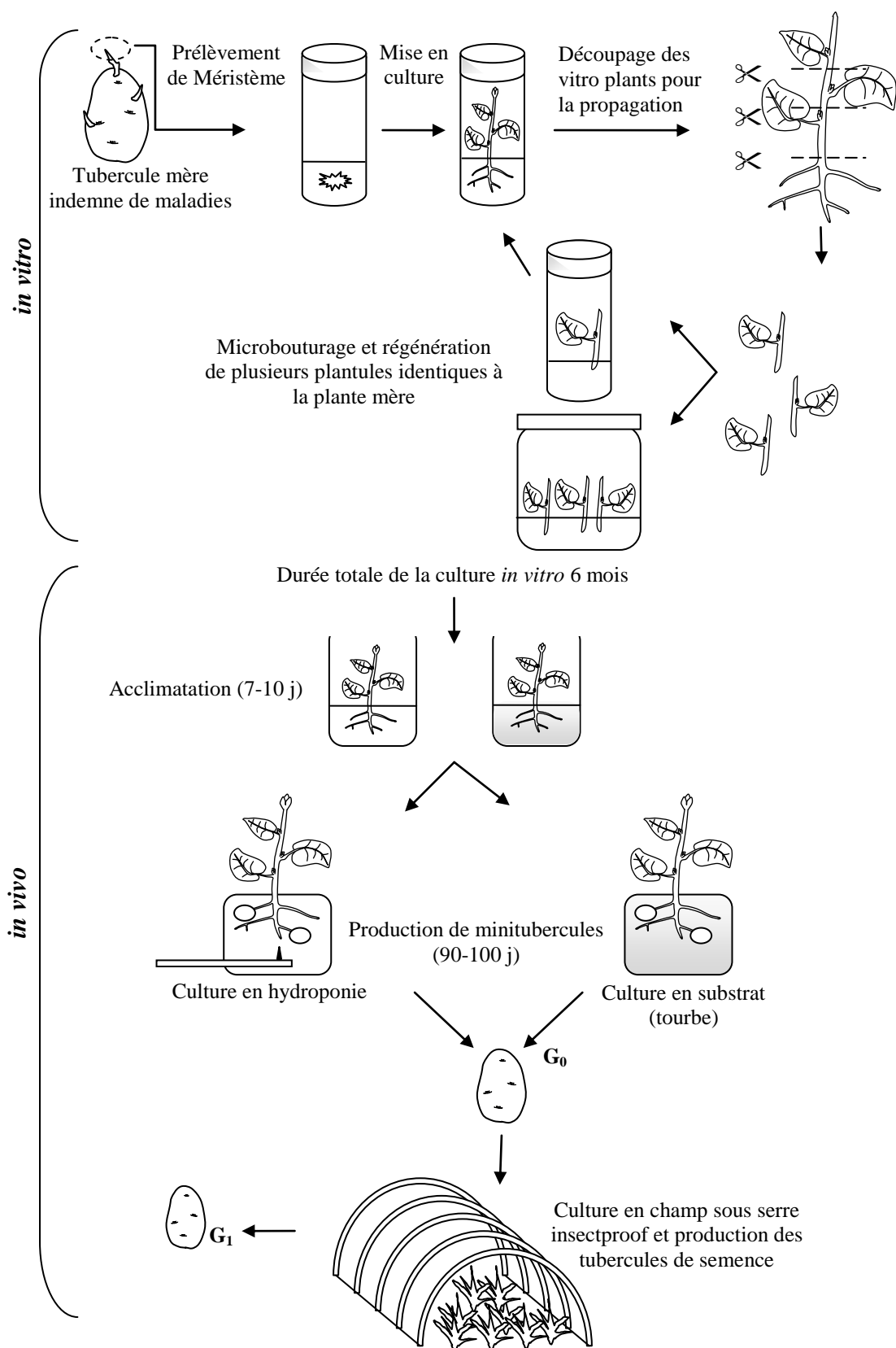


Figure 21 : Schéma généalogique de la production des semences de pomme de terre.

7.3. Modalités d'injection de la solution nutritive

Sur le plan nutritionnel, une pomme de terre hors-sol est totalement dépendante de l'apport de la solution nutritive pour assurer sa croissance. Le délai de réaction de la culture est d'ailleurs très court et ne dépasse pas quelques jours en cas de solution pauvre ou déséquilibrée, en particulier sur système hydroponique.

Les besoins en eau d'irrigation varient pour chaque type de culture et selon le stade végétatif des pommes de terre. Des essais mis en place par les cadres du laboratoire ont permis de quantifier les besoins en eau d'irrigation pour chaque type de culture et ils ont établis des fréquences d'injection.

Pour le système hydroponique l'irrigation se fait par aspersion. L'eau est mise sous pression et pulvérisée sur les racines de façon que la solution ruisselle en continu sur les racines. Les minéraux sont donc très facilement absorbés. La pulvérisation, qui peut être continue, est en général discontinue, par cycles de 15 secondes, avec des arrêts d'environ 5 minutes pendant la journée et 10 minutes durant la nuit. Le système est actionné par un minuteur qui déclenche l'irrigation automatique.

Pour la culture sur substrat, l'irrigation se fait par un système de goutte-à-goutte à faible débit et avec des intervalles fréquents. Au début, l'irrigation se fait pendant 30 min chaque 24 heures ; et après on irrigue pendant 20 min deux fois (matin et soir) par jour.

7.4. Entretien et soins apportés

Ce sont les opérations qui ont lieu durant toute la durée de la plantation et qui permettent d'apporter aux jeunes plantes les soins appropriés pour leur développement.

Nous avons : les entretiens culturels, le traitement phytosanitaire, l'irrigation et la fertilisation.

7.4.1. Défeuillage

Le défeuillage des plantes (le fait d'arracher les feuilles) est une technique pratiquée à la main et à l'aide d'un scalpel et seulement sur les plantes en hydroponie. Elle consiste à éliminer les feuilles les plus proches de la base et d'enfoncer la plante encore plus bas dans le bac, ce qui favorise l'émission des racines et l'apparition de nouveaux stolons et donc de tubercules et réduire les risques d'asphyxie de la plante au niveau du collet lors du grossissement des tubercules.

7.4.2. Tuteurage

Au fur et à mesure de leur croissance, les plants seront régulièrement tuteurer afin d'éviter toute rupture des ramifications qui affectent le rendement. L'opération est réalisée avec un réseau de fils. Lorsque la plante atteint le réseau de fils en hauteur, il faut faire passer la partie apicale directement par-dessus deux rangées de fils, ce qui permet de ne pas abîmer la plante et de ne pas obstruer le passage de la sève.

7.4.3. Traitement phytosanitaire

Afin de protéger les jeunes plants contre d'éventuelles attaques et/ou maladies, deux traitements préventifs sont réalisés, ce qui permet de lutter contre les principales maladies et insectes nuisibles à la pomme de terre.

Au niveau du premier traitement, un fongicide est utilisé pour protéger les plants de pommes de terre contre les différentes maladies cryptogamiques tel que le Mildiou, l'Oïdium, etc. Ce produit fongicide est appliqué 15 jours après le repiquage des plantules.

Concernant le deuxième traitement contre les insectes, il est réalisé quelques jours après le premier. C'est un insecticide polyvalent efficace pour la destruction d'une très large gamme d'insectes.

Les fongicides et insecticides sont appliqués directement sur les plantes. Les traitements sont effectués à l'aide d'un pulvérisateur manuel.

En plus des traitements par les produits chimiques, des méthodes de lutte biologique (attrape-mouches et voile sur les entrées d'air, etc.) sont utilisés pour éliminer de nombreuses populations d'insectes volants (mouches, guêpes, mites, etc.) à l'intérieur de la serre.

7.5. Calendrier culturel

Généralement, deux campagnes (A et B) sont réalisées par an, leurs périodes vont respectivement de Novembre à Janvier et de Mars à Juin. La production des vitro plantules par technique de propagation commence un mois avant chaque campagne. En dehors de ces périodes, le laboratoire est en phase d'entretien par désinfection et nettoyage des équipements.

7.6. Choix des dates de prélèvements

Les plants de pommes de terre sous abris contrôlés ont un comportement physiologique souvent différent de celui des plants en plein champ. Le cycle de développement des plants est très court soit 80 à 100 jours au maximum sous serre. Ce cycle peut être défini selon les conditions génétiques et environnementales. Il y a plusieurs étapes importantes dans le cycle de développement de la pomme de terre. Ces stades sont énumérés de façon détaillée ci-dessous (observations sur site) :

- Le développement de nouvelles feuilles et extension du système racinaire (15 à 20 jours);
- La formation des tubercules et l'émergence de l'inflorescence (30 à 50 jours);
- La floraison et le développement des tubercules (50 à 70 jours);
- Le développement des fruits et la poursuite du développement des tubercules (70 à 90 jours);
- La sénescence des feuilles et l'arrêt du développement des tubercules (85 à 100 jours).

Suivant ces observations sur les différentes phases de développement, nous avons été contraints de faire des prélèvements pour les mesures retenues sur intervalle de 15 à 25 jours.

8. Paramètres phénologique mesurés

Afin de réduire les risques d'erreur et d'arriver à une grande fiabilité dans les essais, nous avons opté pour deux essais dont les dates d'application (de plantation) sont respectivement Novembre et Mars. Nous avons relevé 10 observations pour chaque variété et pour chaque milieu de culture sur un total de 120 plantes : $[(10 \times 3) \times 2] \times 2 = 120$.

Les mesures effectuées sont d'ordre morphologique. Elles ont été effectuées sur les mêmes plants. Elles ont commencé dès les premiers jours de plantation et ont été prolongées jusqu'à la fin du cycle végétatif où les plantes commencent à se faner.

Différentes variables expérimentales sont prises en compte : la longueur et le nombre de tiges, le nombre de feuilles, et après la récolte la deuxième partie des mesures qui concernent le rendement (nombre et calibre des tubercules) et le poids frais de la partie aérienne.

8.1. Croissance en hauteur

Le plant de pommes de terre peut présenter deux types de tiges ; aérienne et souterraine. Nous nous intéressons aux tiges aériennes servant de relais entre les racines et les feuilles pour l'échange de substances chimiques et qui donnent à la plante cet aspect de port plus ou moins érigé. Sur chaque plant retenu, on a mesuré la longueur de la tige (la hauteur de la plante) à l'aide du mètre ruban, depuis le ras du sol jusqu'à l'apex, puis la moyenne de toutes les hauteurs a été calculée pour chaque variété.

8.2. Nombre de tiges par plant

Nos plantes germées à partir de boutures n'ont qu'une seule tige *principale* érigée, servant de support au reste de la plante. De cette tige ramifient des tiges latérales au nombre variable.

Le nombre de tiges latérales par plant nous permet d'avoir une idée sur la qualité de la croissance de la plante et de sa morphologie, l'importance et l'abondance du nombre des tiges permettant aux plants de bien s'alimenter en eau et en sels minéraux (CHAUMETON., et *al* 2006).

Dans le comptage des tiges, on a pris en compte les deux types de tiges, principales et latérales.

8.3. Nombre de feuilles par plant

Les feuilles de la pomme de terre sont disposées en spirale sur la tige, et elles sont composées, c'est-à-dire constituées d'une nervure centrale (rachis) et de plusieurs folioles.

L'estimation du nombre de feuilles est un bon indicateur des capacités assimilatrices de la plante et de sa production en biomasse (FISCHESSER et *al.*, 1996).

Le comptage du nombre de feuilles a été effectué durant toute l'expérimentation sur les mêmes plants utilisés pour les autres mesures, à des intervalles déterminés. Le nombre des feuilles mentionné dans les tableaux est le nombre total des folioles par plante.

8.4. Poids de la biomasse aérienne et des tubercules

La méthode par pesée est plus précise que les autres méthodes de mesure. Elle nous permet d'évaluer la biomasse verte produite par chaque variété et qui sera un paramètre de comparaison avec la tubérisation, deux processus physiologiques antagonistes (JOSEPH., et *al* 1959).

Pour l'appréciation de cette masse végétative, il convient en premier lieu de séparer la partie aérienne de la partie racinaire en coupant les tiges, avec un ciseau au niveau du collet au ras du sol, de façon à prélever toute la partie végétative. Ensuite, on réalise la pesée avec une balance de précision.

Ensuite nous devons calculer la moyenne des pesées réalisées. Ce poids moyen pourra être reporté aux variétés et aux milieux de culture.

8.5. Nombre de tubercules par plant

Le rendement chez la pomme de terre dépend fortement du nombre de tubercules par plant, du poids et du calibre des tubercules qui sont des caractères intéressants pour le choix des semences. Il s'agit ici de compter le nombre de tubercules par plant, et de les classer suivant les différents calibres.

La norme expérimentale des catégories de calibrage proposée dans cette étude ne tient pas compte de la dimension des tubercules. Donc le choix est porté sur le poids :

Par exemple, pour la même dimension de calibre : 20~35mm, le poids d'un tubercule de forme arrondie (*Chubaek*) est largement inférieur à celui d'un tubercule de forme allongée (*Spunta*)

8.6. Analyses et contrôles de pH et CE

Il nous a été difficile d'évaluer la consommation des plantes de différentes variétés en éléments nutritifs par mesure de la concentration de ces éléments dans la solution de drainage après la fertigation. Connaissant déjà la composition de cette solution avant l'irrigation (tableau 18), nous avons choisi de vérifier les paramètres de guidage comme le pH et la conductivité électrique (CE), afin d'estimer les différents fluctuations.

Pour ces analyses, on utilise un pH-mètre et un conductivimètre, avec une fréquence hebdomadaire moyenne de trois (03) tests pour chaque solution.

En système hydroponique la récupération de solution drainée s'effectue avant de rejoindre le réservoir puisqu'on est dans un système fermé. La solution est donc recyclée.

Pour la collecte du drainage des substrats, un récipient est installé en dessous des pots.

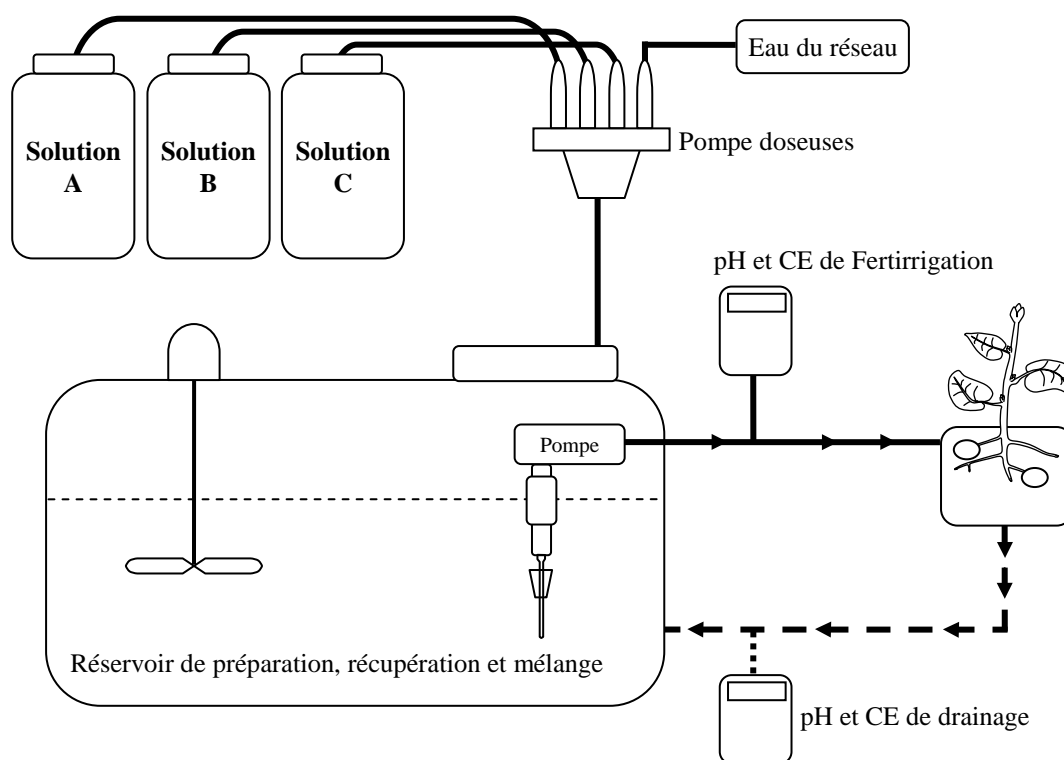


Figure 22 : Schéma de l'installation de fertigation.

8.7. Analyse statistique

Les données obtenues pour chaque paramètre ont été interprétées statistiquement au moyen de l'analyse de la variance (ANOVA). Cette méthode permet de comparer les moyennes des différentes variétés dans les deux milieux.

L'analyse est effectuée à l'aide de logiciel STATITCF (Version 6). Les résultats obtenus sont ensuite représentés sous forme de graphiques.

Chapitre IV

Résultats et discussion

Chapitre IV : Résultats et discussion

1. Résultats des analyses physico-chimiques de la tourbe utilisée

Une partie des analyses physico-chimiques de la tourbe noire utilisée comme substrat de culture dans cette expérimentation ont été réalisées au niveau du laboratoire de l'institut national des sols de l'irrigation et du drainage (INSID) de Ksar Chellala, Tiaret.

Tableau 17 : Résultats des analyses physico-chimiques de la tourbe utilisée.

Paramètre		Résultats d'analyses
Porosité (%)		85
Rétention en eau (%)		78
CE dS/m		0,27
CEC meq/100g de substrat		75,42
pH		5,4
Matière organique (%)		84
Azote total (%)		2,2
C/N		22
Cations meq/100g de sol	Ca ⁺⁺	5,17
	Mg ⁺⁺	3,65
	K ⁺	1,82
P ₂ O ₅ (%)		2,5
Carbone total (%)		48,2

En se référant au tableau 17, nous remarquons que le substrat sur lequel nous avons travaillé présente : un bon taux de porosité, de l'ordre de 85 % et une capacité de rétention en eau de 78 % ; ce qui lui confère une rétention de 78g d'eau par 100g de tourbe, et donc une très bonne capacité de rétention.

La valeur de la CEC est avoisinante à 75,5 meq/100g. En général, la CEC des sols dépend de la teneur en matière organique et du type d'argile (FAO, 1990). Dans notre cas, c'est le taux de matière organique qui conditionne les valeurs de la CEC, sachant que le substrat utilisé est très riche en matière organique avec un taux de 84% ce qui a augmenté cette valeur. Elle présente donc un bon réservoir de nutriments.

Les résultats d'analyse du pH montrent que celui-ci est de 5,4 soit légèrement acide. C'est une valeur comprise dans l'intervalle toléré par la pomme de terre (5,3 à 6,2) ; ce qui est favorable à un bon rendement.

Le rapport C/N présente une valeur qui indique une bonne minéralisation de la matière organique et une disponibilité en azote pour la plante.

2. Caractérisation de l'eau utilisée pour l'irrigation

Nous avons consigné dans le tableau 18 les résultats de l'analyse de l'eau de source de Sebaine

Tableau 18 : Résultats des analyses de l'eau de Sebaine.

Paramètres	TDS	CE	PO ₄ ⁺	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Nt	pH	P total
Unité	mg/l	dS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	-	mg/l
Eau de source	0.59	1.11	0.15	0.09	174	180	7.59	0.12

Selon les valeurs du tableau 19, l'eau de la source de Sebaine est une eau légèrement saline. Cela signifie qu'elle est une eau d'irrigation en se basant sur le tableau de classification des eaux.

Tableau 19 : Classification des eaux (RHOADES et al., 1986).

Classe	CE ds/m	Type d'eau
Non saline	<0,7	Eau potable et irrigable
Légèrement saline	0,7~2	Eau d'irrigation
Modérément saline	02~10	Première eau de drainage et eau souterraine
Très saline	01~10	Seconde eau de drainage et eau souterraine
Très fortement saline	25~45	Eau souterraine très salée
Saumure	>45	Eau de mer

L'analyse de l'eau révèle aussi que le pH est basique. Il est de l'ordre de 7,5. Cela est dû probablement à la présence de calcaire.

3. Croissance en hauteur

L'évolution de la hauteur des plantes a été appréciée à travers la hauteur moyenne des plantes durant tout le cycle de culture pour chaque variété et les figures 23 et 24 nous montrent cette évolution :

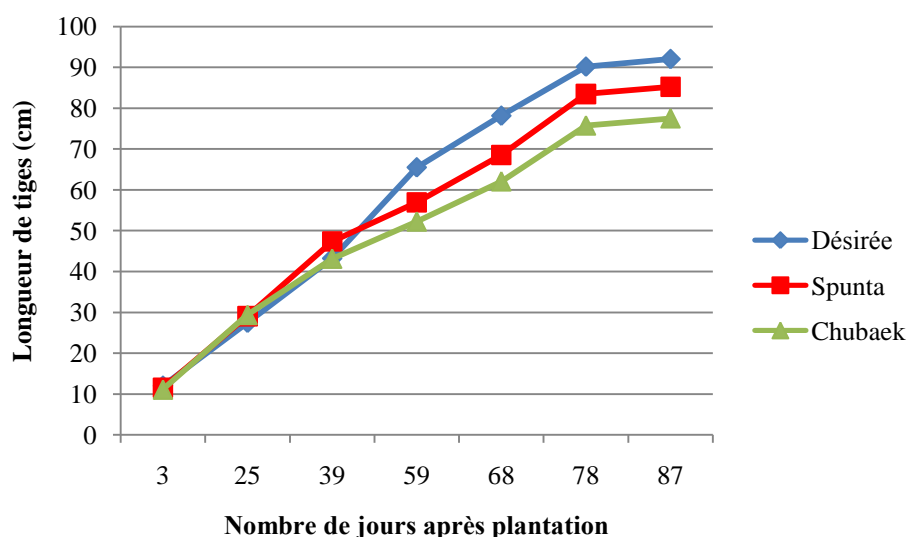


Figure 23 : Évolution de la hauteur moyenne des variétés en fonction du temps en hydroponie.

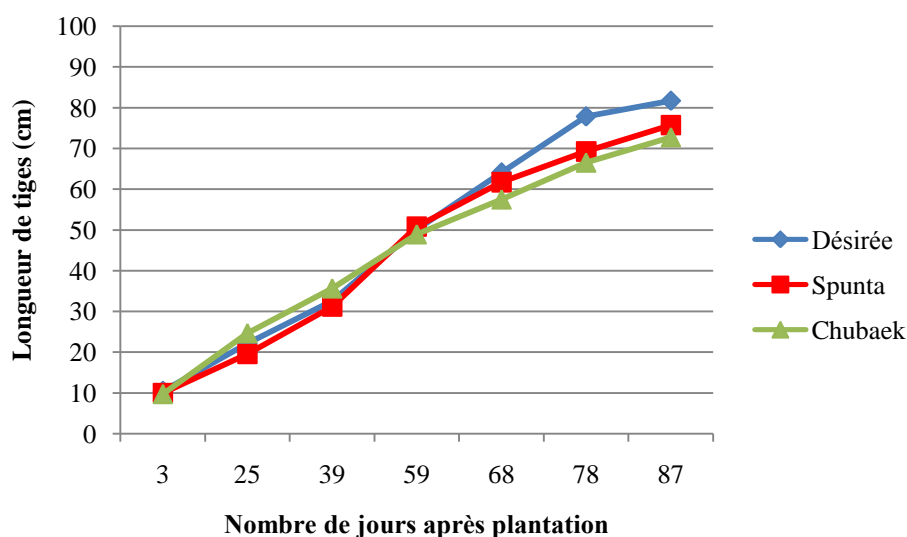


Figure 24 : Évolution de la hauteur moyenne des variétés en fonction du temps sur substrat.

Tableau 20 : Moyenne de la longueur finale des tiges.

Variété	Milieu	Moyenne de la longueur finale des tiges
<i>Désirée</i>	Hydroponie	92
	Substrat	81,7
<i>Spunta</i>	Hydroponie	86
	Substrat	75,7
<i>Chubaek</i>	Hydroponie	78
	Substrat	72,5

La hauteur des plantes, dans chaque milieu, est mesurée à des intervalles en nombre de jours.

On peut constater que la longueur initiale des plantes est presque la même chez les différentes variétés et dans les deux milieux de culture. Après quelques jours on commence à voir une

même allure avec une légère différence entre les variétés, ce rythme s'accroître au fur et à mesure des jours, pour marquer progressivement un pallier supérieur. En fin de culture cette différence va être plus significative et différente pour chaque variété.

En général, les meilleures longueurs des tiges sont observées dans le milieu hydroponique quelle que soit la variété utilisée, avec une légère supériorité pour la variété *Désirée* avec 92 cm par rapport à *Spunta* et *Chubeak* avec respectivement 86 et 78 cm. Les résultats obtenus en substrat révèlent que les deux variétés *Spunta* et *Chubaek* ont une croissance semblables, avec une hauteur moyenne respectivement de 75 et 72 cm. Par ailleurs, la variété *Désirée* a enregistré 81 cm ce qui est nettement plus élevée comparativement aux deux autres variétés.

Tableau 21 : Analyse de la variance de la longueur des tiges en fonction de la variété du milieu et du temps.

Variable dépendante : Hauteur de tiges					
Source de variation	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification (P)
Variété	4532	2	2266	119	0,000*
Milieu	221 ^{E2}	1	221 ^{E2}	1156	0,000*
Temps	479 ^{E3}	6	798 ^{E2}	4180	0,000*
Variété × Milieu	1003	2	502	26	,000*
Variété × Temps	5209	12	434	23	0,000*
Milieu × Temps	4890	6	815	43	0,000*
Variété × Milieu × Temps	1252	12	104	5	,000*

Les résultats de l'analyse de variance sur le paramètre longueur des tiges chez les trois variétés dans les deux milieux sont présentés dans le tableau 21. Ces résultats révèlent que les trois variétés de pommes de terre ont montré des différences significatives de longueurs des tiges, en fonction des variétés, du temps et du milieu, pris individuellement et en interaction deux à deux et en interaction entre les trois facteurs (variété × milieu × temps).

4. Nombre de tiges par plant

Tableau 22 : Nombre de tiges par plant.

		Nombre de Semaines après plantation					
		S 1	S 3	S 5	S 7	S 9	S 10
Variété	Milieu	Nombre de tiges par plant					
<i>Désirée</i>	Hydroponie	1	2,05	3,35	4,85	4,85	4,85
	Substrat	1	1,8	3,5	4,15	4,15	4,15
<i>Spunta</i>	Hydroponie	1	1,65	2,6	3,85	3,95	3,95
	Substrat	1	1,45	2,5	3,2	3,5	3,5
<i>Chubaek</i>	Hydroponie	1	1	2,3	3,45	3,45	3,45
	Substrat	1	1,6	2,35	3,15	3,15	3,15

Le nombre initial des tiges est égal à 1 pour toutes les variétés. Cela est dû à leur provenance d'une bouture. Ensuite les plants vont se développer, grandir et produire des tiges, et à partir de la 9^{ème} semaine, le nombre de tiges commencera à se stabiliser, d'après le tableau 22, nous constatons que la variété *Désirée* a produit plus de tiges que les autres variétés dans les deux milieux. Ce nombre a été en moyenne, de 4 tiges/plant (4,85 tiges/plant en hydroponie et 4,15 tiges/plant pour le substrat). Sans différence significative entre les deux autres variétés (*Spunta* et *Chubaek*), le nombre a été un peu plus de 3 tiges/plant. On a remarqué aussi que le nombre de tiges a augmenté pour toutes les variétés, mais cette augmentation n'est pas différente d'un milieu à l'autre.

Tableau 23 : Analyse de la variance du nombre des tiges en fonction de la variété du milieu et du temps.

Variable dépendante : Nombre de tiges					
Source de variation	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification (P)
Variété	128	2	64	140,8	0,000*
Milieu	16	1	15,7	34,7	,000*
Temps	1050	6	174,9	385,1	0,000*
Variété × Milieu	4	2	2,1	4,7	,009*
Variété × Temps	28	12	2,4	5,2	,000*
Milieu × Temps	14	6	2,4	5,3	,000*
Variété × Milieu × Temps	4	12	0,3	0,7	0,718

L'analyse de la variance n'a pas mis en évidence un effet significatif de l'interaction entre les trois facteurs (variété × milieu × temps) sur le nombre de tiges. Par contre, ce nombre varie en fonction des trois facteurs pris individuellement et en interaction deux à deux.

5. Nombre de feuilles

Chaque intervalle-jours, le nombre de feuilles entre les derniers comptages et les précédents est noté. Les résultats des comptages du nombre de feuilles par variété dans les différents milieux de culture nous ont permis de tracer les graphiques 25 et 26 ci-dessous :

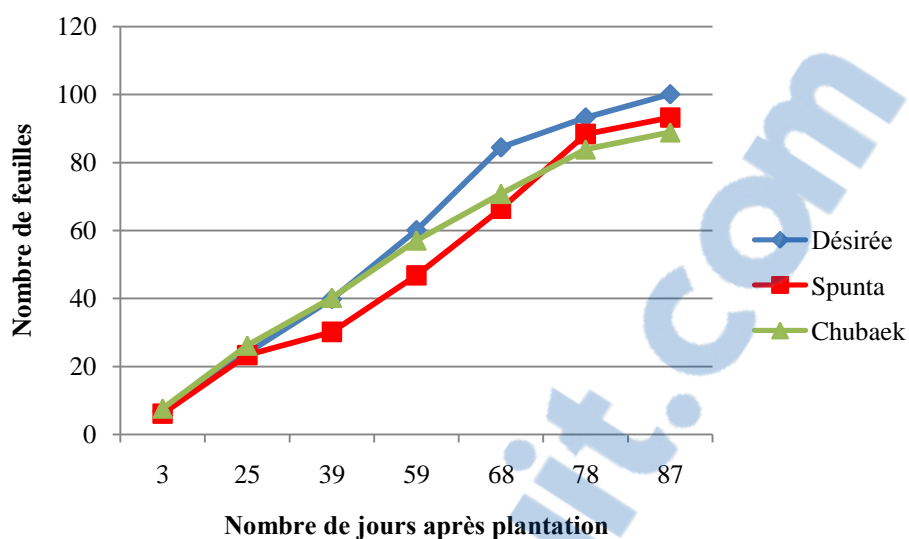


Figure 25 : Évolution du nombre moyen de feuilles des variétés en fonction du temps en hydroponie.

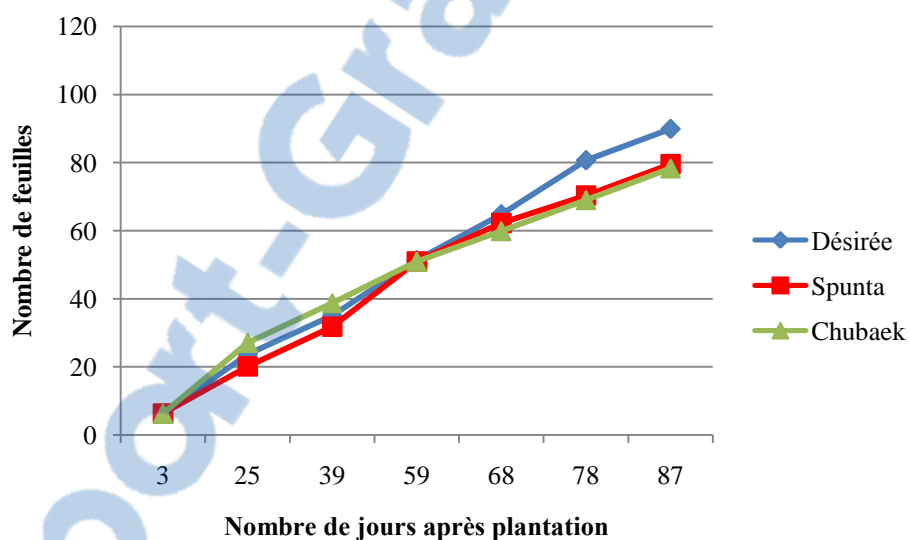


Figure 26 : Évolution du nombre moyen de feuilles des variétés en fonction du temps sur substrat.

Tableau 24 : Moyenne du nombre final de feuilles par plante.

Variété	Milieu	Nombre final de feuilles
<i>Désirée</i>	Hydroponie	100
	Substrat	89,9
<i>Spunta</i>	Hydroponie	93
	Substrat	79,6
<i>Chubaek</i>	Hydroponie	90
	Substrat	78,4

Ce que on constate d'après les graphes 25 et 26 et le tableau 24, c'est que le nombre de feuilles enregistré après 39 jours est en moyenne supérieur chez *Chubaek* ce qui marque la

bonne reprise après repiquage. Après cette date, on remarque une augmentation importante de formation de feuilles pour les deux variétés (*Désirée* et *Spunta*) qui se rattrapent et reprennent le dessus, et ce après 78 jours. Le nombre de feuilles augmente encore et atteint au dernier relevé (87^{ème} jours) son maximum pour les trois variétés, avec une nette supériorité chez la variété *Désirée*.

On peut voir au cours du temps que le nombre moyen et la vitesse de prolifération des feuilles sont en général supérieurs dans le milieu hydroponique que celui du substrat. Nos trois variétés : *Désirée*, *Spunta* et *chubaek* culminent respectivement avec 100, 93 et 90 feuilles en hydroponie. Pour ce qui est du substrat les résultats sont de 89 feuilles pour *Désirée*, avec une légère différence entre *Spunta* et *Chubaek* qui ont respectivement 79 et 78 feuilles.

Tableau 25 : Analyse de la variance du nombre de feuilles en fonction de la variété du milieu et du temps.

Variable dépendante : Nombre de feuilles					
Source de variation	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification (P)
Variété	6891,	2	3445,	87,	0,000
Milieu	7955,	1	7955,	201,	0,000
Temps	648 ^{E3}	6	108 ^{E3}	2730,	0,000
Variété × Milieu	1356,	2	678,	17,	,000
Variété × Temps	4729,	12	394,	10,	0,000
Milieu × Temps	103 ^{E2}	6	1722,	44,	0,000
Variété × Milieu × Temps	3014,	12	251,	6,	,000

L'analyse de la variance montre des effets très hautement significatifs pour l'effet variété, temps et milieu, et même l'interaction entre ces facteurs a une incidence significative sur le nombre de feuilles.

6. Nombre et calibre des tubercules

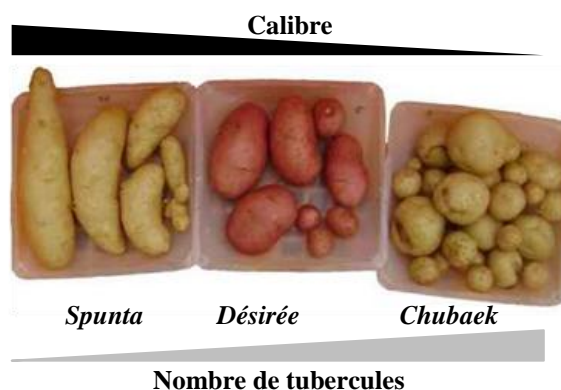


Figure 27 : Photo illustrant le nombre et le calibre des tubercules obtenus par plant pour les trois variétés.

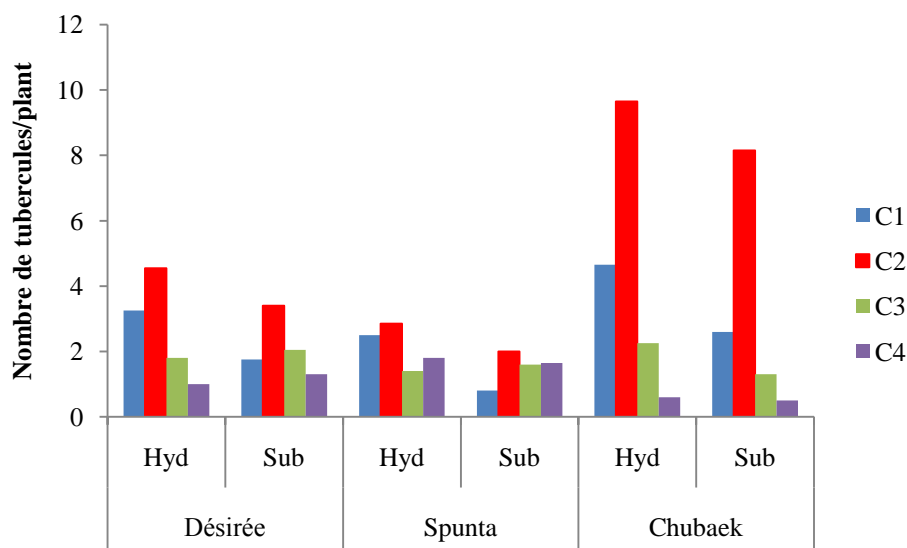


Figure 28 : Répartition du nombre et du calibre des tubercules par plant sur les deux milieux de culture.

Légende :

C₁ : Calibre 1~5g

C₂ : Calibre 5~30g

C₃ : Calibre 30~50g

C₄ : Calibre >50g

Hyd : Milieu hydroponique

Sub : Milieu constitué de substrat (Tourbe)

Les notations à la récolte nous ont permis d'évaluer le rendement et les proportions de chaque calibre. Dans l'histogramme ci-dessus, figurent les calibres des tubercules et également leur nombre. Les résultats du dénombrement des tubercules formés lors des récoltes successives des trois variétés (dans les deux milieux de culture) montrent que *Chubaek* a produit plus de tubercules pour les deux milieux de culture. On note une nette différence par rapport aux deux autres variétés, ce nombre peut atteindre parfois 17 tubercules/plant. Il est à noter par ailleurs que d'après l'histogramme, *Chubaek* a enregistré un rendement important avec un grand nombre de tubercules de calibre C₂ (calibre compris entre 5~30g) ce qui correspond au calibre souhaité pour les semences de la G₀.

Tableau 26 : Analyse de la variance du nombre de tubercules en fonction de la variété et du milieu.

Variable dépendante : Nombre de tubercules					
Source de variation	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification (P)
Variété	1202,	2	601,0	60,57	0,000
Milieu	282,	1	282,1	28,43	4,97 ^E -7
Variété × Milieu	36,	2	18,0	1,82	0,16

L'analyse de la variance a révélé l'existence d'un effet variété, milieu très hautement significatif. Par contre, aucun effet significatif n'est noté pour l'interaction simultanée des deux facteurs (variétés × milieu) sur le nombre de tubercules.

7. Poids de la biomasse aérienne et des tubercules

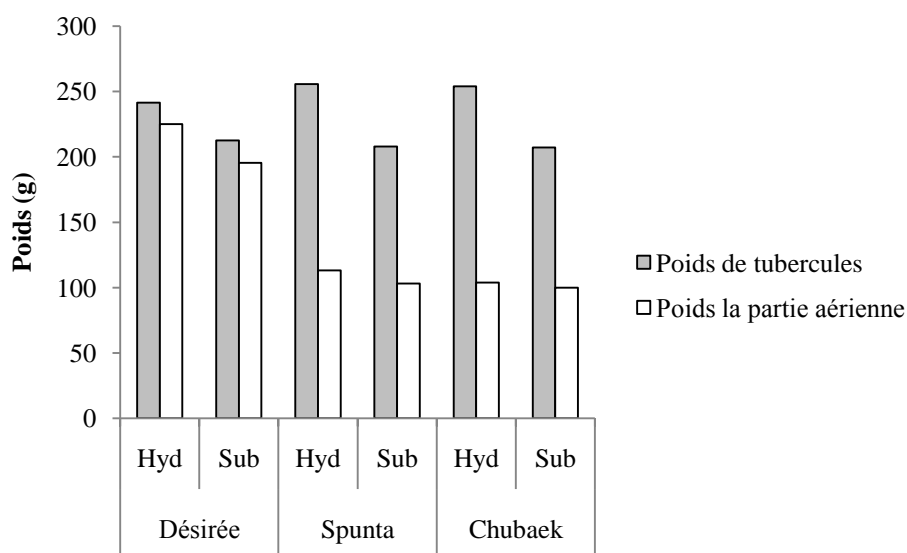


Figure 29 : Poids de la biomasse fraîche produite par plant.

Afin de quantifier et d'évaluer le rendement en biomasse fraîche produite pour chaque plant, des pesées ont été réalisées sur deux paramètres : poids de la partie aérienne (biomasse végétale herbacée) et poids de l'ensemble des tubercules produits par plant.

Nous constatons à partir de la figure 29 que pour toutes les variétés, le poids total des tubercules est supérieur au poids frais de la partie aérienne. L'examen des résultats met encore en évidence le faible rendement en poids de toutes les variétés cultivées en substrat par rapport à celles cultivées en hydroponie qui pourrait être un indicateur limitateur de la poursuite des cultures sur substrat. Ceci aurait un impact certain sur le rendement des plants.

En comparant le rapport pondéral matière fraîche-tubercules/matière fraîche-partie aérienne des trois variétés (tableau 27), on constate que les deux variétés *Chubaek* et *Spunta* ont produit une biomasse fraîche de tubercules égale au double de la partie aérienne. Soit une faible quantité de masse végétative tout en donnant le plus important rendement en poids de tubercules ; tandis que *Désirée* a un rapport nettement plus faible comparativement aux deux autres variétés.

Là encore quelle que soit la variété ce rapport est plus important en hydroponie qu'en substrat. En somme, le rendement paraît obéir surtout aux normes variétales.

Tableau 27 : Quantité de biomasses fraîches produites par plant.

Variété	Milieu	Poids de tubercules (g)	Poids la partie aérienne (g)	Rapport pondéral tubercules / partie aérienne
Désirée	Hydroponie	241,4	225,1	1,07
	Substrat	212,6	195,3	1,08
Spunta	Hydroponie	255,7	113,1	2,26
	Substrat	208,4	103	2,02
Chubaek	Hydroponie	253	103,2	2,45
	Substrat	207,1	98	2,11

8. Résultats des analyses de la conductivité électrique et du pH de la solution

Tableau 28 : Valeurs du pH des solutions nutritives avant et après irrigation.

Variété	Milieu	Paramètre	Moyenne de pH				
			Semaine 1	Semaine 3	Semaine 5	Semaine 7	Semaine 9
Désirée	Hydroponie	pH ₁	6,51	6,17	6,47	6,75	6,09
		pH ₂	7,44	7,32	8,26	8,22	7,43
	Substrat	pH ₁	6,33	6,4	6,07	6,14	6,18
		pH ₂	6,98	7,1	7,04	6,95	6,9
Spunta	Hydroponie	pH ₁	6,51	6,17	6,47	6,75	6,09
		pH ₂	7,49	7,39	7,24	8,21	7,36
	Substrat	pH ₁	6,33	6,4	6,07	6,14	6,18
		pH ₂	7,01	7,3	6,84	7,01	6,92
Chubaek	Hydroponie	pH ₁	6,51	6,17	6,47	6,75	6,09
		pH ₂	7,45	7,29	7,96	8,22	7,22
	Substrat	pH ₁	6,33	6,4	6,07	6,14	6,18
		pH ₂	6,97	7,06	6,91	6,9	6,88

pH₁ : de la solution de départ (avant l'irrigation).

pH₂ : de la solution de drainage.

Ce tableau présente les résultats de mesure du pH de la solution nutritive avant l'irrigation qui est le pH de départ, et après irrigation de la même solution (au drainage), avec une fréquence hebdomadaire moyenne de trois (3) tests pour chaque solution.

D'après le tableau 28, nous remarquons que le pH augmente généralement dans tous les tests effectués par rapport au pH avant irrigation. Cette augmentation s'explique par le prélèvement de nutriments par la plante. De plus, le pH de la solution de drainage du substrat est moins basique par rapport à la solution de départ. Cela peut s'expliquer par le fait que la composition organique du substrat joue un rôle acidifiant de par sa décomposition, en libérant des substances acidifiantes et de par sa capacité à restituer des éléments nutritifs. On constate ainsi, que le pH de la solution de drainage au cours de l'expérimentation est plus basique

comparativement aux premières semaines. Ce résultat nous conduit à dire qu'au fur et à mesure que les plantes se développent, leur assimilation ou consommation des nutriments augmente.

Tableau 29 : Valeurs de la CE des solutions nutritives avant et après irrigation.

Variété	Milieu	Paramètre	Moyenne de CE				
			Semaine 1	Semaine 3	Semaine 5	Semaine 7	Semaine 9
Désirée	Hydroponie	CE ₁	2,13	2,26	2,08	1,87	2,15
		CE ₂	1,83	1,78	1,23	1,09	1,42
	Substrat	CE ₁	1,94	2,19	2,23	2,05	2,48
		CE ₂	1,73	1,98	1,62	1,47	2,08
Spunta	Hydroponie	CE ₁	2,13	2,26	2,08	1,87	2,15
		CE ₂	1,97	1,73	1,05	1,24	1,75
	Substrat	CE ₁	1,94	2,19	2,23	2,05	2,48
		CE ₂	1,76	1,92	1,66	1,45	2,11
Chubaek	Hydroponie	CE ₁	2,13	2,26	2,08	1,87	2,15
		CE ₂	1,83	1,97	1,43	1,22	1,68
	Substrat	CE ₁	1,94	2,19	2,23	2,05	2,48
		CE ₂	1,67	1,87	1,71	1,38	2,14

CE₁ : de la solution de départ (avant l'irrigation).

CE₂ : de la solution de drainage.

Ce tableau synthétise le suivi des mesures de la conductivité électrique (CE) prises avant et après irrigation dans les deux milieux et pour les trois variétés. La conductivité électrique de la solution nutritive d'irrigation de départ est maintenue à un intervalle proportionnel à la culture des pommes de terre par l'ajout d'engrais.

En observant le tableau ci-dessus, nous constatons dans un premier temps que la conductivité électrique a diminué par rapport à la CE de départ pour toutes les variétés. Cela est dû au prélèvement des éléments nutritifs par la plante.

Cette baisse est différente entre les variétés et les deux milieux de culture utilisés.

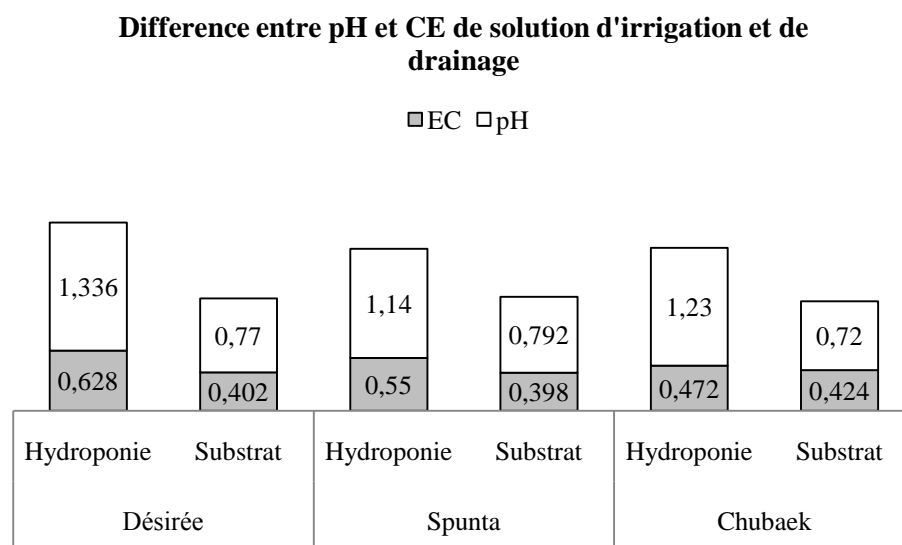


Figure 30 : Schéma explicatif de l'estimation de la consommation moyenne des éléments nutritifs des variétés testées conduites dans les deux milieux de culture.

L'estimation de la consommation des plantes en éléments nutritifs a été appréciée à travers une comparaison entre les valeurs qui résultent de la différence entre les deux mesures avant et après l'irrigation des deux paramètres pH et CE.

Nous avons pu constater que les valeurs moyennes des mesures de pH et CE des solutions nutritives drainées varient en fonction de la variété et du milieu de culture. Cela est dû à la différence dans les prélèvements en eau et l'absorption des éléments nutritifs. Ces valeurs sont plus précises en hydroponie par rapport au substrat (tourbe) dont la minéralisation est encore active.

En se basant sur les valeurs (différence entre les deux mesures avant et après l'irrigation des paramètres pH et CE) enregistrées en milieu hydroponique, il résulte une nette différence entre les trois variétés : *Desirée* a enregistré les plus grandes valeurs différentielles « 1,33 et 0,62 » pour le pH et CE respectivement, ce qui démontre qu'elle a prélevé plus d'éléments nutritifs par rapport aux autres variétés, *Spunta* et *Chubaek*, respectivement 1,14 contre 1,23 en pH et 0,55 contre 0,47 en CE.

9. Étude des corrélations

Le tableau présente les coefficients de corrélation entre les différents paramètres et les aspects physiologiques de croissance et du développement des variétés testées.

L'étude des corrélations nous montre l'existence d'une corrélation positive entre le temps et les paramètres étudiés ($r = 0,95$ pour le nombre de feuilles, $r = 0,94$ pour la hauteur de tiges, $r = 0,73$ pour le nombre de tiges). Les plants auraient tendance à croître et produire plus de feuilles et de tiges en fonction du temps.

Le paramètre « nombre de feuilles » a présenté une corrélation positive avec le nombre de tiges ($r = 0,96$) et a même montré une très forte corrélation avec la hauteur des tiges ($r = 0,75$). Il en est de même pour le nombre de tiges qui est très hautement corrélé avec la longueur des tiges ($r = 0,79$) ; donc la prolifération des feuilles augmente quand le nombre et la hauteur des tiges augmente.

Comme l'indique le tableau 30, la lecture de la matrice de corrélation suggère qu'il y a une corrélation négative entre les différents facteurs et les variables explicatives, avec des coefficients de corrélation sensiblement faibles. En d'autres termes le changement du milieu de l'hydroponie en substrat entraîne une diminution dans les valeurs des paramètres mesurées, à savoir : le nombre de feuilles et de tiges, ainsi que la longueur des tiges. De même, la comparaison entre les variétés productives (*Chubeak* et *Spunta*) et la variété la moins productive (*Désirée*) produit les mêmes effets.

Tableau 30 : Matrice des corrélations entre les différents paramètres mesurés et facteurs.

Variable	Variété	Milieu	Temps	Nbr de F	Htr T	Nbr T
Variété	1,00					
Milieu	0,00	1,00				
Temps	0,00	0,00	1,00			
Nombre de feuilles	-0,09	-0,11	0,95	1,00		
Hauteur de tiges	-0,09	-0,20	0,94	0,96	1,00	
Nombre de tiges	-0,28	-0,10	0,73	0,75	0,79	1,00

Nbr de F : Nombre de feuilles. **Htr T** : Hauteur des tiges. **Nbr T** : Nombre des tiges.

10. Discussion générale

10.1. Comportement variétal

A la lumière des deux expérimentations menées au laboratoire de l'INRAA sur la conduite des différentes variétés de pommes de terre, des différences de comportement ont pu être observées entre variétés dans les deux milieux de culture :

10.1.1. Longueur et nombre des tiges

L'effet d'un milieu de culture résulte de l'ensemble des interactions des différents éléments qui le composent. Certains d'entre eux stimulent les processus du développement, d'autres par contre ont peu d'influence. Ainsi pendant les phases de développement, MADEC et PERENNEC (*in ROUSSELLE*, 1996) ont émis l'hypothèse que la vigueur de croissance n'est pas nécessairement un caractère variétal comme cela est couramment admis (PERLA, 1999), mais peut résulter aussi de certaines conditions du milieu. Ainsi lors de nos essais on a pu observer que l'une des réponses des plants de pomme de terre au milieu de culture a été l'élongation importante des tiges et leurs nombres (cas en hydroponie). Les résultats des analyses statistiques le confirment et montrent l'existence d'une différence significative pour ces deux paramètres (longueur et nombre de tiges) et ce en fonction du milieu.

Il est important de noter que les variétés qui ont donné de bons rendements (*Chubaek* et *Spunta*) ont des tiges courtes. En effet, plus les tiges sont courtes, moins la plante dépense d'énergie pour acheminer les nutriments de la partie souterraine vers la partie apicale. L'énergie résiduelle peut ainsi être utilisée à d'autres fins telles que la croissance de la plante ou des tubercules qui sont les organes des réserves énergétiques et de régénération de cette plante.

10.1.2. Nombre de feuilles

La tolérance d'une plante à un nouveau milieu peut être définie, du point de vue physiologique, par sa capacité à survivre et à croître et du point de vue agronomique, par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes cultivées dans un milieu classique (FISCHESSER, *et al.*, 1996).

Ainsi, la réaction des boutures de pommes de terre au milieu de culture se manifeste lors des premières étapes de reprise par l'augmentation du nombre de feuilles. Cette augmentation varie en fonction du milieu de prolifération expérimenté. D'où le nombre important de feuilles enregistré en milieu hydroponique, qui peut s'expliquer par la grande efficacité du milieu (solution équilibrée).

Si l'on admet de plus, que les feuilles ont un rôle important dans les échanges gazeux et la production de la matière organique, grâce à la photosynthèse. Les résultats que nous avons obtenus pour la majorité des paramètres, en particulier le nombre de feuilles et le rendement, ont montré que la variété *Chubaek* à moins de feuilles avec une production importante. Ceci pourrait s'expliquer par un comportement variétal lié au patrimoine génétique.

10.1.3. Nombre et calibre des tubercules

En utilisant certaines clés de détermination de la vigueur générale (longueur et nombre des tiges ainsi que le nombre de feuilles), nous sommes parvenus à constater que la variété *Désirée* a présenté les meilleurs résultats.

Cependant, le rendement d'une plante de pommes de terre ne correspond pas à la quantité de feuilles et de tiges. Les caractères de la vigueur générale indiquent seulement le potentiel de la plante. Les tubercules indiquent mieux la quantité d'énergie produite et donc le rendement final.

Une confrontation du nombre des tubercules enregistrés avec le calibre des tubercules formés met en évidence les faits suivants :

- *Chubaek* : donne un rendement très élevé, avec une forte proportion de tubercules de calibre C₂ (5~30g) ;
- *Spunta* : donne un rendement inférieur aux autres variétés. Le nombre de tubercules produits par plant est plus faible avec comme corollaire une production de tubercules à gros calibre ;
- *Désirée* : tubérise relativement fort (plus que *Spunta*) avec comme conséquence des calibres un peu plus faibles par rapport à *Spunta*.

D'après JOSEPH *et al* (1959), la valeur optimum d'une culture de pommes de terre dépend du niveau et de la structure du rendement (grosueur et nombre de tubercules). La moyenne du rendement en tubercules notée dans les deux milieux de culture montre que les variétés cultivées en substrat produisent moins de tubercules en générale, mais avec des calibres plus importants. L'analyse des résultats révèle des calibres en C₃ et en C₄ plus importants en substrat par rapport à l'hydroponie. On peut expliquer ce phénomène par le manque d'espace dans la culture sur substrat où les plants sont plus à l'étroit que dans le milieu hydroponique. Ils produisent moins de stolons qu'en hydroponie ; et par conséquent,

moins de stolons/plant ce qui donnera moins de tubercules à calibres plus importants. La culture sur substrat est donc favorable à la production de tubercules de grand calibre C₃ et C₄ phénomène à éviter pour une production des semences.

10.2. Milieu de culture

La plante, comme tout organisme vivant, est influencée durant toute sa vie par les conditions climatiques et édaphiques du milieu. Ces conditions vont lui assurer soit un environnement favorable à la croissance et au développement, soit la soumettre à des facteurs de stress abiotiques ou biotiques qui vont perturber son métabolisme et provoquer des anomalies.

Comment concevoir de nouveaux systèmes de production alors que les enjeux dans lesquels se trouvent engagés l'agriculture se multiplient, et se diversifient sur des finalités souvent difficiles à concilier ?

C'est à ces questions que le recours à l'hydroponie pour la production de semences de pommes de terre a été envisagé comme alternative à la technique traditionnelle utilisant de la tourbe ou du terreau. Les objectifs espérés ont été une augmentation du rendement et un accroissement des garanties de bonne qualité sanitaire de la production.

Nous avons constaté que l'hydroponie permettait d'obtenir jusqu'à 17 tubercules en moyenne par plant pour la variété *Chubaek* alors qu'elle ne produisait que 12,6 sur substrat. Pour les deux autres variétés la différence en nombre de tubercules entre les deux milieux est en général de 3 tubercules. Mais on a constaté que la culture sur substrat favorisait l'obtention d'un nombre réduit de tubercules, mais avec de gros calibres ce qui n'était pas avantageux pour la production de semences.

La méthode hydroponique évaluée dans ce travail comporte comme avantages :

- un accroissement sensible du nombre de tubercules produits par plant ;
- l'obtention, en proportion satisfaisante, de tubercules possédant un calibre permettant une utilisation aisée en plein champ (moins de calibre C₄ : Calibre > 50g) ;
- l'obtention de tubercules dont les qualités sanitaires sont excellentes ;
- l'assurance d'une production facile à réaliser grâce à la possibilité d'automatiser complètement la gestion des solutions nutritives (composition, distribution) ;
- la possibilité de modifier facilement la composition des solutions nutritives de manière à promouvoir une production de qualité sur le plan économique et sanitaire ;
- les tubercules produits ont l'avantage de présenter un épiderme propre et sans salissures.

10.3. Recommandations variétales

Au cours des dernières années, on a pu constater que parmi les facteurs limitant l'augmentation de la production de pommes de terre en Algérie était sans contredire le manque d'approvisionnement en semences (surtout de saison). Nous savons tous que les caractéristiques recherchées chez une variété en Algérie sont une productivité élevée, une adaptabilité supérieure aux diverses conditions de culture, une tolérance, voire une résistance aux maladies du sol et une disponibilité en semences chaque année.

Les résultats du présent travail nous ont permis de faire le point sur les potentialités qu'offre la nouvelle variété *Chubaek* importée de la Corée du Sud.

Un des premiers critères pour la sélection d'une variété est sans aucun doute la possibilité d'obtenir facilement des semences en quantité et en qualité suffisantes. Ce critère et d'autres caractéristiques révélées lors des premiers essais en plein champ, se retrouvent chez cette variété.

La comparaison des résultats obtenus avec cette nouvelle variété en terme de rendement et sa consommation modérée par rapport aux deux autres variétés les plus cultivées en Algérie (*Spunta* et *Désirée*), ainsi que sa période de dormance très courte qui ne dépasse pas deux mois, nous permettent de recommander l'inscription de cette nouvelle variété *Chubaek* dans le catalogue National des variétés.

Conclusion et perspectives

Conclusion

Compte tenu de l'intérêt de la semence de pommes de terre dans les projets engagés par les autorités nationales et qui ont pour but l'autosuffisance en ce produit, et l'amélioration de l'offre nationale en semences, afin d'éviter aux cultivateurs d'être confronté au problème d'approvisionnement en semences de qualités, qui est devenu une des principales préoccupations des organismes producteurs et des centres de recherche qui travaillent sur cette filière.

C'est dans cette optique que nous avons inscrit ce travail de recherche en suivant l'évolution physiologique de trois variétés de pommes de terre à savoir : *Spunta*, *Désirée* et *Chubaek* dans deux milieux de culture (hydroponie et substrat) à travers une série de mesures d'ordre morphologique (mesure de la longueur et nombre des tiges, dénombrement des feuilles, des tubercules, analyses de matières fraîches sur différentes parties des plant, etc.). De plus, des analyses physico-chimiques ont complété ce travail avec l'analyse du substrat employé et des mesures de pH et de la conductivité électrique des solutions nutritives utilisées.

En entreprenant les essais décrits ci-dessus, notre propos était de réunir des observations aussi précises et objectives que possible sur l'évolution de la culture de la pomme de terre au cours de la végétation et plus particulièrement sur son rendement. Or l'un des objectifs principaux, était de parfaire nos connaissances sur le comportement physiologique de ces variétés dans le but d'augmenter les rendements, et d'améliorer les protocoles de production des semences.

Les résultats obtenus lors de notre expérimentation nous permettent d'en tirer les remarques suivantes :

- Les caractères morphologiques ; la longueur et le nombre de tiges ainsi que le nombre de feuilles n'évoluent pas régulièrement au cours du cycle de développement. Certaines variétés sont plus rapides et vigoureuses dans leurs développements, ce qui est le cas avec la variété *Désirée* qui favorise davantage le développement de la partie aérienne ;
- Quant au rendement final, nous distinguons que la variété *Chubaek* présente le nombre le plus important de tubercules avec un très fort nombre de tubercules de calibre C₂ (Calibre : 5~30g) destinés essentiellement à la semence de G₀ ;

- Les résultats nous permettent d'affirmer qu'il n'y a pas une relation entre la vigueur de la plante et le rendement en tubercules ;
- L'appréciation du comportement variétal dans les deux milieux montre que l'effet croissance et rendement était relativement favorable en milieu hydroponique. En substrat par contre, ces deux caractères n'étaient pas visibles ;
- L'estimation des exportations (absorptions) en éléments nutritifs des variétés, montre qu'il y a des différences dans les besoins en éléments nutritifs. Ainsi, nous notons que la variété *Désirée* a absorbé plus d'éléments nutritifs par rapport aux autres variétés ;
- Enfin, et après l'étude de divers facteurs, nous concluons que le rendement en tubercules est expliqué par l'influence majeure du caractère variétal sur l'effet du milieu, mais l'effet des conditions du milieu tend à maximiser le rendement en optimisant le potentiel génétique de la plante.

L'analyse des résultats des différents milieux d'expérimentation devrait maintenant permettre de définir les critères sélectifs à prendre en compte et les variétés de sélection à privilégier en fonction du milieu de culture.

À la lumière de ces résultats obtenus et suite aux remarques que nous avons faites au cours des essais réalisés, nous considérons que notre étude, comme toute autre, ne peut être que partielle et qu'elle nécessite absolument d'être complétée par d'autres recherches.

Les perspectives de notre étude visent à contribuer à l'enrichissement des recherches sur l'amélioration des techniques de production de semences de pommes de terre. Comme complément à la présente étude, les points suivants nous semblent assez pertinents :

- Nécessité de pratiquer le test de résistance des variétés aux différentes maladies ;
- Nécessité d'aller vers la biotechnologie pour la création de variétés typiquement Algériennes adaptées à toutes nos conditions edapho-climatiques ;
- Les problèmes de nutrition s'avérant très difficiles à appréhender, du fait de la différence du comportement variétal et des conditions des milieux. Il ya nécessité d'élaborer une solution nutritive adaptée pour permettre au technicien de mieux connaître le niveau nutritionnel de ces variétés afin d'atteindre des rendements élevés et réguliers ;
- Nécessité de généraliser l'étude aux autres variétés.
- Nécessité de compléter les travaux agronomiques par des travaux technologiques quantitatifs et qualitatifs tels que la teneur en amidon pour mieux exploiter les aptitudes culinaires et industrielles de différentes variétés.

BIBLIOGRAPHIE

Références bibliographiques

- [1]. Araar N., 1995. Titre de la communication : *Rôle des biotechnologies dans la chaîne de production de semences de pomme de terre*. Ed. INRA. Pp. 3-5.
- [2]. Anonyme., 1999. *Transfer de technologie en agriculture, Fiches techniques la production de la pomme de terre, n°52*
- [3]. Alain Vitre., 2003 *Fondements & Principes du hors-sol*. Guide pratique p 1-10
- [4]. Anonyme., 2007. *Synthèse des bilans 2000/2006 de l'institut technique des cultures maraîchères et industrielles*. Ed. ITCMI. Pp.31-35
- [5]. Anonyme., *Note technique : La culture hors sol*., Département de la Recherche Agronomique Appliquée 2010
- [6]. CNCC., 1995. Arrêté n°250 fixant le règlement technique spécifique relatif à la production, au contrôle et à la certification des plants de pomme de terre. Ed. 14p.
- [7]. Denis baize. *Guide des analyses en pédologie*. 2^e édition INRA 2000 255p
- [8]. Fischesser, B., Dupuis-Tate, M.F., 1996. *Le guide illustré de l'écologie*. Ed. La Martinière, 319 p
- [9]. FAO., Compte rendu de fin d'année (*Année internationale de la pomme de terre 2008*). 148p
- [10]. Harchouche T, 1999, *L'étude du comportement physiologique de la pomme de terre de semence pendant la conservation et le stockage en système traditionnel et moderne*. Mémoire de Magister, INA. Pp. 05-28.
- [11]. INPV., 2011. *Bulletin d'informations phytosanitaires* (www.inpv.edu.dz)
- [12]. ITCMI., 2005. *La culture de pomme de terre situation et perspectives*. Ed. ITCMI. 26p.
- [13]. ITCMI., 1994. *Guide pratique du plant de pomme de terre*. Ed. ITCMI. 26p.
- [14]. Perla Hamon. 1999. *Diversité génétique des plantes tropicales cultivées*. 388 p
- [15]. Roger Prat., 2007. *Expérimentation en biologie et physiologie végétales*. 320 p.
- [16]. Rousselle P., Robert Y., Crosnier J.C, 1996. *La pomme de terre*, INRA Paris.
- [17]. Chaumeton H., Jutier S., Fragnaud C., 2006. *La culture des pommes de terre*. 93 p
- [18]. Denise Blanc., 1987. *Les cultures hors sol*, 2^e édition INRA. 397 p
- [19]. Morel Ph., Poncet L., Rivière L.M., 2000. *Les supports de culture horticoles*. INRA Editions. 87p
- [20]. Jeffrey Winterborne. 2005. *Hydroponicist Indoor Horticulture*. p 258
- [21]. Joseph E., Munster J., et Mayor G., 1959. *European Potato Journal*, volume 2.

[22]. Keith Roberto. *How to hydroponics*. 2003 102p

[23]. Vreugdenhil D, *al.*2007. *Potato biologie and biotechnology*. 857 p 220 252

- Fiche technique sur la pomme de terre. Disponible en ligne sur : www.inra.fr (date d'accès: 17/12/2010)

- Bulletin des informations phytosanitaires. Disponible en ligne sur : www.inpv.edu.dz (date d'accès : 17/12/2010)

- Description et caractérisation des centaines de variétés de pomme de terre disponible en ligne sur : www.plantdepommedeterre.org (date d'accès: 17/12/2010)

ANNEXES

Liste des annexes

Symptômes, dégâts et moyens de lutte contre les principaux ravageurs et maladies de la pomme de terre.

ANNEXE n°1 : Maladies Cryptogamiques de la pomme de terre

Maladie	Symptomes et degats	Moyens de lutte
Maladies Cryptogamiques		
Mildiou	<p>feuillage: apparition de taches jaunâtres qui brunissent rapidement. sur la face inférieure des feuilles apparaît un duvet fin, blanc, grisâtre qui disperse les spores. Les tiges atteintes noircissent. la plante peut être détruite en quelques jours.</p> <p>tubercule: taches diffuses brunâtres sur l'épiderme. La chair présente des zones à texture granuleuse de couleur brun-rouille. des pourritures secondaires s'installent par la suite.</p>	<p>methodes culturales: éviter les excès d'azote, éliminer les plants malades, éliminer les adventices qui constituent un foyer de contamination, détruire les fanes afin d'éliminer le foyer d'infection primaire, utiliser des semences saines et effectuer un bon buttage.</p> <p>methodes chimiques: lutte préventive avec des produits organo-cupriques et les produits organiques de synthèse: mancozèbe, carbatène-propinèbe etc.</p>
Alternariose	<p>feuillage: taches arrondies, brunes à noires, montrant des cercles concentriques. des taches chancreuses peuvent se manifester sur tige.</p> <p>tubercule: la maladie se manifeste à la surface sous forme de plaques brunes légèrement déprimées.</p>	<p>methode culturale: brûler toutes les fanes des cultures de la famille des solanacées afin de diminuer l'inoculum primaire, pratiquer une rotation culturale.</p> <p>methode chimique: traitement préventif avec fongicides immédiatement après une pluie.</p>
Rhizoctone noire	<p>tige: apparition de plusieurs petits tubercules aériens de couleur violacées. nécrose des racines et pourriture du collet.</p> <p>tubercule: formation de sclérotés noirs, de forme irrégulière. le periderme se trouvant en dessous des sclérotés n'est pas affecté.</p>	<p>methodes culturales: utiliser des semences saines, rotation culturale, apport de matière organique.</p> <p>traitement chimique: traiter les semences avec des fongicides systémiques tels que thiabendazole, carboxine...etc.</p>
Verticillose	<p>feuillage: flétrissement des folioles qui n'atteint qu'un seul côté de la plante. plus tard, la plante se fanne. sur la tige on note une coloration brune du système vasculaire.</p> <p>tubercule: tubercules de petite taille, flasques et ridés, présentant à la coupe un anneau brun sous l'épiderme.</p>	brûler les débris végétaux avant la culture, utilisation de plants sains, rotation des cultures, variétés résistantes, éviter la salinité du sol et de l'eau d'irrigation, traiter contre les nématodes.
Fusariose	<p>feuillage: flétrissement des feuilles en gardant leur couleur verte. brunissement des vaisseaux conducteurs au niveau de tige d'où le nom "maladie du fil".</p> <p>tubercule: la maladie se manifeste par des taches brunes légèrement déprimées, bientôt entourées par des ridés concentriques, portant des coussinets blanchâtres.</p>	destruction des tubercules malades, rotation culturale longue, utilisation de semences saines, variétés résistantes, désinfection des locaux de conservation. nb: il n'existe pas de traitement chimique

ANNEXE n°2 : Maladies Bacteriennes de la pomme de terre

Maladie	Symptomes et degats	Moyens de lutte
Maladies Bacteriennes		
Jambe noire	<p>feuillage: enrroulement typique du sommet, puis jaunissement generalise. a la base de la tige (collet) se developpe une lesion noire, jusqu'au tubercule mere.</p> <p>tubercule: tissu mou de couleur brunatre, puis pourriture totale du tubercule.</p>	utilisation de semences indemnes de la maladie, elimination des plants attaquées, rotation culturale, eviter l'excès d'eau, plantation peu profonde.
Galle commune	tubercule: presence de pustules a la surface et parfois en profondeur du tubercule.	emploi de plants sains, varietes résistantes, rotation culturale, eviter le chaulage, maintien d'une humidite du sol relativement elevee.

ANNEXE n°3 : Maladies virales de la pomme de terre

Maladie	Symptomes et degats	Moyens de lutte
Maladies virales		
Virus Y: PVY	Marbrure ou mosaïque nécrosante sur feuilles	Utilisation de semences saines
Virus X: PVX	Mosaïque rigoureuse sur feuilles	Eliminer les foyers d'infection primaire
Virus de la luzerne	Mosaïque calico: jaune brillant en forme de tâcheture	Agir contre les vecteurs (pucerons notamment)

ANNEXE n°4 : Insectes et Ravageurs de la pomme de terre

Maladie	Symptomes et degats	Moyens de lutte
Insectes et Ravageurs		
Pucerons	Vecteurs de maladies virales	Défanage avant la période du vol des pucerons, éviter que la période de levée coïncide avec celle du vol des pucerons, planter à haute densité, traiter avec des aphicides systémiques à base d'endosulfan et de parathion.
Teigne	<p>Feuillage: Les larves vivent en mineuse au niveau des feuilles, généralement les plus basses et les plus larges. Quand les attaques sont importantes la plante flétrit et meurt.</p> <p>Tubercule: Les larves creusent des galeries à l'intérieur du tubercule. Ces galeries constituent des portes d'entrée de champignons et bactéries et augmentent le risque de pourriture.</p>	<p>Méthodes culturales: Utilisation de semences saines, rotation culturales, bien couvrir les tubercules au moment de buttage, maintenir une humidité du sol suffisante, ne pas laisser les tubercules dans le champs après récolte, brûlure de fanes (porteur des oeufs et de chenilles), ne pas couvrir les caisses avec les fanes après récolte.</p> <p>Lutte chimique: Utilisation d'insecticides, en alternant les produits systémiques avec ceux de contact. Utiliser les produits à base de methomyl, azimphos methyl et metamidiphos etc...</p>
Noctuelles	Sur feuilles: les jeunes chenilles dévorent le	Traitement au début de l'infestation avec

	parenchyme des feuilles. Il ne reste que l'épiderme desséché. Quand l'attaque est avancée, la culture semble grillée. Sur tubercule: les attaques de chenilles laissent des galeries qui évoluent en pourriture.	des insecticides de contact à base de méthamidophos, méthomyl, chlopyriphos et de parathion.
Nématodes à galles (plus fréquents)	les racines infectées présentent des noeuds ou des galles. Les tubercules présentent des galles et se déforment perdant ainsi leur qualité commerciale.	Variétés résistantes Désinfection du sol avec des nématicides Travaux du sol adéquats

ANNEXE n°5 :
Synthèse des résultats obtenus.

	n° plant	Nombre de feuilles/plant							Longueur des tiges							Nombre de tiges/plant				
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5
Désirée Hydroponique	1	5	19	41	60	84	95	101	14	33	53	75	91	107	109	1	2	4	6	6
	2	7	23	37	55	76	88	95	12	27	42	71	86	93	95	1	2	4	6	6
	3	7	24	39	60	81	96	104	10,5	25	39	79	84	95	97	1	3	3	5	5
	4	6	21	43	65	89	101	107	11	25,5	39	75	97	88	90	1	3	4	6	6
	5	6	19	38	55	80	85	93	11	26	40	63	76	85	87	1	2	4	5	5
	6	5	18	41	61	85	97	103	12	29	44	74	89	97	98	1	2	4	5	5
	7	7	23	32	47	67	75	82	11,5	27	41	71	88	95	98	1	2	3	4	4
	8	8	29	31	42	59	68	78	10,5	25	38	72	87	80	83	1	1	2	4	4
	9	7	26	29	40	57	67	75	13,5	28	49	66	76	91	93	1	2	2	4	4
	10	6	23	43	67	93	105	108	11	26	39	60	70	83	84	1	1	3	4	4
	11	7	25	37	52	73	83	90	11,5	26	40	61	74	89	91	1	3	5	6	6
	12	9	30	39	61	87	93	102	11	23	40	63,5	75	87	89	1	2	4	5	5
	13	6	21	40	63	90	97	105	13	27	42	59	69	86	88	1	2	3	4	4
	14	7	26	49	77	103	107	114	14	34	57	71	88	113	113	1	2	5	6	6
	15	5	28	41	64	91	101	109	12	26	43	63	75	91,5	93	1	2	3	4	4
	16	6	19	37	58	82	89	97	12	27	40	55,5	64	84	87	1	3	3	5	5
	17	8	27	47	74	107	109	111	13	30	46	58	68	86	88	1	1	3	4	4
	18	6	21	44	67	97	104	107	12,5	29	45	57	63,5	85	87	1	2	2	4	4
	19	10	29	42	64	91	101	109	11,5	28	43	57	70	81	83	1	3	3	5	5
	20	9	27	46	69	96	103	111	12	26,5	44	59	72,5	87	88	1	1	3	5	5

	n° plant	Nombre de feuilles/plant							Longueur des tiges							Nombre de tiges/plant				
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5
Spunta Hydroponique	1	7	25	33	52	75	97	104	14	31	53	62	73	87	89	1	2	3	4	4
	2	5	28	37	51	71	95	103	13	32	54	65	78	90	92	1	1	2	4	4
	3	6	23	29	57	83	107	113	12	29	50	60	72	93	98	1	2	3	4	4
	4	5	21	28	55	73	98	101	11	29	51,5	64	68	85	87	1	1	2	3	3
	5	6	21	27	41	55	74	79	12	29,5	49	58	70	79	80	1	2	3	5	5
	6	7	24	31	43	62	83	86	12	31	55	64	74	83	85	1	2	3	4	4
	7	5	18	25	36	53	71	75	11	29,5	48	57	69	85	85	1	3	4	5	5
	8	7	22	29	45	68	93	97	10,5	31	55	67,5	78	85	87	1	1	2	4	4
	9	7	27	37	53	81	101	105	13,5	29,5	47	54	65	81	82	1	1	3	3	4
	10	6	29	35	51	67	89	95	11	28	43	55	66	83	84	1	1	2	3	3
	11	7	29	38	53	57	75	81	10	27	44	53	63	80	83	1	2	2	3	3
	12	6	21	29	39	62	83	87	13	30	47,5	57	67	85	87	1	2	2	4	4
	13	5	20	23	38	56	73	78	11	29	41,5	49	61	77	80	1	2	3	4	4
	14	5	19	25	39	63	85	91	10,5	28	44	53	68	85	88	1	2	3	4	5
	15	5	16	23	36	62	87	93	10	25	39	47	59	74	78	1	1	2	3	3
	16	6	24	29	45	68	93	97	9	26	41	53	66	83	83	1	1	2	4	4
	17	8	25	31	53	70	91	92	14	31	48	57	71	86	87	1	2	3	5	5
	18	6	25	32	52	69	95	98	11	29	43	51	70	83	85	1	2	3	4	4
	19	7	21	27	45	61	83	87	11,5	28	45	55	68	81	83	1	2	2	3	3
	20	6	28	35	51	71	94	102	11	29	49	58	65	85	87	1	1	3	4	4

	n° plant	Nombre de feuilles/plant							Longueur des tiges							Nombre de tiges/plant				
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5
Chuback Hydroponique	1	10	29	35	54	72	96	101	10	27	38	45	57	69	71	1	1	3	4	4
	2	9	27	31	48	63	86	97	14	32	47	53	63	76	77	1	1	2	3	3
	3	6	25	31	49	61	87	85	12	30	39	50	61	75	78	1	1	2	4	4
	4	5	22	28	43	54	76	83	11	29	43	53	62	74	75	1	1	3	4	4
	5	6	25	33	51	69	93	103	10	25	38	55	59	71	73	1	1	3	4	4
	6	7	23	29	49	60	80	87	11	29	49	54	66	81	83	1	1	2	3	3
	7	7	23	25	39	53	71	79	12	31	52	57	68	83	85	1	1	2	3	3
	8	8	25	27	43	54	76	81	12	32	47	51	60	72	74	1	1	2	3	3
	9	7	21	27	45	57	78	84	13,5	33	50	54	61	75	77	1	1	2	3	3
	10	5	29	37	60	76	107	115	12	31,5	44	53	58	71	73	1	1	2	3	3
	11	6	27	30	47	58	84	90	10	27	39	49	60,5	76	77	1	1	2	3	3
	12	5	29	31	50	61	87	95	10	29	47	55	70	87	88	1	1	2	3	3
	13	7	24	29	42	56	76	82	9	28	40	47	59	71	73	1	1	2	4	4
	14	7	25	28	45	59	80	89	10,5	33	47	57	67	82	83	1	1	3	4	4
	15	5	21	24	39	52	70	75	10	30	41	53	62	74	77	1	1	2	3	3
	16	9	26	26	41	54	73	79	9	24	39	51	65	78	80	1	1	3	4	4
	17	8	19	23	42	53	72	83	12	29	41	54	59	73	75	1	1	3	5	5
	18	6	27	32	53	71	95	103	12	31	42,5	53	61	75	77	1	1	2	3	3
	19	7	29	35	57	75	101	109	11	29	39,5	50	58	72	73	1	1	2	3	3
	20	5	27	29	50	65	89	76	11	28	40	51	65	80	81	1	1	2	3	3

	n° plant	Nombre de feuilles/plant							Longueur des tiges							Nombre de tiges/plant				
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5
Désirée Substrat	1	7	23	31	44	58	71	83	9	20	29	40	53	65	75	1	2	4	5	5
	2	7	19	27	50	60	76	90	7	17	23	45,5	57	71	81	1	3	5	5	5
	3	6	27	40	51	64	82	89	12	25	37	47	59	76	83	1	3	5	5	5
	4	7	25	37	54	71	89	100	11	23	34	50	65,5	83	91	1	2	5	5	5
	5	6	22	33	47	59	74	83	10	21	31	43	53,5	68	76	1	1	3	3	3
	6	6	20	34	44	61	78	88	10	19	31,5	44	60	73	82	1	2	4	4	4
	7	9	21	31	49	62	75	86	9,5	20,5	30	46	59	73	79	1	2	3	4	4
	8	4	26	36	48	60	73	88	11	24	33	44,5	57	71	80	1	1	2	3	3
	9	6	25	32	46	59	69	81	10	22	29,5	44	55	67	75	1	1	2	3	3
	10	4	25	37	44	57	75	83	11	24	33,5	43	53	69	77	1	2	4	4	4
	11	5	29	44	42	54	73	80	13	27	41	40	51	65	73	1	1	2	3	3
	12	7	21	34	53	67	85	101	10	19,5	31	48	63	79	90	1	1	3	3	3
	13	7	25	39	50	64	79	95	11	23,5	35	45	60	74	85	1	2	3	4	4
	14	9	22	34	54	66	83	100	10,5	22	33	49	61,5	79	88	1	3	6	6	6
	15	4	23	33	46	60	73	87	10	21,5	31,5	42	56	69	78	1	1	2	4	4
	16	6	22	31	47	62	81	97	9,5	21	28,5	43	58	77	87	1	1	2	3	3
	17	6	26	37	49	59	75	84	11	24	36	46	58	70	79	1	1	3	4	4
	18	5	29	41	45	57	74	83	12	26	38	42,5	55,5	69	77	1	3	5	6	6
	19	8	21	33	53	70	87	103	10	20	31	50	65	81	91	1	2	3	4	4
	20	6	24	37	51	65	81	97	11	23,5	35	49	62	78	87	1	2	4	5	5

	n° plant	Nombre de feuilles/plant							Longueur des tiges							Nombre de tiges/plant				
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5
Spunta Substrat	1	6	23	35	49	57	64	75	12	21	33,5	45	53	60	71	1	2	3	3	4
	2	5	18	28	47	58	70	77	7	16	27	43	55	63,5	73	1	1	4	3	4
	3	7	23	32	50	63	71	85	11	22	31	49	60	67	79	1	2	2	3	4
	4	7	20	31	45	57	62	74	9	19	29	42,5	53	59	72	1	1	2	2	3
	5	6	22	35	49	62	70	81	10	20,5	34	48	59,5	67	78	1	1	2	3	4
	6	5	23	37	44	56	64	74	11	21	35	43,5	54	60,5	71	1	2	2	3	3
	7	7	23	34	48	59	68	79	11	23	35,5	47	57	65	76,5	1	1	2	3	3
	8	8	19	30	43	60	69	83	10	19,5	29,5	42	56,5	66	78	1	1	2	3	4
	9	6	17	31	45	57	67	80	9	18	30	43	55	63	75	1	2	3	4	4
	10	5	22	29	50	61	65	75	9	17	29,5	48,5	59	64	71	1	1	2	3	3
	11	5	20	27	46	54	65	78	7	15	24	43,5	52	62,5	75	1	1	4	5	5
	12	6	19	30	47	56	61	79	8,5	17	30	45	53	59	74	1	2	3	3	3
	13	7	2	29	51	63	72	86	9	19	29	48	60	69	82	1	1	3	4	4
	14	8	25	38	55	68	76	90	11	24	37	51,5	64	75	83	1	2	3	4	4
	15	4	23	35	47	57	61	75	11	21	33,5	44	53	58,5	71	1	1	2	3	3
	16	9	21	30	50	59	70	81	10,5	19,5	29,5	47	59	66	78	1	2	3	3	3
	17	6	22	32	51	64	75	93	11	21	34	49,5	63	72	88	1	2	2	3	3
	18	7	23	35	49	63	68	81	12	22	34	47	58,5	65	76	1	1	2	3	3
	19	8	20	31	46	55	64	71	11	19	30	43	54	60	70	1	1	2	3	3
	20	5	18	28	48	57	65	74	10	17	28,5	46,5	55,5	63	73	1	2	2	3	3

	n° plant	Nombre de feuilles/plant							Longueur des tiges							Nombre de tiges/plant				
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S1	S2	S3	S4	S5
Chuback Substrat	1	6	24	34	43	53	63	74	11	22	31	39,5	49,5	57	68	1	2	2	3	3
	2	8	30	40	46	55	65	75	11,5	25	35	43	50	61	70	1	1	2	2	2
	3	5	29	39	50	60	67	83	10	26	37,5	46	55	63	76	1	1	2	3	3
	4	7	27	37	48	53	59	73	12	24,5	33	41	48,5	57,5	69	1	2	3	4	4
	5	7	31	46	55	61	63	83	9	29	43	50	57	61,5	75	1	2	3	4	4
	6	6	24	37	50	55	61	74	9,5	21	34	43,2	50	60	68	1	2	3	3	3
	7	5	27	40	47	57	70	79	11	24,5	35,5	43	52	63	73,5	1	2	2	3	3
	8	5	30	42	49	57	66	80	9,5	26	38	45	53	59,5	75	1	1	2	3	3
	9	7	25	35	47	58	65	77	8	23	33	43,5	53	60	72	1	2	3	4	4
	10	5	21	33	39	53	61	73	9	22	32	38	47,5	58	68	1	2	3	4	4
	11	8	29	43	50	58	68	75	10,5	28	39	46	54	63	72	1	2	3	4	4
	12	6	30	37	47	55	69	74	11	25	34	43	51	65	71	1	2	2	4	4
	13	6	31	41	51	62	70	82	9	29	39,5	50	58	64,5	79	1	1	2	3	3
	14	7	23	38	47	57	73	88	12	21	33,5	43,5	54	66	80	1	1	2	2	2
	15	7	23	37	46	53	61	73	7	22	35	43	49	57,5	68	1	1	2	3	3
	16	8	27	43	51	60	70	81	8	25	39	47	55,5	63	75	1	2	2	3	3
	17	5	31	44	57	67	78	93	11	29	40	51	63	71,5	85	1	1	2	2	2
	18	5	30	40	49	57	66	80	9	27	37	44	52	61,5	73	1	2	2	3	3
	19	7	24	34	43	53	62	73	6	21,5	31	39	49	57	67	1	2	3	4	4
	20	6	27	36	44	54	64	77	11	23	33	40	49,5	61	70	1	1	2	2	2

	nombre de tubercules/plant					Poids g	Poids partie aérienne frais
	1-5g	5-30g	30-50g	>50g	Somme		
Désirée Hydroponie	5	5	1	2	13	269	277
	1	5	3	1	10	280	229
	2	4	2	0	8	128	235
	5	3	2	0	10	188	222
	2	3	2	1	8	217	212
	3	8	2	0	13	191	233
	3	1	4	0	8	176	236
	1	5	3	1	10	280	200
	0	4	2	0	6	275	232
	6	5	2	2	15	284	203
	4	5	2	2	13	273	224
	0	3	0	2	5	179	220
	5	9	3	0	17	352	212
	5	5	1	2	13	269	287
	5	5	1	1	12	218	225
	5	6	2	2	15	300	214
	2	3	1	2	8	224	216
	3	2	0	1	6	187	212
	5	5	1	1	12	273	200
	3	5	2	0	10	265	214

		nombre de tubercules/plant					Poids g	Poids partie aérienne frais
		1-5g	5-30g	30-50g	>50g	Somme		
Spunta Hydroponie		8	5	2	1	16	168	118,5
		1	3	1	1	6	167	121,08
		3	3	1	3	10	319	124
		3	1	1	3	8	202	117
		1	5	2	1	9	241	106
		3	3	1	1	8	273	112
		2	2	1	2	7	222	112,5
		3	3	1	2	9	216	114
		3	4	1	3	11	318	107,8
		3	4	2	3	12	345	111,7
		0	4	3	1	8	268	110,48
		2	0	2	2	6	311	113,71
		0	1	1	1	3	200	105,4
		4	0	1	2	7	282	116,88
		4	4	0	4	12	305	103,76
		0	5	2	1	8	267	113
		3	1	2	1	7	219	117,23
		1	4	3	1	9	273	113
		2	3	0	2	7	287	110,03
		4	2	1	1	8	232	114,26

		nombre de tubercules/plant					Poids g	Poids partie aérienne frais
		1-5g	5-30g	30-50g	>50g	Somme		
Chuback Hydroponie		1	6	2	1	10	233	96
		1	5	4	1	11	302	103
		6	13	3	1	23	329	104,7
		3	6	1	1	11	206	100,5
		5	12	1	0	18	228	102
		4	17	1	0	22	298	110
		2	6	5	0	13	264	113
		2	7	2	1	12	199	98,4
		1	8	2	0	11	201	102,4
		13	11	2	0	26	329	98
		3	7	3	1	14	298	104
		9	4	4	1	18	217	119
		4	17	1	0	22	186	102
		3	9	3	1	16	279	113
		4	12	2	1	19	198	104
		7	13	1	0	21	231	107
		13	11	2	0	26	327	98
		1	6	2	1	10	233	104
		6	13	3	1	23	332	95
		5	10	1	1	17	189	104

	nombre de tubercules/plant					Poids g	Poids partie aérienne frais
	1-5g	5-30g	30-50g	>50g	Somme		
Désirée Substrat	1	3	2	0	6	204	184
	0	5	2	1	8	215	193
	1	2	3	1	7	109	200
	2	3	4	2	11	323	221
	1	2	1	1	5	137	183
	3	3	2	1	9	197	189
	2	4	2	1	9	201	194
	0	3	5	3	11	434	164,8
	3	2	3	1	9	208	184
	1	3	1	2	7	217	190
	1	4	1	3	9	287	180,4
	3	5	1	0	9	107	221
	2	3	2	0	7	116	194
	1	6	0	1	8	153	212
	2	5	0	1	8	139	183,4
	6	3	1	2	12	217	213
	2	4	1	1	8	162	184,7
	0	2	3	1	6	208	177
	0	1	5	1	7	268	225
	4	5	2	3	14	351	214

	nombre de tubercules/plant					Poids g	Poids partie aérienne frais
	1-5g	5-30g	30-50g	>50g	Somme		
Spunta Substrat	0	2	2	3	7	330	98
	1	2	1	2	6	217	97
	2	3	1	1	7	155	108
	0	1	1	2	4	203	96,5
	0	1	2	3	6	316	104
	1	3	1	2	7	231	95,4
	1	3	1	1	6	155	107
	0	3	1	0	4	79	109,8
	0	2	1	0	3	65	102,4
	0	2	2	3	7	330	95,1
	0	1	3	3	7	353	99,3
	2	2	2	1	7	178	100
	0	3	1	2	6	231	112
	1	0	1	2	4	189	115,4
	2	0	4	2	8	208	98,4
	0	3	2	2	7	268	103
	1	1	2	2	6	240	124,5
	1	3	3	0	7	153	103
	2	3	0	0	5	42	93,8
	2	2	1	2	7	217	97,4

		nombre de tubercules/plant					Poids g	Poids partie aérienne frais
		1-5g	5-30g	30-50g	>50g	Somme		
Chuback Substrat		2	7	0	1	10	173,31	93,7
		3	6	1	0	10	133,98	97
		2	8	1	1	12	222,64	106
		1	9	1	0	11	180,97	94
		3	5	1	0	9	117,65	101,4
		2	9	1	0	12	181,97	92,7
		4	7	2	0	13	184,31	105
		2	6	1	1	10	189,98	106
		2	5	2	1	10	206,65	100,4
		2	9	0	0	11	148,97	93,8
		3	7	1	1	12	207,31	100
		4	6	3	1	14	257,98	97,4
		4	9	2	0	15	216,97	104
		3	10	1	2	16	313,3	112
		3	9	1	0	13	182,97	93
		1	12	0	0	13	196,96	101
		3	10	2	0	15	232,3	114
		3	7	3	1	14	273,31	99,4
		3	10	2	0	15	232,3	92,4
		2	12	1	1	16	287,96	96,5

الملخص

يمثل إنتاج درنات البطاطا مرحلة كلاسيكية لتمكين استغلال المحصول الناتج عن الزراعة في الزجاج ، كبدور ذات نوعية جيدة خالية من أي عدوى فيروسية و بكتيرية. في هذا العمل تم اختبار وسطي نمو (مائي و دعامي) على التفاعل النوعي لثلاث أصناف من البطاطا (*سبونتا، دزيري و شبيك*). أين قمنا بمقارنة مدى تجاوب الأصناف الثلاثة في البيئتين، من خلال سلسلة من القياسات المرفلوجية، من الجانب النوعي للنمو (قياس طول و عدد السيقان، عدد الأوراق) و من الجانب الآخر المردودية (عدد و حجم الدرنات) ، إضافة إلى هذه الاختبارات تم إنهاء الدراسة ببعض التحاليل الفيزيوكيميائية. تشير النتائج المحصل عليها أن معدل المردودية لكل نوع كان متماثل لكل من الاختبارين، و هو إشارة إلى القدرة الإنتاجية للدرنات لكل صنف. أين نلاحظ بكل سهولة إن الصنف *شبيك* يملك قدرة ممتازة في إنتاج الدرنات (15 إلى 19 درنة للنبته) مع تناسق حجمي للدرنات، بينما الصنفين الآخرين *سبونتا، دزيري* فهما تملكان قدرة إنتاجية متواضعة (09 إلى 11 درنة للنبته) مع ميلان لإنتاج درنات ذات حجم كبير. التحليلات الإحصائية المحصل عليها تظهر أنه مهما كان وسط النمو فن المردودية في عدد الدرنات هي قبل كل شيء خاصية نوعية، ولا ينحصر دور الوسط سوا في رفع هذه المردودية بالاستغلال الجيد للموروث الجيني للنبته كما هو الحال في الوسط المائي. **الكلمات الدالة :** البطاطا ، *Solanum tuberosum L* ، إنتاج البذور، الزراعة المائية، المحلول المغذي، الدعامة

Résumé

La production de minitubercules de pommes de terre est l'étape intermédiaire classique pour rendre possible l'utilisation en plein champ du matériel végétal d'origine *in vitro* comme semences saines, exemptes de toute infection bactérienne ou virale.

Dans ce travail, nous avons testé l'influence de deux milieux de culture (hydroponie et substrat), sur le comportement variétal de trois variétés de pomme de terre (*Spunta, Désirée* et *Chubaek*). Nous avons évalué et comparé la réaction de ces trois variétés dans les deux milieux par une série de mesures d'ordre morphologique à travers d'une part la vigueur de croissance (mesure de la longueur et nombre des tiges, dénombrement des feuilles) ; et d'autre part à travers le rendement (nombre et calibre des tubercules). De plus, des analyses physico-chimiques ont complété ces essais.

Les résultats obtenus montrent que le taux de multiplication global mesuré par variété est semblable dans les deux répétitions et qu'il est représentatif du potentiel de tubérisation des variétés. On distingue ainsi facilement que la variété *Chubaek* possède une bonne capacité de tubérisation (15 à 19 tubercules par plant) avec un calibre homogène, quant aux variétés *Spunta* et *Désirée*, elles possèdent une capacité moyenne (de 9 à 11 tubercules par plant) et elles sont caractérisées par des tubercules de grand calibre.

Les analyses statistiques établies révèlent que quel que soit le milieu de culture des plantes, le nombre de tubercules produits par plant est fonction de la variété, mais que l'effet des conditions du milieu tend à maximiser le rendement en optimalisant le potentiel génétique de la plante (cas du milieu hydroponique).

Mots-clés : Pomme de terre, *Solanum tuberosum L*, Production de semences, Culture hydroponique, Solution nutritive, Substrat.

Abstract

The potato minituber production is the classical intermediate stage enabling field use of potato materials with an *in vitro* origin. This production of minitubers may be achieved through various techniques. Most often however they are based upon bedding vitroplantlets or vitroplantlets cuttings in a soilless cultivation (hydroponic culter &/or substrat).

In this work we tasted the influence of two cultures (hydroponic & substrate) on the reaction of three varieties potatoes (*Spunta, Désirée & Chubaek*). Where we compared the reaction of the three varieties in the two environments through a series of morphological measures through a part the quality the strength of growth (measurement of length and number of stems, leaves count) through the other part the performance (number and size of tubers).

The results obtain show that the rate of proliferation measured of every variety was similar in the both of the tests this is a sign to a productive ability of the tuber of every sort.

It is easily distinguished that *Chubaek* variety has a good ability of the production of tubers 15-19 tuber per plant) with a uniformity of size of the tubers. But the two others varieties *Spunta & Désirée* have an average capacity of production between 9-11 tuber per plant.

Statistical analysis that has been got shows that however the growth field was the production of the number of the tubers in before all a specific quality. The role of the environment depends only on increasing this rate by optimizing well the genetic potential of plant.

Keywords : Potato, *Solanum tuberosum L*, Seed production, Soilless cultivation, Hydroponic culter, Nutrient solution, Substrate.