



Département d'Agronomie

Mémoire de fin d'étude

Présenté par :

BENSAID Safia

Pour l'obtention du diplôme de

Master en Agronomie

Spécialité : Amélioration des Productions Végétales

Thème

**L'influence de la photopériode sur l'induction des
microtubercules de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*
L.) var. Spunta**

Soutenue publiquement le 25 /09/ 2016

Composition du jury

Président :	Mr. MAHIOUT Djamel	Maitre assistant A	Univ. Mostaganem
Encadreur :	Mr. LOTMANI Brahim	Professeur	Univ. Mostaganem
Examineur :	Mr. DEBBA Bachir	Maitre assistant A	Univ. Mostaganem

Thème réalisé à INRA laboratoire de la production de semence de pomme de terre -Tiaret-

Dédicaces

*Tou d'abourd, je rends grace à **Dieu** de tou puissant de m'avoire donnée le caourage, la volanté, et la force nécessaire pour attienre un de mes objectifs*

*A la mémoire de **mes grands-pères***

*A mes très **chers parents** qui sont beaucoup fait pour ma réussite*

*A ma **cher tante Fatiha***

*A mes frères **Oussama, Mohamed, et Baraà** et à toute la famille **BENSAID & BOUDAR** grand et petit*

*Surtou le coco de la maison **Nermine et Merouane***

*A mes enseignants du département d'agronomie à l'université de Abdelhamid Ibn Badis-MOSTAGANEM ; **Monsieur A. TADJA, Monsieur ABDERREZEK, Monsieur B.DEBBA, Monsieur ABBOU, Madame HAMZA et Monsieur S. BELGAT.***

A tous mes amis

A ma formidable promotion 2011/2014 sans exception

Je dédie ce modeste travail

Safia Bensaid

Remerciements

*Au terme de ce travail, nos remerciements et notre gratitude vont particulièrement à **Monsieur B.LOTMANI**, pour ses directives et ses orientations tout au long de l'élaboration de ce mémoire.*

*Je tiens aussi à remercier infiniment **Monsieur MAHIOUTE Djamel**, d'avoir accepté de présider le jury, ainsi que **Messieurs DEBBA Bachir** d'avoir examinés ce mémoire.*

*Je tiens vraiment à remercier **Monsieur A. ZEBAR** et **Monsieur Remden**,. Directeur de laboratoire d'INRA, à Tiaret de m'avoir honoré en acceptant de fair ce stage de ce mémoire.*

*Mes vifs remerciements vont à **Mmd Fatiha, Melle Fatim, Melle Bakhta, Mr.Khaled, Mr.Hamza, Mr Mohamed et Mr Aide**. Ingénieurs au laboratoire d'INRA qui ma accompagné durant la période du stage.*

*J'exprime particulièrement ma reconnaissance à **Mr Bouzuina** pour l'aide qui ma offert.*

Mes remerciements vont aussi à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.

Liste des figures et des planches

Partie

Chapitre I

Figure n°01 : Description végétale et terminologie. Source : (Soltner ; 2005)

Figure n°02 : Structure interne du tubercule de pomme de terre mature en coupe longitudinale : périderme , anneau vasculaire , cortex , zone pérимédullaire , moelle . (Rousselle et al., 1996).

Figure n°03 : Représentation graphique de la composition biochimique moyenne d'un tubercule de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.).

Figure n°04 : Suggestion de relation entre le rendement en tubercules et l'âge physiologique de la semence (O'brien et al., 1983).

Figure n°05 : Représente l'influence de l'âge physiologie sur le profile de germination des tubercules

Planche n° 01: Structure externe du tubercule de pomme de terre présentant le bourgeon terminal, les yeux, les lenticelles et le stolon. (Rousselle et al., 1996).

Planche n°02: Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre et cycle végétatif (Soltner 1998)

Planche n°03 : Représente l'influence de l'âge physiologique sur le profil de germination des tubercules

Chapitre II

Figure n°06 : Représente la multiplication de pomme de terre par la culture in vitro

Figure n°07 : Représente le processus de la tubérisation de pomme de terre in vitro

Chapitre III

Planche n°04 : Schéma généalogique de la production des semences de pomme de terre, représente les procédures pour l'obtention de plants indemnes de toutes maladies virales, bactériennes, cryptogamiques et de bonne qualité physiologique.

Figure n°08 : Représentation graphique de la répartition spatiale de la pomme de terre en Algérie.

Figure n°09 : Représentation graphique de l'évolution des superficiels occupées par tranches de culture de pomme de terre

Figure n°10 : Représentation graphique de l'évolution de la production par tranche de culture de pomme de terre de 1998 à 2011 (Unité : 100 tonnes)

Figure n°11 : Représentation graphique de l'évolution de l'importation de la pomme e terre de consommation 1998 _ 2011

Figure n°12 : Représentation graphique des principaux fournisseurs de l'Algérie en 2011

Partie II

Chapitre I

Photo n°01 : représente le laboratoire de production de semence de pomme de terre, INRA

Photo n°02 : représente le dispositif des boites dans la chambre d'acclimatation

Planche n°05 : Représente la variété Spunta A : entière, en coupe, B : le germe et C : les fleurs.

Planche n°06 : Des photos près par nous au niveau de laboratoire de l'INRA représente la première phase de l'étude : la micropropagation afin d'assurer un nombre suffisant des vitroplants ; A, B : la technique de multiplication ; C : la disposition des explants dans la boite, D : les boites dans la chambre d'incubation.

Planche n°07 : Représente les vitrotubercules au milieu de culture au profil de chaque photopériode.

Figure n°13 : organigramme qui représente les phases principales des vitroplants ayant subi à différents conditions climatiques afin d'avoir des vitrotubercules.

Chapitre II

Figure n°14 : Histogramme représente les moyennes du poids des microtubercules.

Figure n°15 : Histogramme représente les moyennes du calibre des microtubercules.

Figure n°16 : Histogramme représente les moyennes de nombre de microtubercules/plant.

Figure n°17 : Histogramme représente le pourcentage des microtubercules et vitroplants sur les trois traitements.

Planche n°08 : Production des microtubercules selon les différents traitements.

Planche n°09 : Différentes positions des microtubercules. A : basale, B : axillaire, C : apicale.

Liste des tableaux

Partie I

Chapitre I

Tableau n°01 : Les ravageurs souterrains, les symptômes courants, et les moyens de lutte de la pomme de terre

Tableau n°02 : Les ravageurs aériens, les symptômes courants, et les moyens de lutte de la pomme de terre

Tableau n°03 : Les maladies souterraines, les symptômes courants, et les moyens de lutte de la pomme de terre

Tableau n°04 : Les maladies souterraines, les symptômes courants, et les moyens de lutte de la pomme de terre

Chapitre II

Tableau n°05 : Etude récapitulatif et représentation des protocoles les plus utilisées afin de régénérer des microtubercules à partir des vitroplats de pomme de terre.

Chapitre III

Tableau n°06 : Les principaux minéraux du tubercule de la pomme de terre.

Tableau n°07 : La disposition concernant les tolérances pour le calibrage.

Tableau n°08 : Les superficies occupées par tranche de la culture de pomme de terre de 1998 à 2011 (Unité : ha)

Tableau n°09 : Evolution de la population, de la disponibilité de la consommation de pomme de terre/habitant/an, de la consommation globale en pomme de terre. Source : ONS, Statistiques agricole MADRA.

Partie II :

Chapitre I :

Tableau n°10 : Structure physique du laboratoire. Source : INRA-Sabaine.

Tableau n°11 : Présentation de la variété Spunta de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) utilisée (Ddoornbos et Ros, 1987 ; Ccorrignan et Trillion, 2005).

Chapitre II

Tableau n°12 : Analyse de la variance (variable poids).

Tableau n°13 : Analyse de la variance (variable calibre).

Tableau n°14 : Analyse de la variance (variable taux de reprise).

Tableau n°15 : Les groupes homogènes pour l'influence de poids des microtubercules en fonction de la photopériode.

Tableau n°16 : Les groupes homogènes pour l'influence de calibre des microtubercules en fonction de la photopériode.

Tableau n°17 : Les groupes homogènes pour l'influence de poids, de calibre et de taux de reprise des microtubercules en fonction de la photopériode.

Summary

In order to reveal the best traitement for the microtuberisation, the explants of *Solanum tuberosum* L. variety of Spunta have been cultivated in Muraching and Skoog medium without the regulator growth.

The first transplant presents the phase of micropropagation to resolute enough healthy quantity of vitroplants.

Later on, we have study the microtuberisation of the variety Spunta into three types of photopériode; the 12th hours, 16th hours, and the total obscurity in order to get vitrotubercules.

The photopériode have influenced the microtuberisation and of course its effect was clearly observed for weight, the calibre, and and the number of microtubercules in a way that the photoperiode of 12thhours have given the best results, then the 16thhours of photoperiod's results but the results in the total obscurity was so weak

Key words : *Solanum tuberosum* L., vitrotubercule, microtuberisation, and photoperiode.

Résumé :

Afin de révéler le meilleur traitement de la microtubérisation, des explants de *Solanum tuberosum* L. variété Spunta ont été cultivés sur un milieu de culture Muraching et Skoog sans hormone.

Le premier repiquage représente la phase de microubérisation qui est pour but d'acquérir une quantité suffisante des vitroplants sain.

Nous avons par la suite étudié la microtubérisation de la variété Spunta selon trois types de photopériode : 12heures, 16heures, l'obscurité totale. La photopériode a influencé la microtubercules de sorte que 12 heures de photopériode a donné les meilleurs résultats au sujet de poids, de calibre et le nombre de microtubercues, ensuite 16heures de photopériode, alors que l'obscurité totale a montrée des résultats moins important.

Les mots clé : *Solanum tuberosum* L., vitrotubercule, microtuberisation, et photopériodde

Liste des tableaux

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Liste des figures, photos, et planches	
Liste des tableaux	
Avant – propos	
Partie I : Revue bibliographie	
Chapitre I : Généralité sur la pomme de terre	
I Description botanique et écophysiological	03
1. Provenance de la pomme de terre	03
2. Classification et taxonomie	04
II. Description de l'appareil caulino-foliaire	05
1. Appareil aérien	05
2. Appareil souterrain	05
2.1 Structure externe du tubercule	06
2.2 Structure interne du tubercule	07
2.3 Composition biochimique du tubercule	07
III. Cycle végétatif (DELAPLACE & FAUCONNIER, 2004)	08
1. Plantation et buttage	10
2. Développement des fanes	10
3. Développement des stolons	11
4. Développement des tubercules	11
Quelques facteurs influençant la tubérisation	11
5. Défanage	12
6. Récolte	12
7. Séchage	12
8. Période de cicatrisation	13
9. Stockage – Inhibition de la germination	13
10. Vieillessement et âge physiologique	13
10.1 Stade monog germe	14
10.2 Stade germes multiples	14
10.3 Stade germes ramifiés	14

10.4 Stade de formation de tubercules fils (boulage)	14
11. Sénescence	16
12. Dormance	17
12.1 Endodormance	17
12.2 Endodormance	17
12.3 Paradormance	17
12.4 Ecodormance	17
13. Période d'incubation	18
Vigueur de croissance	19
Capacité germinative	19
IV. Exigences écologie de la pomme de terre	19
1. Température	19
2. Lumière	20
3. L'alimentation en eau	20
V. Exigences édaphique	20
1. Structure et texture du sol	21
2. PH	21
3. Salinité	21
VI. La description des maladies, des ravageurs et des parasites nuisibles	21
1. Maladies cryptogamiques	21
2. Maladies bactériennes	22
3. Maladies virales	22
4. Insectes et ravageurs	22
5. Principaux ravageurs et maladies – Protection des cultures	22
5.1. Ravageurs	23
5.2. Maladies	24
Chapitre II : la perfectionne biotechnologique de Solanum tuberosum L.	
Histoire	26
Biotechnologie et l'Amélioration de la pomme de terre	26
I. Reproduction conforme de la plante mère	27
1.1. Culture de méristème	27
1.2. Micropropagation	28

2. Microtubérisation	28
Facteurs influençant la microtubérisation	28
2.2 Les facteurs d'incubation	29
2.2 Les micronutriments	29
2.3 Facteurs de croissance	30
2.4 Facteurs intrinsèques	31
3. Embryogenèse somatique	32
4. Conservation	33
II. Multiplication non identique	33
1. Haplométhodes	33
2. Variation somaclonale	34
III. Transformation génétique	35
1. Hybridation interspécifique	35
2. Culture et fusion de protoplastes	35
3. Transfère des gènes	36
IV. Biotechnologie dans le schéma de sélection de la pomme e terre	36
1. Facteurs influençant la culture in vitro	37
1.1 Lumière et la photopériode	37
1.2 Température	37
1.3 Support de milieux de culture	38
1.4 Saccharose	38
1.5 Vitamines	38
1.6 Régulateurs de croissances	38
2. Avantages de la culture in vitro	38
3. Inconvénients	39
Chapitre III : la filière de la pomme de terre	
Problématique générale de la filière de la pomme de terre	40
1. Importance économique de pomme de terre	41
1. Utilisation de la pomme de terre	41
1.1. Sur le plan alimentaire	42
1.2. Sur le plan nutritionnel	42
1.3. Sur le plan médicinal	43

2. Méthodologie de la multiplication de pomme de terre	43
2.1 Spéculation et le type de plants	43
2.1.1 Plants prébase	43
2.1.2. Plants de base	43
2.1.3. Plants certifiés	43
2.2 Disposition concernant le calibre	44
2.3 L'approvisionnement de la semence pomme de terre En Algérie	44
3. Homologation	45
4. Mécanismes réglementaires à l'échelon local	47
5. Enjeux économiques de la recherche variétale	47
6. Principale filière de la pomme de terre en Algérie	48
6.1. La situation de la pomme de terre en Algérie	48
6.2. Différents types de cultures de pomme de terre en Algérie	49
6.3. Régions de production de la pomme de terre en Algérie	49
7. Evolution des superficies de la pomme de terre	50
8. Production de la pomme de terre en Algérie	52
8.1. Consommation de la pomme de terre	53
8.2. Transformation	54
8.3. Distribution	54
9. Semence pomme de terre	55
10. Contraintes de la production de semences	56
Partie II : Expérimentation	
Chapitre I : Méthodologie de l'étude	
I. Projet d'amélioration et de production des semences de pomme de terre	57
1. Localisation	57
2. Objectifs du projet	58
3. Structure physique du laboratoire	58
4. Aménagements et équipements	59
5. Les variétés exploitées	59
6. Les résultats attendus	59
II. Matériel végétal	60
1. caractéristiques de la variété Spunta	60
2. Sensibilité aux maladies	61

3. Défauts internes du tubercule	61
4. Repos végétatif	61
5. Qualité culinaire	61
6. Teneur en matière sèche	61
7. Aptitude à la conservation	61
8. Caractères généraux	61
III. Méthodes	62
1. Protocole expérimental	62
2. Milieu de culture de Muraching et Skoog 1962	63
2.1 Composition du Milieu de culture	63
2.2 Préparation de la solution finale du milieu de culture	63
2.3 La stérilisation de milieu de culture	63
2.4 Stérilisation des instruments de travail	64
IV. Contexte de l'étude et la conduite de l'expérimentation	64
IV.1 Phase 01: La régénération in vitro et le repiquage	64
IV.2 Phase 02: Les facteurs étudiés et les paramètres de mesure	65
IV.3 Le milieu de culture	65
IV.4 Les paramètres de mesure	66
IV.5 Le dispositif expérimental des essais variété spunta	66
IV.6 Analyse statistiques	67
Chapitre II : Interprétation des résultats et discussion	
Discussion générale	68
1. Paramètre de mesure I	68
1.1 Poids des microtubercules	68
2. Paramètre de mesure II	69
2.1 Le calibre des microtubercules	69
3. Paramètre de mesure III	70
3.1 Nombre de microtubercules/plant	71
4. Paramètre de mesure IV	72
4.1 Pourcentage de microtubérisation :	72
Conclusion	75
Annexe	
Références et bibliographique	

Avant-propos

La pomme de terre *Solanum tuberosum* .L appartient à la famille des Solanacées originaire des pays Andes, connue à l'échelle mondiale par sa grande consommation est classée en deuxième position après les céréales. En plus de son importance dans l'alimentation, la pomme de terre est aussi utilisée par voies biotechnologiques dans la production des vaccins contre le diabète et l'hépatite (Arakawa et al., 1999).

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 (Lahouel, 2015).

Conformément à la chambre d'agriculture, les besoins annuels en semences sont de l'ordre de 210 000 tonnes. L'Algérie importe chaque année de l'Europe environ 100 000 tonnes de semences entre Décembre et Février, dont près de 80% de classe A destinée à la production de pomme de terre de consommation, 20% pour la E, et en dernier la SE avec des quantités minimales, ces deux dernières sont destinées à la multiplication (Goucham, 2012).

La production de pomme de terre en Algérie ne satisfait pas les besoins du consommateur, ce qui fait de nous un pays dépendant de l'étranger surtout en matière de semence ; les statistiques de l'union européenne (2002) nous indiquent que l'Algérie dépense 64 millions d'euros à l'UE pour la semence de pomme de terre (Lahouel, 2015).

La plupart de ces semences importées ne présentent pas souvent les qualités requises et leur génotype n'est pas toujours conforme à nos conditions édapho-climatiques. De même la semence peut présenter quelques contaminations vu que celle-ci est très connue par sa sensibilité à de nombreuses infections qui lui sont transmises à chaque génération par le tubercule et pour lequel aucune lutte chimique n'est possible (Lahouel, 2015).

Pour faire face à ces problèmes, des efforts importants ont été consentis par l'Etat à travers l'installation des différentes unités à fin de multiplier le matériel de pré-base (culture in

Avant-propos

vitro, G0, G1 et G2) et garantir la micro-tubérisation, dans le but d'intégrer l'amont de la filière semence pomme de terre en Algérie.

- Le laboratoire agronomique de l'INRAA dans la commune de SABAINÉ, basé dans la région de Tiaret, est un bel exemple d'entreprise qui s'ingénie à instaurer les bases d'une culture nouvelle en Algérie.

Pour prendre ce problème, à bras le corps, une enveloppe budgétaire importante, lui est consacrée notamment pour 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 vitro-plantules, car une meilleure productivité est impossible autrement qu'avec cette technique. . Dans ce cadre, il était intéressant d'étudier la microtubérisation afin de produire des microtubercules (vitro-tubercules), ceux-ci peuvent être considérés comme la semence du future en raison de leur grande utilité pour l'agriculture : c'est leur petite taille qui fait leur avantage de sorte qu'on peut les conserver pour une longue durée jusqu'au moment de leur utilisation, on peut aussi les transporter d'une région à l'autre et sans aucune difficulté et les produire à n'importe quelle époque de l'année.

C'est dans cette optique que nous avons proposé s'inscrire dans le but d'apporter une meilleure connaissance de la physiologie de la microtubérisation, d'améliorer l'état sanitaire des semences et d'obtenir des micro-tubercules de meilleure grosseur, dans un temps plus court, il nous permet aussi de les améliorer du point de vue qualitatif et quantitatif et de ce fait les introduire dans le schéma de production de semences dans l'industrie agricole.

Pour parvenir à ces objectifs : notre travail s'est attelé à étudier la microtubérisation en utilisant les techniques de cultures in vitro et en se basant sur l'effet du milieu de culture et de la photopériode.

Généralités sur la pomme de terre

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) est une plante herbacée tubéreuse originaire d'Amérique latine. Sa production mondiale s'élevait à 330 millions de tonnes en 2004 (FAO, 2007), ce qui en fait la cinquième plante cultivée après la canne à sucre, le maïs, le blé et le riz. Dans la pratique agricole, le cycle de production de la pomme de terre est principalement végétatif, les tubercules produits constituant à la fois un organe de reproduction asexuée et la partie alimentaire de la plante.

Les performances agronomiques des tubercules semences dépendent fortement de leur âge physiologique. Ce paramètre désigne l'état physiologique du tubercule à un moment donné (Reust ; 1986. Coleman; 2000) et conditionne certaines composantes essentielles du rendement telles que la capacité de cicatrisation des tubercules, le taux de croissance initial de la culture, le nombre de tiges produites ou la date de tubérisation (Hartmans & Vanloon ; 1987. Coleman; 2000).

I Description botanique et écophysologique

1. Provenance de la pomme de terre

La pomme de terre existe depuis plus de 8 000 ans. D'après les recherches réalisées, l'Amérique du Sud serait la terre natale de ce légume. On pense qu'elle a été introduite en Virginie par des pirates ou naufragés. Puis en Europe vers XII siècle en 1560-1570 et en Angleterre vers 1884 (Ggoucham Mohamed ; 2012).

En Algérie, son introduction a été faite par les français en 1856. Ainsi l'Algérie était déjà un pays exportateur de la pomme de terre (Starostins, 1977).

La pomme de terre *Solanum tuberosum* L. a été décrite par Linné en 1753. Elle appartient à la famille des Solanacées qui contient des genres aussi variés (Rousselle et al. 1996).

Le genre *Solanum* regroupe environ 2000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (Hawkes, 1990).

C'est une plante vivace qui se propage par multiplication végétative et qui est cultivée comme une espèce annuelle (Rousselle et al. 1996).

En Afrique, la pomme de terre a été introduite à la fin du 19^{ème} siècle par le colonisateur européen. Aujourd'hui, on la rencontre très fréquemment en zones arides où elle alimente le marché des produits agricoles. La production est très importante dans certains

pays dont entre autres: l'Égypte : 2600000t; le Malawi : 2200000t; l'Afrique du Sud : 1972391t; l'Algérie:1900000 t; Nigéria: 843000t. (FAOSTAT, 2007)

2. Classification et taxonomie

Originaire d'Amérique latine (Pérou, Bolivie, Equateur et centre du Mexique), le genre *Solanum* L. regroupe environ un millier d'espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (Rousselle et al., 1996). L'espèce cultivée dans nos régions, *Solanum tuberosum* L. subsp. *tuberosum* comprend plusieurs centaines de variétés différentes par la forme, la couleur, la texture ou encore par le contenu en amidon des tubercules. Sa classification exhaustive est présentée par Hawkes, 1990. La pomme de terre est une plante annuelle tétraploïde ($2n=4x=48$) (Mathurin., 1998).

La classification taxonomique est la suivante :

- ♣ **Règne** : Métaphytes (Végétaux supérieurs)
- ♣ **Embranchement** : Spermatophytes
- ♣ **Sous-embranchement** : Angiospermes
- ♣ **Classe** : Dicotylédones
- ♣ **Sous-classe** : Asteridae
- ♣ **Ordre** : Polemoniales
- ♣ **Famille** : Solanaceae
- ♣ **Genre** : *Solanum* L.
- ♣ **Sous-Genre** : *Potatoe* (G. Don) D'Arcy
- ♣ **Section** : *Petota* Dumort
- ♣ **Sous-section** : *Potatoae*
- ♣ **Super-série** : *Rotata*
- ♣ **Série/Groupe** : *Tuberosa*
- ♣ **Espèce** : *Tuberosum*

- ♣ **Nom binominal** : *Solanum tuberosum* L., 1753

Cette espèce s'adapte aux différentes zones climatiques des régions tropicales et extra tropicales.

II. Description de l'appareil caulino-foliaire

La pomme de terre est une plante vivace qui se propage par multiplication végétative et qui est cultivée comme une espèce annuelle (Rousselle et al., 1992).

La plante comporte à la fois des tiges aériennes et des tiges souterraines (Darpoux et Debelley, 1967).

1. Appareil aérien

L'appareil aérien est constitué de plusieurs tiges principales souvent ailées, la plante adoptant avec l'âge un port plus ou moins étalé (caractéristique variétale). Les feuilles sont alternes, composées imparipennées et comportent de 7 à 15 grandes folioles latérales primaires flanquées de folioles secondaires, de folioles intercalaires et de foliolules se distinguant par leur mode d'insertion sur le rachis (Rousselle et al., 1996). Les fleurs sont souvent stériles. La production de fruit (baie sphérique) est donc généralement rare.

2. Appareil souterrain

L'appareil souterrain comprend le tubercule mère desséché, les stolons (tiges souterraines diagéotropes) portant éventuellement des tubercules fils dans leur région subapicale ainsi que des racines adventives (Rousselle et al., 1996). Il 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. Cultivé pour la consommation, pour la transformation ou comme semence, le tubercule représente environ 75 à 85 % de la matière sèche totale de la plante (Rousselle et al., 1996).

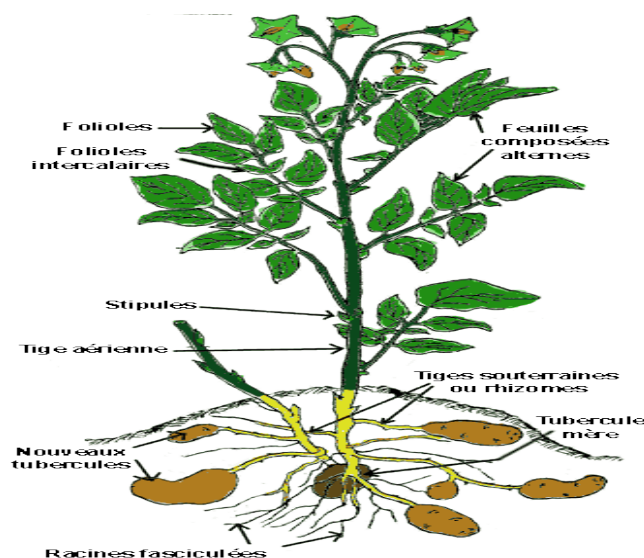
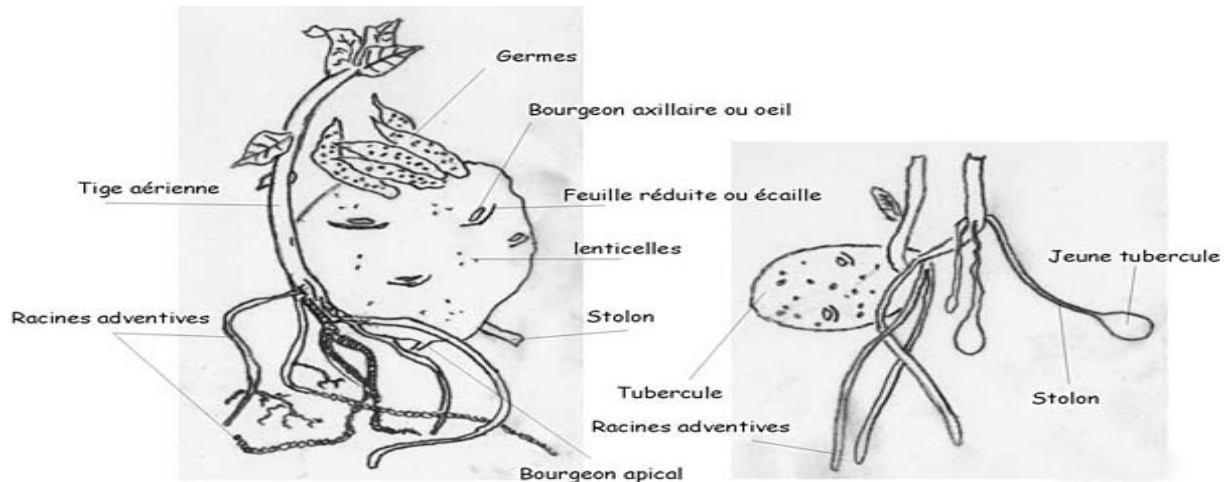


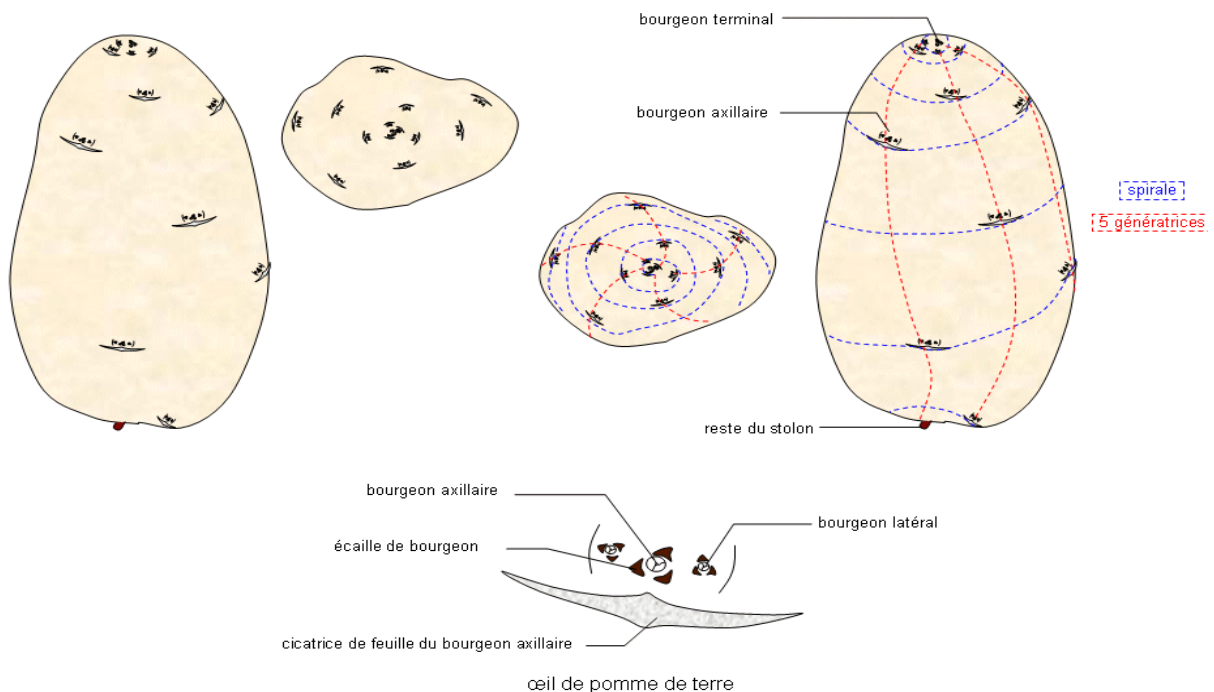
Figure n°01 : Description végétale et terminologie. Source : (Soltner, 2005)

2.1 Structure externe du tubercule

A l'extrémité apicale du tubercule, ou couronne, se trouve le bourgeon terminal tandis qu'à l'opposé, du côté proximal, se trouve le point d'attache du stolon, l'ombilic. Les yeux, disposés régulièrement sur le tubercule suivant une phyllotaxie spiralée, correspondent à l'emplacement des bourgeons axillaires. Des lenticelles parcourent la surface du tubercule et jouent un rôle essentiel dans la respiration du tubercule (Rousselle et al., 1996).



Pomme de terre : disposition des bourgeons (phyllotaxie)



œil de pomme de terre

œil de la pomme de terre d'après Ph. Hubert, <http://svt.scola.ac-paris.fr/ressource/outils/html/S/phyllotaxie.php>

Planche n°01 : Structure externe du tubercule de pomme de terre présentant le bourgeon terminal, les yeux, les lenticelles et le stolon. (Rousselle et al., 1996).

2.2 Structure interne du tubercule

En coupe longitudinale d'un tubercule mature, on distingue de l'extérieur vers l'intérieur : le périoderme, le cortex ou parenchyme cortical, l'anneau vasculaire composé de phloème externe, de xylème et de parenchyme vasculaire. On peut également remarquer la zone pérимédullaire ou parenchyme pérимédullaire contenant le phloème interne et enfin, la moelle ou parenchyme médullaire (Rousselle et al., 1996).

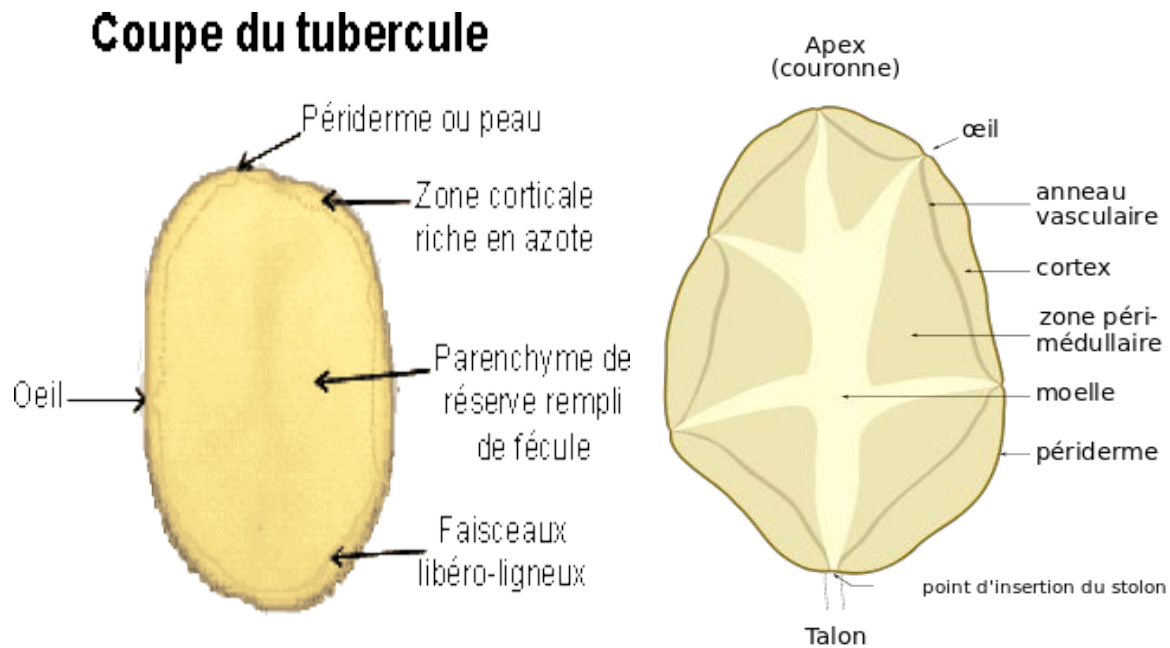


Figure n°02 : Structure interne du tubercule de pomme de terre mature en coupe longitudinale : périoderme, anneau vasculaire, cortex, zone pérимédullaire, moelle. (Rousselle et al., 1996).

Les différents parenchymes (cortical, périvasculaire, pérимédullaire, médullaire) contiennent de grandes quantités de grains d'amidon qui diffèrent par leur taille (diamètre de 7 à 32 μm) et leur forme (ovoïde, sphérique) (Rousselle et al., 1996).

2.3. Composition biochimique du tubercule :

Les caractéristiques morphologiques, chimiques et biochimiques du tubercule de pomme de terre varient principalement en fonction de la variété, mais dépendent également des techniques culturales, des conditions climatiques et de l'âge physiologique de la pomme de terre. La composition biochimique étant influencée par les différents paramètres précités.

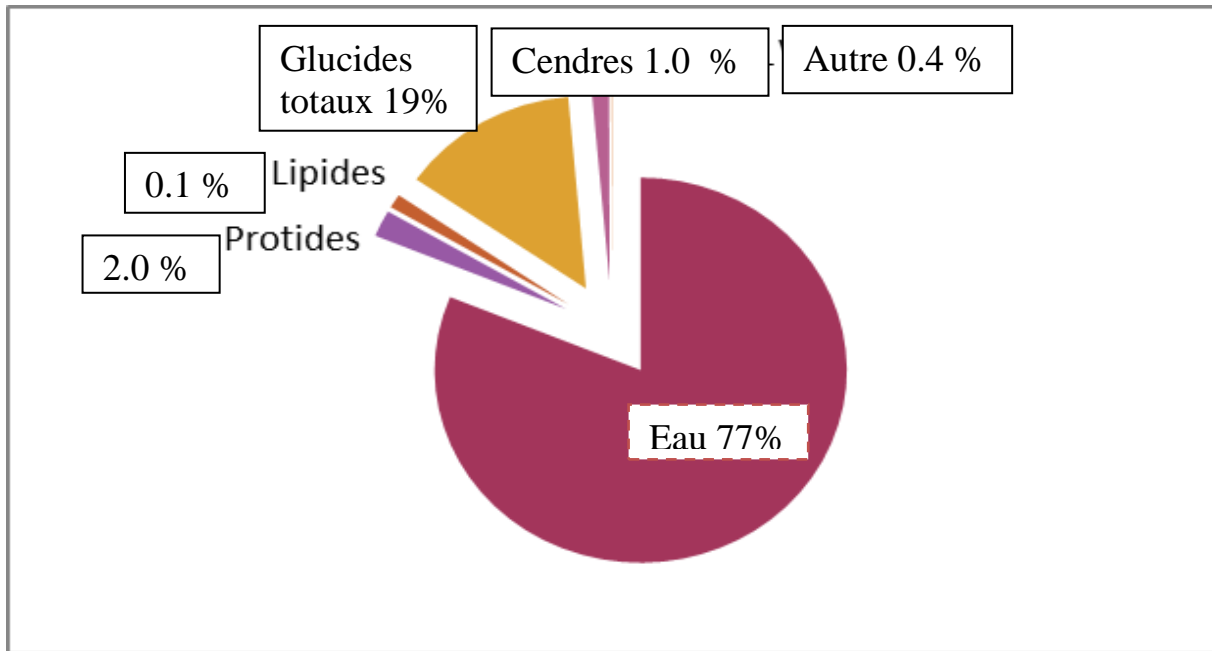


Figure n°03 : Représentation graphique de la composition biochimique moyenne d'un tubercule de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.).

Les valeurs sont exprimées en pourcentage de la matière fraîche totale :

Le tubercule de pomme de terre est un organe de stockage contenant à maturité une moyenne de 77,5 % d'eau. La matière sèche, exprimée en pourcentage de la matière fraîche, se répartit globalement en 19,4 % de glucides totaux (principalement amidon, saccharose, glucose, fructose, cellulose brute et substances pectiques), 2,0 % de protides (protéines, acides aminés libres et bases azotées), 1,0 % de cendres (majoritairement du potassium) et 0,1 % de lipides. Des acides organiques (acides citrique et ascorbique entre autres), des substances phénoliques (acides chlorogénique et caféique, pigments, etc.) complètent cette composition, mais ne sont présents qu'en faible quantité dans le tubercule (Rousselle et al., 1996; Mattila & Hellstrom, 2007).

III. Cycle végétatif (Delaplace & Fauconnier, 2004)

Le cycle moyen de la plante de pomme de terre pour les variétés traditionnellement cultivées en Afrique de l'ouest varie de 90 à 110 jours. La plante passe par différents stades qui demandent des interventions spécifiques. Il est donc important de bien les discerner (H. Hack,).

Les différentes étapes du cycle végétatif de la pomme de terre sont illustrées en (**planche n°2**). Les objectifs de production poursuivis dépendent du type de culture (Reust, 1982) :

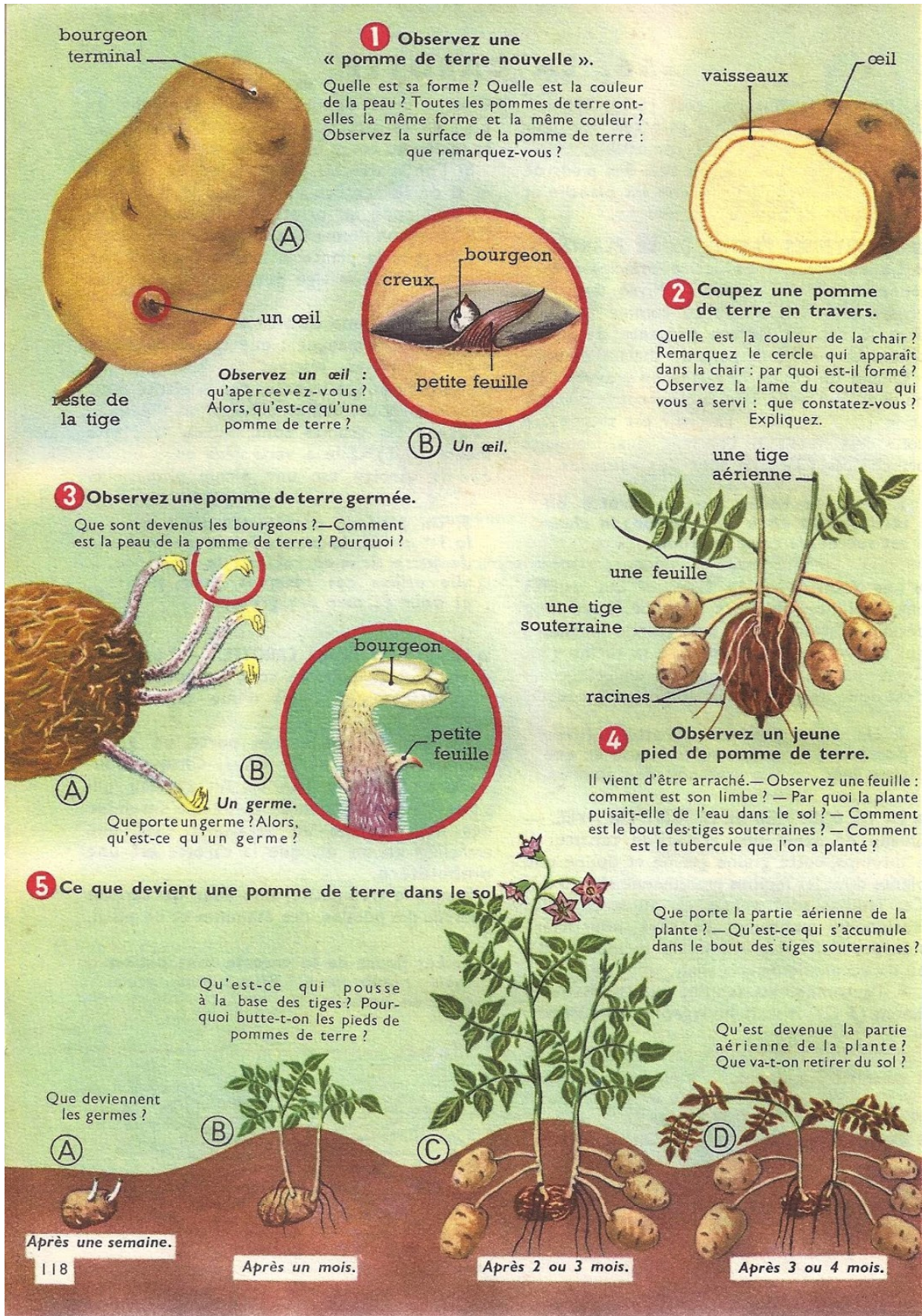


Planche n°02 : Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre et cycle végétatif (Soltner 1998)

La pomme de terre peut être reproduite par graine (reproduction sexuée) ou par multiplication végétative. La reproduction par graine est très peu pratiquée dans le milieu agricole. Les tubercules de pomme de terre qui lui confèrent sa valeur alimentaire et économique sont le plus couramment utilisés comme semence. Le cycle de croissance ou de développement de la pomme de terre est très court (trois à quatre mois). Il peut être divisé en plusieurs stades conditionnés par des facteurs génétiques et environnementaux. La **planche n°01** illustre plusieurs étapes importantes dans le cycle de développement de la pomme de terre.

Ces stades sont énumérés de façon détaillée ci-dessous :

- La germination et l'émergence de la plantule;
- Le développement des feuilles (30 à 40 jours après l'émergence (JAE));
- La formation des tubercules et l'émergence de l'inflorescence (50 à 60 JAE);
- La floraison et le développement des tubercules (60 à 80 JAE);
- Le développement des fruits et la poursuite du développement des tubercules (70 à 90 JAE);
- La sénescence des feuilles et l'arrêt de développement des tubercules (85 à 130 JAE).

1. Plantation et buttage

La plantation des tubercules semences se réalise à l'aide de planteuses mécaniques à une profondeur telle que leur partie supérieure se trouve à peu près au niveau de la surface du sol avant plantation. Le calibre de plantation varie entre 35 et 55 mm (Hartmans & Vanloon, 1987 ; Jefferies & Lawson, 1991 ; Rousselle et al., 1996). La densité de plantation est fonction du type de production, le but étant de maximiser le rendement pour un calibre donné. Selon le type de sol travaillé (léger ou lourd), le buttage est respectivement réalisé en une étape lors de la plantation ou en deux étapes espacées de 10 à 15 jours (Rousselle et al., 1996).

2. Développement des fanes

Après plantation, les tubercules se comportent comme une source physiologique : ce sont des exportateurs nets de saccharose à destination des méristèmes. Les germes s'allongent jusqu'à atteindre le niveau du sol, ce qui constitue le stade de levée. Ils poursuivent leur croissance en évoluant en tiges feuillées, la plante devenant autotrophe dès que la surface foliaire atteint 300 à 400 cm² (Rousselle et al., 1996).

3. Développement des stolons

Les bourgeons aériens des tiges donnent des rameaux et les bourgeons souterrains produisent généralement des stolons (Rousselle et al., 1996). L'induction de la formation des stolons, leur croissance, l'arrêt de leur développement longitudinal et l'initiation des tubercules peuvent se dérouler simultanément sur un même plant de pomme de terre (Vreugdenhil & Struik, 1989).

4. Développement des tubercules

L'initiation de la tubérisation dépend d'un stimulus dont l'intensité est fonction de la longueur du jour, de la température nocturne et de la fertilisation azotée (Slater, 1968 ; Ewing & Wareing, 1978. Struik et al. (1987) ont cependant émis l'hypothèse que ce stimulus était indépendant de la longueur du jour, mais que son transport via l'apoplasme était stimulé par de longues nuits. L'induction de la tubérisation est favorisée par des photopériodes inférieures à la photopériode critique (CPP : critical photoperiod) propre à chaque génotype. Les pommes de terre du groupe Andigena possèdent une CPP de 12 ou 13 heures, alors que les représentants du groupe Tuberosum ont été sélectionnés afin d'obtenir une CPP de 15 heures ou plus. La pomme de terre est donc une plante de jours courts pour l'induction de la tubérisation (Reust, 1982).

Lors de l'initiation de la tubérisation, certaines extrémités de stolons ne produiront pas de tubercule, ce qui semble lié à des différences de perception du signal inducteur de la tubérisation ou à des variations de concentration en inhibiteurs de la tubérisation (Vreugdenil & Struik, 1989). Le modèle de développement suivi par les tubercules varie considérablement entre les tubercules d'une même plante. Une hiérarchie s'établit entre ces organes de stockage qui entrent en compétition pour les nutriments : les tubercules croissant le plus vite limitent le développement des autres tubercules (Verhees, 2002).

Dès sa formation, le jeune tubercule se comporte comme un puits physiologique: c'est un importateur net de saccharose. Il se trouve en état de repos végétatif ou dormance et est incapable de germer, même dans des conditions favorables (Reust, 1982).

Quelques facteurs influençant la tubérisation

- L'âge physiologique du tubercule mère : le tubercule qui est planté au stade de dominance apicale donne un plant qui a très peu de tiges principales, comme le nombre de tubercules est en grande partie déterminé par le nombre de tiges, on peut prévoir un faible taux de tubercules.

- L'exposition des tubercules à une température élevée avant la germination du bourgeon apical favorise la germination multiple de tous les yeux.
- Les jours courts, ou plus précisément l'obscurité de longue durée, favorisent une induction précoce de la tubérisation.
- La température influence la tubérisation et ce sont les températures fraîches qui lui sont le plus favorables.
- La température optimale pour la photosynthèse est de 20°C chez la pomme de terre.
- Les besoins en eau varient au cours du cycle végétatif : ils sont surtout importants au moment de l'initiation des tubercules (Bernhards, 1998).

5. Défanage

Le défanage consiste à éliminer en fin de culture la partie aérienne du plant de pomme de terre afin de stopper la croissance des tubercules. La méthode la plus utilisée est le défanage chimique. Il intervient plus ou moins précocement selon le type de production. Après défanage, les tubercules sont laissés en terre pour une période de 2 à 4 semaines afin de permettre leur maturation (renforcement du périoderme).

6. Récolte

La durée du cycle végétatif de la pomme de terre est variable (90 à 120 jours). L'arrachage des tubercules intervenant en fin de cycle est une opération délicate qui influence la qualité de présentation et l'aptitude à la conservation des tubercules. Les arracheuses mécaniques actuelles permettent l'arrachage de tous les tubercules en limitant le risque de meurtrissures et en éliminant la terre, les mottes, les cailloux et les fanes desséchées.

7. Séchage

Si les tubercules ont été récoltés humides, ils seront séchés avant stockage afin d'éviter l'apparition de pourritures. Avec une capacité de ventilation élevée (100m³/h par mètre cube de pommes de terre pour un tas en vrac), le séchage nécessite en moyenne de deux à trois jours de ventilation (Martin & Gravouelle, 2001).

8. Période de cicatrisation

La durée de la période de cicatrisation post-récolte est généralement de 2 à 3 semaines (Reust, 1982 ; Martin & Gravouelle, 2001). La cicatrisation des blessures s'effectue d'autant plus vite que la température est élevée : la fourchette idéale se situe entre 12 et 18°C. Pendant cette période, l'hygrométrie est normalement élevée et comprise entre 85 et 95 % (Martin & Gravouelle, 2001).

9. Stockage – Inhibition de la germination

A l'exception des pommes de terre de primeur, commercialisées dès la récolte, tous les autres types sont susceptibles d'être conservés pendant une période pouvant aller de quelques semaines à plus de 8-10 mois (Vander Zaag & Vanloon, 1987 ; & Knowles, 1989 ; Rousselle et al., 1996 ; Coleman, 2000 ; Martin & Gravouelle, 2001). La durée de stockage « agronomiquement intéressante » se situe donc dans cet intervalle. Durant cette période, des traitements chimiques ou thermiques peuvent être réalisés afin d'inhiber la germination. L'isopropyl N-(3-chlorophenyl) carbamate (CIPC) est un antigerminatif irréversible au contraire de l'hydrazide maléique ou du carvone. Il est généralement admis que tout stress (blessure, température élevée, déshydratation...) augmente l'âge physiologique du tubercule.

10. Vieillesse et âge physiologique

A l'échelle d'un organe végétal, le vieillissement est principalement dû à des processus dégénératifs stochastiques dirigés par des forces extérieures (par exemple, les conditions environnementales) qui dépassent progressivement le métabolisme domestique (housekeeping) contrôlé génétiquement et son potentiel de protection (Hadfield & Bennett, 1997 ; Beck & Scheibe, 2003). Il désigne l'évolution de l'âge physiologique du tubercule de pomme de terre. Le taux de vieillissement est fonction du cultivar, de l'individu et de la température (Reust, 1982 ; Coleman, 2000).

L'âge physiologique caractérise quant à lui l'état physiologique du tubercule à un moment donné, cet état influençant sa capacité de production de tubercules fils (Reust, 1982 ; Reust, 1986 ; Coleman, 2000). Il dépend d'une part, de son âge chronologique et d'autre part, des conditions subies pendant la croissance, la récolte et la conservation. Un tubercule sera d'autant plus âgé que le temps écoulé à partir de sa date de formation aura été long et la température élevée (Burton, 1966 ; Reust, 1982).

L'âge physiologique est donc la conséquence d'une évolution qui se déroule selon une séquence bien définie au sein des tissus de réserve, et qui s'exprime d'une manière visible par l'influence qu'elle exerce à tout instant sur les processus de croissance et de tubérisation des germes (Madec, 1958 ; Perennec & Madec, 1960).

Les modèles de croissance suivis par les tubercules de pomme de terre dépendent ainsi fortement du processus de vieillissement (Krijthe, 1962 ; Reust, 1982 ; Hartmans & Vanloon, 1987 ; Vander Zaag & Vanloon, 1987 ; Fauconnier et al., 2002). Quatre stades définis sur base morphologique s'ont classiquement reconnus :

Stade monogerme : ce stade est caractérisé par la dominance apicale. De tels tubercules semences produiront des plantes avec peu de tiges. Un faible nombre de tiges donnera peu de tubercules, mais ceux-ci seront de plus gros calibre (Johnson, 1997).

Stade germes multiples : des tubercules de ce stade présentent des germinations multiples. Tous les yeux du tubercule sont susceptibles de germer. Ces tubercules produiront des plantes avec plusieurs tiges, ce qui augmentera le nombre de tubercules fils (Johnson, 1997).

Stade germes ramifiés : ce stade est caractérisé par une ramification importante des germes. Ces derniers sont chétifs et donneront des plantes peu vigoureuses. Celles-ci produiront un grand nombre de tubercules, mais de petit calibre (Johnson, 1997).

Stade de formation de tubercules fils (boulage) : stade ultime débutant par l'initiation de tubercules fils sur les germes et suivi d'une période de grossissement qui dure jusqu'à l'épuisement du tubercule mère (Rousselle et al., 1996). Des tubercules de cet âge physiologique sont inutilisables comme semences (Johnson, 1997).

Des plants issus de tubercules semences physiologiquement âgés ont un taux de croissance initial plus rapide, développent davantage de tiges, **tubérisées** plus tôt, produisent moins de feuilles et montrent des signes de sénescence plus précocement que ceux issus de tubercules jeunes (Vander Zaag & Vanloon, 1987). Il semblerait cependant que le vieillissement physiologique affecte principalement l'émergence, ce qui conditionne par exemple la précocité de la tubérisation subséquente (Vander Zaag & Vanloon, 1987).

Au niveau agronomique, l'âge physiologique optimal des tubercules semences dépend de la durée du cycle de production prévu (Reust, 1982).

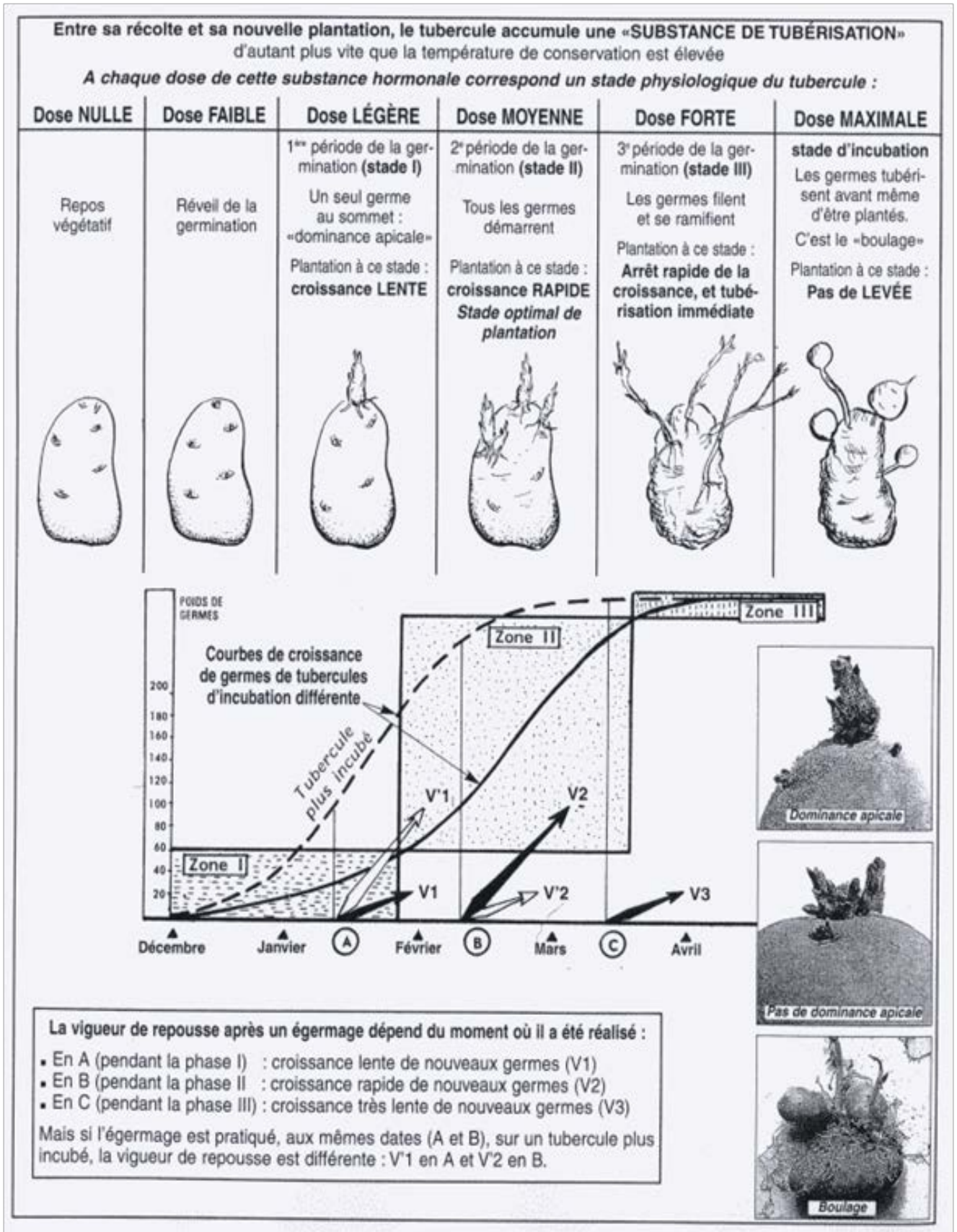


Planche n°03 : représente l'influence de l'âge physiologique sur le profil de germination des tubercules (Soltner, 1998).

L'âge physiologique des tubercules semences influence ainsi les performances de la culture qui en découle : taux et pourcentage d'émergence, nombre de tiges par tubercule, date d'initiation de la tubérisation, vigueur de croissance, distribution de la matière sèche et rendement (Reust, 1982 ; Caldiz et al., 2001).

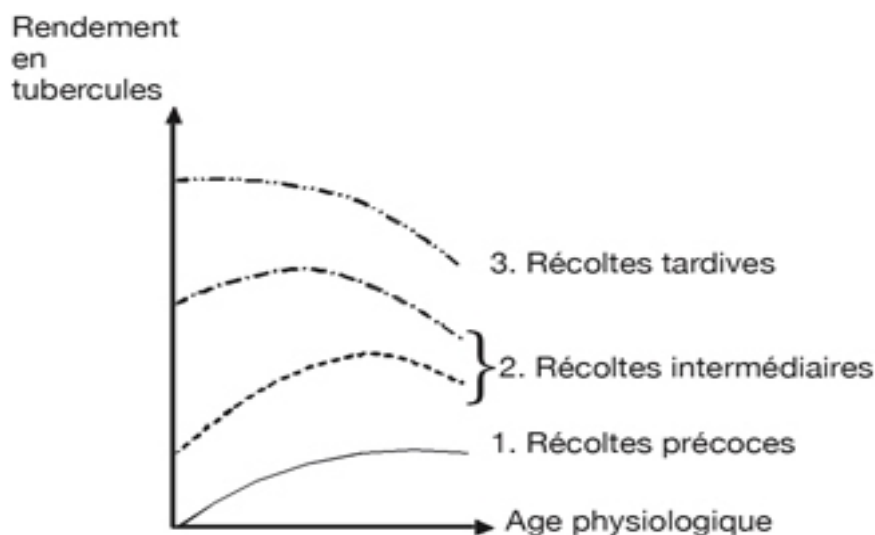


Figure n°04 : Suggestion de relation entre le rendement en tubercules et l'âge physiologique de la semence (O'Brien et al., 1983).

Le vieillissement physiologique provoque finalement le « sucrage de sénescence » résultant de l'accumulation de sucres réducteurs dans le tubercule (Burton, 1989 ; Rousselle et al., 1996). Conceptuellement, cette dénomination est pourtant trompeuse et ne devrait pas être strictement associée à des événements liés à une sénescence avancée telle que définie pour les pétales d'œillet sénescents (Hartmann, 1992).

Il est à remarquer que la définition du vieillissement se rapproche parfois chez certains auteurs du concept de sénescence, principalement dans les domaines liés à la physiologie du vieillissement humain. Au niveau végétal, ces concepts sont cependant distincts.

11. Sénescence

Le vieillissement et la sénescence des végétaux désignent l'ensemble des changements métaboliques dont la conséquence à brève ou à longue échéance sera la mort de l'ensemble ou d'une partie de l'organisme (Hartmann, 1992). La distinction entre ces deux notions intervient au niveau de la cause première de ces changements. L'usure progressive et passive d'un système vivant, principalement à la suite des attaques du milieu extérieur, relève du vieillissement alors que la sénescence implique des changements qualitatifs qui trouvent leur origine au niveau du

génomique. Elle est définie comme la dernière phase du développement végétal où s'initient des séries d'événements de plus en plus irréversibles qui conduisent à la dégénérescence cellulaire et parfois à une PCD pouvant être réversible à l'échelle d'un organe (Hartmann, 1992 ; Gan & Amasino, 1997, Thomas, 2002 ; Dertinger et al., 2003 ; Yoshida, 2003 ; Jones & Smirnov, 2005, Zentgraf, 2007).

Cette dernière dépendant du patrimoine génétique de l'individu peut également être régulé par des facteurs internes (par exemple, le développement reproductif, l'âge physiologique ou les niveaux de phytohormones) ou environnementaux tels que des infections par des pathogènes, des blessures ou encore l'ombrage dans le cas d'une feuille (Hartmann, 1992 ; Gan & Amasino, 1997 ; Zentgraf, 2007). Chez les plantes, en plus de ces caractéristiques, la sénescence implique plusieurs processus de mobilisation et de recyclage des biomolécules (Spiteller, 2003 ; Beck & Scheibe, 2003, Thomas et al., 2003).

12. Dormance

La dormance désigne le repos végétatif des tubercules. On distingue l'endodormance, la paradormance, et l'écodormance (Lang et al., 1987).

Endodormance : période pendant laquelle aucune germination n'a lieu sur les tubercules, même conservés dans des conditions idéales de germination (Reust, 1982).

Endodormance : est régulée par des facteurs physiologiques internes au méristème (Lang et al., 1987). Elle débute dès l'initiation du tubercule sur la plante mère.

Paradormance : la paradormance est régulée par des facteurs physiologiques extérieurs à la structure concernée (Lang et al., 1987). L'inhibition de la germination des germes proximaux par le germe apical en est une illustration.

Écodormance : l'écodormance peut être maintenue par des conditions environnementales (Lang et al., 1987). Des températures basses (4 °C) peuvent par exemple prolonger la dormance des tubercules (Reust, 1986).

On considère qu'un lot de tubercules est non dormant (germé) lorsque 80 % des tubercules le composant montrent un ou plusieurs germes supérieurs à 1-3 mm (Reust, 1982), 2 mm (Fauconnier et al., 2002), 3 mm (O'Brien et al., 1983) ou 5 mm (Reust, 1986 ; Caldiz et al., 2001). Cette mesure peut encore être affinée en utilisant la moyenne des dates de germination des tubercules individuels (Caldiz et al., 2001).

La dormance des tubercules de petit calibre (35 mm) est plus longue que celle des tubercules de plus grand calibre (50 mm) (Reust, 1982).

Selon Emilsson (1949), les viroses ne semblent pas affecter la dormance des tubercules ; elles augmentent seulement la variabilité de la mesure de la période d'incubation (Cf. 2.2.7. Période d'incubation) pour les tubercules contaminés.

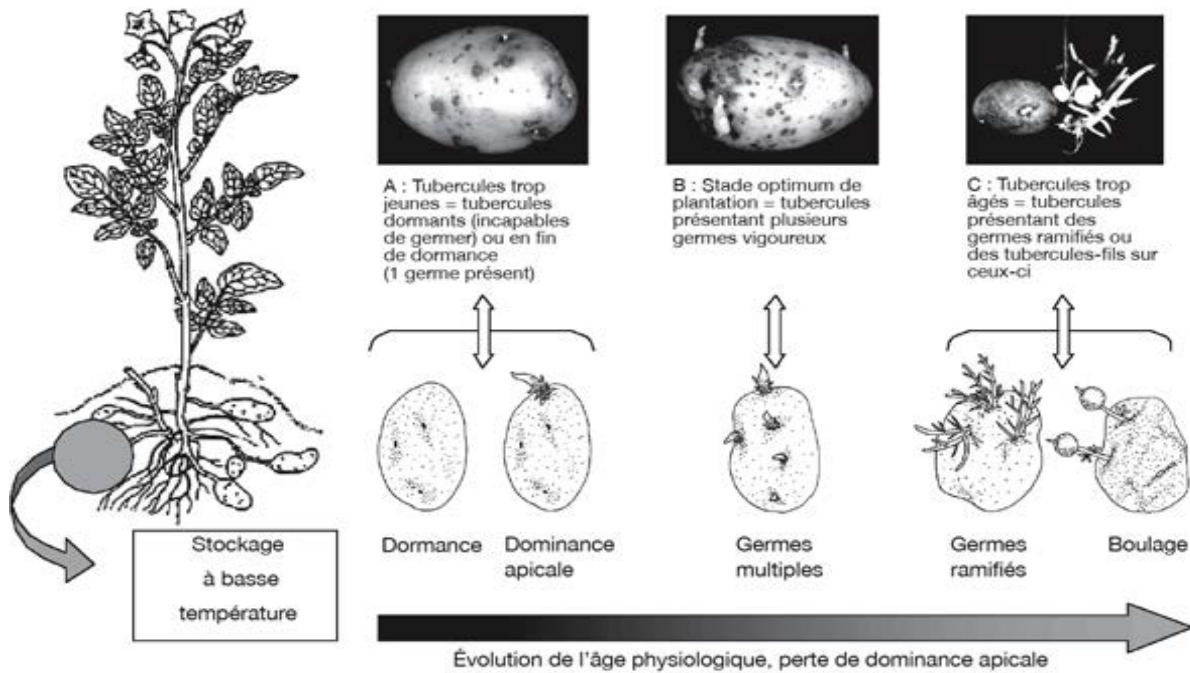


Figure n°05 : représente l'influence de l'âge physiologie sur le profile de germination des tubercules

13. Période d'incubation

C'est durant le stockage de la G1 destiné à la plantation au plein champ. La période d'incubation désigne le temps s'écoulant entre le début de la germination du tubercule (éventuellement égermé si des germes étaient déjà présents) et la formation de tubercules fils sur les nouvelles pousses durant un stockage à l'obscurité à 15-20 °C et 90-95 pourcents d'humidité relative (Reust, 1982; Hartmans & Vanloon, 1987 ; Caldiz et al., 2001), une température de 25°C étant moins favorable (Reust, 1982). Cette mesure n'est pas d'application pour les tubercules dits épuisés, incapables de régénérer une plante.

D'un point de vue pratique, la période d'incubation a été évaluée sur des lots de 48 tubercules (dégermés si les germes étaient présents) enterrés (sommets affleurant) dans de la perlite humide et maintenus à l'obscurité à 17,5-18,5 °C et 85-90 % de HR (Hartmans & Vanloon, 1987). Afin

d'éviter les nécroses subapicales des germes, ces derniers peuvent être humectés tous les deux jours avec une solution aqueuse de CaSO₄ 0,01 M (Dyson & Digby, 1975).

Selon Claver (1973), la période d'incubation prend fin lorsque les bourgeons des germes ou les stolons forment de petits tubercules d'environ 3 mm de diamètre. Reust (1986) considère, quant à lui, que la période d'incubation prend fin lorsqu'un renflement tubéreux atteint le double du diamètre du stolon qui le porte sur 80 % des tiges principales ou, en cas d'absence de stolon, lorsque des renflements tubéreux sessiles atteignent 2 mm de diamètre pour 90 % des tubercules.

La durée de la période d'incubation est fonction de la variété, de l'éclairage et de la température, mais est indépendante de l'année de production (Hartmans & Vanloon, 1987). De hautes températures subies durant la période de croissance avancent l'âge physiologique et réduisent de ce fait la durée de la période d'incubation (Caldiz et al., 2001).

Vigueur de croissance

La vigueur de croissance d'un tubercule semence est définie comme étant le potentiel du tubercule à produire des germes et des fanes dans des conditions favorables à la croissance (Vander Zaag & Vanloon, 1987).

Capacité germinative

La capacité germinative désigne le poids des germes produits après une incubation de 4 semaines à 20°C (Krijthe, 1962) ou 18°C à l'obscurité (Hartmans & Vanloon, 1987).

Elle peut être exprimée en pourcentage du poids frais initial (Krijth, 1962) ou par tubercule d'un lot de 40 unités (Hartmans & Vanloon, 1987). Cette dernière variante permet d'éviter le biais lié aux pertes de poids à haute température de stockage, mais nécessite des tubercules de calibre homogène.

IV. Exigences écologie de la pomme de terre

Pour chaque plante, il existe un optimum thermique pour sa croissance végétative.

1. Température

Pour la pomme de terre, l'optimum de germination des semences est de 12-15°C, l'optimum de croissance est de 16 à 20°C. La végétation est favorisée par des températures élevées et des jours longs.

La tubérisation est plutôt favorisée par des températures et des jours courts. 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.

Les températures basses ont une influence défavorable sur la croissance de la plante puisqu'elles la ralentissent à la fois directement et en favorisant l'induction de la tubérisation et provoquent la repousse (Rousselle et al., 1996). Les tubercules risquent de geler à partir du moment où les températures deviennent inférieures à environ -2°C. Le zéro de végétation est compris entre 6 et 8°C. (Rousselle (P) et al, 1996).

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.

3. L'alimentation en eau

Les besoins en eau de la pomme de terre varient au cours du cycle végétatif. Ils sont surtout importants au moment de l'initiation des tubercules. Un stress hydrique se manifestant à ce stade peut entraîner une réduction du nombre d'ébauches formées par plante, consécutive à une réduction du nombre de stolons formés par tige (Rousselle et al., 1996). Ses besoins en eau, faibles en début de végétation, sont très importants au moment de la croissance foliaire et de la tubérisation. L'irrigation peut être très efficace (Soltner, 1990). La plante évapore beaucoup et par conséquent elle a besoin de grandes quantités d'eau. Dans les meilleures conditions, elle utilise 300 g d'eau pour former 1g de matière sèche.

V. Exigences édaphique

Le sol possède un certain nombre de caractéristiques physico-chimiques susceptibles d'influencer l'évolution de la teneur des tubercules, telles que sa texture, son degré d'aération, son aptitude au réchauffement, sa capacité de rétention d'eau... Pour sa bonne croissance la pomme de terre a besoin d'un sol moins lourd et bien drainé. (Rousselle (P) et al, 1996).

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.

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).

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.

Salinité : 1,9 à 3,2 g / l (5 à 3 mmhos / cm⁻¹).

VI. La description des maladies, des ravageurs et des parasites nuisibles

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 :

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.

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.

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

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).

5. Principaux ravageurs et maladies – Protection des cultures

La maîtrise des maladies et ravageurs en agriculture biologique dépend en premier lieu du respect de bonnes pratiques agronomiques (rotations, entretien de la fertilité du sol, travail du sol, fertilisation,...) et de mesures prophylactiques (choix variétal, aménagement de l'environnement proche des parcelles...). La lutte directe est limitée et soumise au double respect du cahier des charges européen de l'agriculture biologique et de la réglementation française en matière d'utilisation de produits phytosanitaires (homologations).

5.1. Ravageurs

Tableau n°01 : Personnifie les ravageurs souterrains, les symptômes courants, et les moyens de lutte de la pomme de terre





Ravageurs souterrains	Symptômes courants	Moyens de lutte	
Taupin (<i>Agriotes obscurus</i> , <i>A sputator</i> , <i>A.</i> <i>sordidus</i>)	Seules les larves sont nuisibles Perforation des tubercules	Eviter la mise en culture d'anciennes prairies Bonnes rotations Retourner et travailler superficiellement les sols pour destruction mécanique et dessèchement des larves	
Nématodes Doré, à kyste, à galle	Végétation chétive, différents symptômes sur racines, petits tubercules	Rotation longue (5 ans minimum)	

Tableau n°02 : Personnifie les ravageurs aériens, les symptômes courants, et les moyens de lutte de la pomme de terre

Ravageurs aériens	Symptômes courants	Moyens de lutte	
Doryphore (<i>Leptinotarsa</i> <i>decemlineata</i>)	Larves et adultes rongent les folioles et peuvent faire des trous dans les tubercules qui affleurent	<i>Bacillus</i> <i>thurengensis</i> souche <i>tenebrionis</i> (PC Novodor). Spinosad	
Pucerons (<i>Aphis</i> <i>nasturtii</i> , <i>Aulocorthum solani</i> , <i>Macrosiphum</i> <i>euphorbiae</i>)	Pas de dégât direct sur le rendement; transmission de virus et phytoplasmes	Produits homologués à base de pyrèthrine et huile de colza Favoriser les auxiliaires naturels	

Novodor : Produit à utiliser sur jeunes larves. Pas d'efficacité sur adultes. Utilisation : ajout de 1kg de sucre/ 100l d'eau afin d'augmenter l'appétence et la tenue du produit. Doses : 5l/ha ; 3 traitements à 5 jours.

5.2. Maladies

Tableau n°03 : Personnifie les maladies souterraines, les symptômes courants, et les moyens de lutte de la pomme de terre












Les maladies	Symptômes courants	Moyens de lutte	
Gale commune (Streptomyces scabies, S Sp, Acidiscabies)	Taches ou croûtes subéreuses, brunes s'enfonçant plus ou moins dans la chair. Début infestation par petits points bruns.	Variétés tolérantes Sols légers, sableux, aérés, neutres à très alcalins Sols séchants pH>5,8 Rotations	
Gale argentée (Helminthorium solani)	Taches claires aspect argenté et fines ponctuations noires apparaissant en cours de conservation. T° optimales 20-25°C avec humidité 85 à 100%. Variétés précoces à peau fine plus sensibles	2 à 3 semaines maxima entre le défanage et la récolte conservation des plants au frigo entre 5 et 9 °C Défanage à maturité	
Gale poudreuse (Spongospora subterranea)	Pustules claires à brun foncé en forme de verrues, éclatement de la peau	Rotations longues Plants sains Variétés résistantes	
Jambe noire (Erwinia sp)	Au champ : fonte Sur tige: dessèchement et brunissement Sur tubercules : taches creuses rougeâtre à brun foncé, pourriture molle, forte odeur en conservation	Plants sains Récolte en condition sèche Séchage des tubercules et ventilation en conservation	
Mildiou (Phytophthora infestans)	Tâches brunes au niveau de l'épiderme. En interne zones marbrées de couleur rouille à texture fibreuse ou granuleuse, aspect de pourriture sèche pouvant évoluer	Rotation longue, produits cupriques en culture. Eviter les excès d'humidité Tri à la récolte.	
Rhizoctone (Rhizoctonia solani)	Sclérotos noirs et bouchon liégeux (dry-core) à la surface des tubercules. En végétation, fonte de plantes en début de culture, enrroulement du feuillage	Rotation longue, plantation retardée si conditions humides	
Fusariose (Fusarium roseum, fusarium solani)	Tâches brun pâle mal définies au niveau des blessures. Evolution en cavités avec pustules rosâtres ou blanc-bleuâtres, mycélium central interne et rides concentriques en surface	Rotation, éviter les blessures, trier à la Récolte	

Tableau n°04 : Personnifie les maladies souterraines, les symptômes courants, et les moyens de lutte de la pomme de terre

Les maladies	Symptômes courants	Moyens de lutte	
Mildiou (Phytophthora infestans)	Jeunes feuilles se dessèchent Feuilles : Taches vert pâle à jau puis brunes et liserées jaunes face supérieure Tubercules : taches violacées brunâtre à l'extérieur, zones marbrées brunes à l'intérieur	Produits cupriques préventif Rotation longue, éliminer les déchets de récolte, éviter les excès d'humidité (irrigation localisée, ne pas mouiller le feuillage)	
Alternariose (Alternaria solani)	Sur feuilles taches nécrotiques brun noir avec anneaux concentriques sur les plus grosses Sur tubercules taches brunes sèches et affaissées	Variétés tolérantes Plants sains Effet secondaire du cuivre autorisé sur Mildiou	
Pourriture grise (Botrytis cinerea)	Feuilles : taches brunes à la pointe, duvet gris foncé face inférieure Tubercules : dépressions cannelées en surface, pourriture brune et molle	Eviter les excès d'humidité Densité pour une bonne aération Conditions de conservation	
Virus	Nombreux virus transmis par nématodes, champignons du sol et Pucerons		

Sources principales : Mémento du producteur : Pomme de terre (SERAIL - Commission Diffusion, 2003) et Maladies et ravageurs des légumes de plein champ en Bretagne (Chambres d'Agriculture de Bretagne)

Historique

En 1878, il y a donc plus de 120 ans Claude Bernard formulait les principes théoriques de la création d'un système artificiel dans lequel les organes pourraient survivre hors de l'influence de l'organisme entier. Depuis cette orientation de recherche lentement d'abord, d'une manière plus rapide ensuite, a permis de grands développements à la biologie (Nozeron et Bancilhon. 1972);

La culture indéfinie des tissus des végétaux à été réalisée il y a 70 ans, c'est en effet au printemps 1937 qui fut isolée la première souche tissulaire dans l'activité c'est maintenue jusqu'à présent grâce à des repiquages réguliers;

Dés 1941, on savait obtenir des plantes entières à partir de petits fragments d'organes ou colonies tissulaires ; leur enracinement ne posait aucun problème grâce aux auxines rhizogènes dont le maniement était connu depuis assez longtemps (Margara ,1989).

En 1944, Buvat par les techniques de culture de tissus met en évidence le phénomène de dédifférenciation : la juvénalisation ;

En 1949, Limasset et Cornuet notent l'absence de Virus dans les méristèmes de tabacs viroses ;

En 1955, la découverte de la kénétine, substance douée d'une puissante activité caulogène, puis d'autres cytokinines ont permis de provoquer presque à volonté la néoformation de bourgeons adventifs;

Cette multiplication végétative *in vitro* fut enfin facilitée par la mise au point à partir de 1962 de solutions minérales particulièrement appropriées (Margara, 1989).

En 1966, Guha et Maheswari en Inde obtenaient des plantes haploïdes de *Datura innoxia* M.LL à partir de culture d'anthères ;

En 1971, au Japon, Takebe et Col régénéraient des plantes entières de *Nicotina tabacum* à partir de protoplaste.

Biotechnologie et Amélioration de la Pomme de Terre

La pomme de terre est une plante modèle pour l'application des cultures *in vitro* et de toutes les techniques qui en découlent. Elles peuvent être regroupées en trois grandes catégories :

I- Reproduction conforme de la plante mère

Il s'agit d'un mode de multiplication conduisant à des individus pourvus du même stock d'information héréditaire que la plante dont ils sont issus (Nozeran et Bancilhon, 1972). Selon Rousselle et al., (1996) la culture de méristèmes depuis les travaux de Morel et Mortin en 1950, a permis de guérir les plantes atteintes de virus. La micropropagation in vitro est plus ou moins utilisée dans la production de plantes conformes pour les premières générations de multiplication. Et selon LÊ, (2001) pour produire des plantes génétiquement modifiées, la régénération doit donner des plantes conformes.

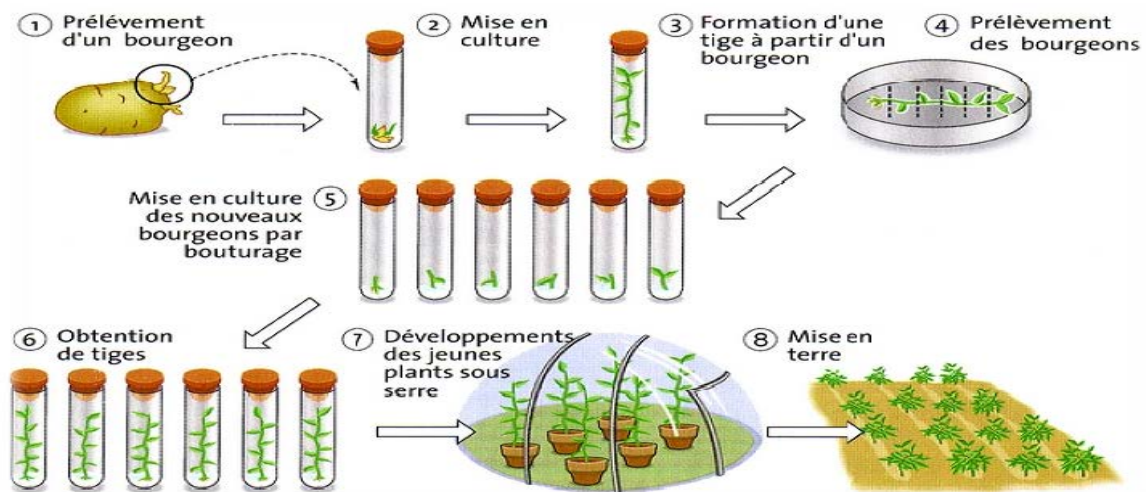


Figure n°06 : la multiplication de pomme de terre par la culture in vitro

1.1. Culture de méristème

Certains phytopathogènes comme les nématodes, les champignons, les bactéries et les virus peuvent être transmis vers les plants sains à partir de ceux infectés. Cependant, il a été observé que cette contamination des cellules végétales ne touche pas le tissu méristématique. Celui-ci est indemne de maladies, de cela les chercheurs ont développé la culture in vitro de méristème (Griffiths et al., 1990). Ce dernier est un petit organe composé de cellules méristématiques à division rapide ; il constitue le matériel idéal de départ étant donné que le méristème se développe d'une manière génétiquement stable et réduit le niveau d'infection virale (Espinosa et al., 1992), comme il peut être utilisé dans des conditions appropriées pour l'élimination complète des pathogènes surtout si il est associé à la thermothérapie (Griffiths et al., 1990). Dès 1952, George Morel de INRA de Versailles réussit à obtenir une plante entière à partir d'un méristème (Ochett et al., 2005), et selon Téoulé, (1993) chez une plante virosée la répartition du virus semble très variable selon l'organe, le méristème

en particulier est une structure très protégée et est généralement indemne de virus. Le méristème est un petit organe composé de cellules mériématiques à division rapide ; il constitue le matériel idéal de départ étant donné que le méristème se développe d'une manière génétiquement stable et réduit le niveau d'infection virale (Espinosa et al., 1992). Cette technique est donc utilisée pour obtenir des plantes saines à partir des plantes viroses (Auge, 1992).

1.2. Micropropagation

La micropropagation consiste en une prolifération des bourgeons axillaires préexistants sur l'explant mère. Ceci offre une grande garantie de conformité génétique et une bonne stabilité des caractères au cours des repiquages successifs (Zryd et al., 1988).

Elle est ainsi employée pour la production de pomme de terre de semence et pour la collection et la distribution du germoplasme dans le monde entier. A cette fin, des vitroplants indemnes de virus sont utilisés comme produit de départ. Les méthodes de propagation employées ont pour but de produire un grand nombre de vitroplants en un temps court (Dodds, 1989).

En outre, l'analyse moléculaire des vitroplants propagés a prouvé que la micropropagation donne des vitroplants génétiquement stables (Potter et Jones, 1991). Les vitroplants de pomme de terre n'exigent pas d'hormones exogènes pour s'enraciner. En fait ils peuvent être propagés sur un milieu simple (Vinterhalter et autres, 1997).

2. Microtubérisation

Une autre approche pour la micropropagation de pomme de terre : c'est l'induction des vitrotubercules. Ces derniers sont des tubercules de petite taille (4 à 12 mm), encore appelés microtubercules, produits en conditions stériles au laboratoire à partir de microboutures.

Ces tubercules sont obtenus en plaçant les microboutures en conditions inductrices de tubérisation : modification du milieu de culture, éclairage diminué, températures plus basses.

Les bourgeons forment alors des stolons évoluant en microtubercules au bout de 2 à 3 mois (Lehingat, 1994).

Facteurs influençant la microtubérisation

La microtubérisation est un processus physiologique complexe réglé par deux facteurs : intrinsèques et extrinsèques.

2.1 Les facteurs d'incubation

Photopériode : Lumière et obscurité agissent conjointement par leur durée et leur période d'exposition. Cependant une meilleure tubérisation est observée quand les boutures sont mises sous des longues photopériodes (16/8 h ; j/n) pour la micropropagation et sous des courtes photopériodes (8/16 h ; j/n) ou une obscurité totale pour la microtubérisation (Seabrook et al., 1993).

- **Lumière** : Les lumières basses ($6 \text{ à } 12 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) associées à des courtes photopériodes augmentent le nombre des yeux des microtubercules (Gopal et al., 1997,1998).

Température : Selon Leclerc et al., (1994) ; Akita et Takayama (1994b). Des faibles températures de (15 à 20°C) stimulent la microtubérisation et une température de 25°C combinée à une concentration de 8% de saccharose donne un meilleur taux de tubérisation (Levy et al., 1993).

2.2 Les micronutriments

Type de milieu : Le taux de tubérisation diffère selon que le milieu soit solide ou liquide. Dans l'étude de Xuan Chun Piao et al (2003) ils ont obtenu des meilleurs résultats avec l'utilisation de bioreacteur ; l'utilisation de ce dernier n'a pas seulement donné un grand nombre de microtubercules par vitroplant mais elle a aussi donné une taille et un poids très considérable par rapport à celui du milieu solide. De même un milieu solide à base de gélirite (2g/l) donne de meilleurs résultats qu'un milieu solide à base de gélose (6g/l) (Nowak et Asiedu, 1992).

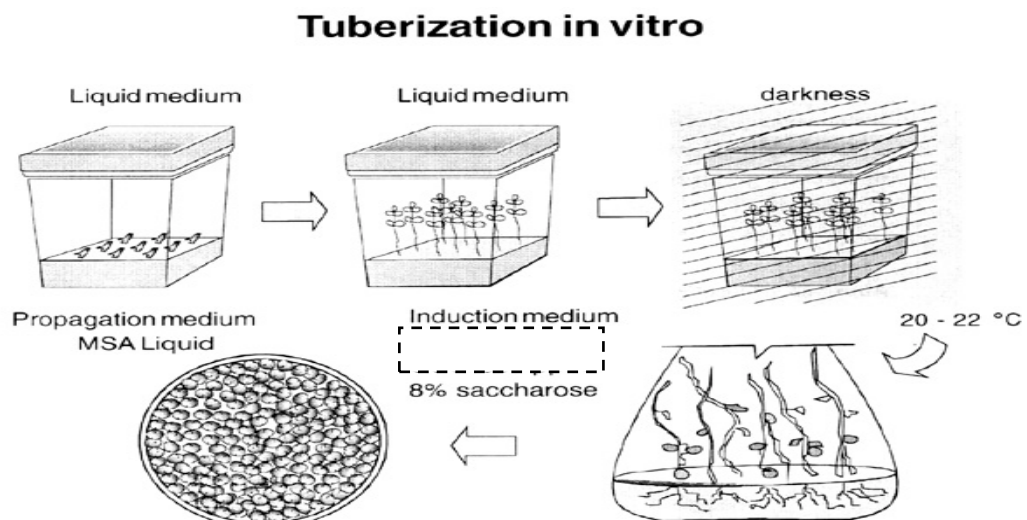


Figure n°07 : Représente le processus de la tubérisation de pomme de terre in vitro

Saccharose :

Le saccharose est très essentiel dans la culture in vitro de pomme de terre pour son effet sur la synthèse de l'amidon qui est influencée par :

_ Le haut potentiel osmotique dû à l'excès du saccharose (Khuri et Moorby, 1995),

_ Et son action enzymatique vu que le saccharose invertase a un effet direct sur la formation des tubercules (Ross et al., 1994). Le saccharose est aussi utilisé comme source d'énergie et sa haute concentration a un rôle dans la formation des microtubercules (Struik et Wiersema, 1999a), ce qui correspond avec les résultats de Bhojwani (2001) où une meilleure tubérisation est observée avec une concentration de 8%.

Rapport carbone/ nitrogène

Une faible provision de nitrogène induit la formation des tubercules en augmentant le rapport carbone/nitrogène (Sattelmacher et Marshner, 1978), ce qui est de même pour les microtubercules desorte que les faibles concentrations de nitrogène et de nitrate d'ammonium sont utilisées pour améliorer leur induction et leur croissance (Zerrabeitia et al., 1997 ; Sarkar et Naik, 1998). On doit noter que le nitrate d'ammonium est parmi les composants majeurs du milieu MS.

Potassium

Le potassium n'a aucun effet inhibiteur sur le nombre de microtubercules ; par contre il a un effet stimulateur sur la masse et la taille de microtubercules et cela quand le milieu MS contient 40 ml de potassium (Naik et Sarkar, 1998).

Facteurs de croissance

- **Gibbérellines :**

Acide gibbérellique retarde la formation des tubercules et stimule l'élongation des stolons (Vreugdenhil et Struik, 1989). Okazawa (1967) a observé que le niveau de cette hormone diminue juste avant la tubérisation.

- **Cytokinines :**

Les cytokinines exogènes stimulent le processus de microtubérisation (Lian et al., 1998) et à leur tête la BAP (Donnelly et al, 2003).

Selon LIAN et al., (1998) des meilleurs résultats ont été obtenus en présence de **BAP** (6-benzyl-aminopurine). et de **CCC** (Chlorure de 2- Chloroéthyl-triméthyl-ammonium.). En outre Palmer et Smith (1969) ont montré que les Cytokinines tel que la Kinétine et la BA stimulent la formation des tubercules.

- **Auxines :**

Obata et al (1979) ont observé un niveau d'auxines très élevé dans les pointes des stolons pendant les premiers temps de formation des tubercules et il diminue quand les tubercules grandissent.

- **Acide abscissique :**

Kraus et Marschner (1998) ont suggéré que l'ABA peut inhiber l'effet de gibbérelline.

2.4 Facteurs intrinsèques

Position de l'explant

Une meilleure tubérisation est observée chez les bourgeons de la partie basale, par comparaison aux bourgeons apicaux (Charles et al., 1995).

Age physiologique du tubercule mère

L'âge physiologique du tubercule mère peut avoir un effet sur la production des microtubercules, cela correspond avec les conclusions de Vilafranca et al (1998) ; Vreugdenhil et al (1998) où ils ont obtenu un taux de microtubercules très élevé et une croissance très rapide lorsque le tubercule mère est vieux.

Génotype

Les microtubercules se différencient selon leur taille, leur âge physiologique et leur durée de dormance ; ce qui explique que la microtubérisation est en fonction du génotype (Tabori et al., 1999 ; Coleman et Coleman, 2000).

Dormance : La dormance des microtubercules impose un délai supplémentaire de 6 mois. Elle dépend principalement de la variété, et le plus simple est d'utiliser la levée naturelle de dormance, car les traitements utilisés jusqu'à maintenant n'ont pas donné un résultat sans effet secondaire.

Tableau n°05 : Etudes récapitulatif et représentation des protocoles les plus utilisées afin de régénérer des microtubercules à partir des vitroplants de pomme de terre.

Références	Variétés étudiées	Nature de l'explant	Milieu de culture	Les conditions de cultures			Durée de la culture
				Intensité lumineuse	Photopériode	Thermopériode	
(Ghomari, 2014)	KONDO R SPUNTA	méristème	MS 80g/l de saccharose Après on fixe le NaCl à 4g/l	/	/	/	après une durée de tubérisation de 30-60 Jours
(houda, 2015)	DESERIE SPUNTA	méristème	MS 0.5mg/l de BAP 0.5mg/l de ANA	/	16 H de lumière	25°C	/
Ouserir (2006)	SPUNTA	/	MS .2.5 mg/l de BAP, .80 g/l du saccharose .7 g/l d'agar	/	/	/	/
(Sidikou, 2005)	dix variétés : Kennebec, Désirée et Sahel	/	MS saccharose 80 g.l-1, BAP de 0 à 5 mg.l-1.	/	à l'obscurité	20°C	2x8 semaines
(Asseyles, 2006/2007)	Désirée	/	MS avec 80 g/l de saccharose et 2.5 mg/l de BAP.	/	La culture a eu lieu à l'obscurité et à une température de 25°C le jour et 18° à 20°C la nuit.		/
(Công-Linh Lê et Daniel Thomas)	Bintje, Charlotte, Désirée, Ditta et Urgenta	micro-boutures à un nœud	milieu de base de Charles et al. (1992) auquel sont ajoutés les microéléments de Lê et Collet (1985) et 3 % - 8% (Lo et al. 1972) de saccharose.	80 μmoles /m 2 /sec	Croissances iv vitro: 22 ± 1°C de jour/18 ± 1°C de nuit • Induction in vitro : à une photothermopériode courte et alternée (8 h /jour/ 20 °C et 16 h /nuit/12 °C) jusqu'à l'apparition de structures tubérisées sur les stolons. Ensuite transférées les dans l'obscurité, à 20 °C		après une durée de tubérisation de 16 à 22 semaines

3. Embryogenèse somatique

Un apport important de la technique des cultures in vitro à la biologie a montré que des cellules somatiques pouvaient produire des structures comparables à des embryons, méritant l'appellation d'embryons somatiques (Margara, 1989). Ces embryons peuvent se développer à partir des cellules à 2n chromosomes issues de feuilles, racines ou tige (Boccon-Gibod et Jalouzot, 1989).

Cependant l'embryogenèse somatique est rarement utilisée chez la pomme de terre (Seabrook et Douglass, 2000), et son utilisation est localisée surtout pour la production de semences synthétiques (Redenbaugh, 1993 ; Gray et al., 1995).

4. Conservation

La conservation est l'un des avantages de la culture in vitro. Cette technique nous a permis de conserver le matériel végétal pour une longue durée jusqu'au moment de son utilisation. Ce matériel peut être des cellules, des protoplastes, des cals, des vitroplants et des vitrotubercules.

La conservation des vitroplants et des vitrotubercules peut se faire dans un milieu de conservation contenant le mannitol à une température de 4 à 6°C et à une photopériode de 16 heures / jour (Dodds et al., 1991).

Parmi les techniques de conservation ; la cryoconservation. Cette technique représente la conservation du matériel vivant à très basse température.

Généralement, elle consiste à stocker le matériel végétal dans l'azote liquide (-196°C) ou dans les vapeurs d'azote (-150°C). A cette température toutes les activités physico-chimiques des cellules sont interrompues (Dussert et al., 2002).

II- Multiplication non identique

1. Haplométhodes

Ces techniques ne démarrent pas des cellules somatiques mais de cellules gamétiques (Kasha et Ko, 1970 ; Keller et Armstrong, 1979 ; Debuyser, 1980 in Demerly, 1985). Ce sont des cultures d'anthères (Androgenèse) ou de microspores, ou de sacs embryonnaires ou ovaires (Gynogenèse).

Ces processus permettent d'obtenir des lignées pures, en passant par l'haploïdisation puis le dédoublement (Demarly, 1985).

Chez la pomme de terre, espèce tétraploïde, l'utilisation des plantes haploïdes, donc diploïdes, que l'on appellera dihaploïdes (HD) est fondamentale à cause de l'importance de sa variabilité génétique, et de la facilité des croisements interspécifiques, car la plus part des pommes de terres sauvages sont diploïdes (Boccon-Gibod et Jalouzot, 1989).

2. Variation somaclonale

Larkin et Scowcroft (1981) ont montré, à l'issue d'un travail de recherche, qu'il pouvait être très intéressant d'exploiter la variabilité génétique induite par certaines cultures *in vitro*, dans le but de création variétale. Ils s'appuyaient sur quelques exemples modèles comme celui de la pomme de terre et de la canne à sucre où ils ont contribué à faire adopter le terme de variation somaclonale, désignant toute variation génétique induite par le seul fait de cultiver cellules différenciées sous des conditions de cultures *in vitro* définies (Wenzel, 1994). Snyder et Belknap (1993) ; ont observé que les plantes de pomme de terre régénérées présentent un faible niveau de variation somaclonale comparée avec celles dérivées des protoplastes. Ce procédé utilise un matériel végétal peu régulé et le place en conditions déstabilisants les signaux ; on voit alors apparaître une variabilité importante (Demarly, 1985).

D'après Nowbuth et al.,(2005) on appelle variation somaclonale des modifications du phénotype des plantes qui apparaissent le plus souvent lors de la régénération de nouvelles plantules à partir de tissus déjà différenciés. De très nombreux travaux ont porté sur la variation somaclonale et sont d'un éventuel intérêt pour la création variétal, le problème rencontré est souvent celui du crible puisque l'apparition d'un caractère utile est un événement rare et que l'on constate souvent l'apparition de caractères défavorables. Cette méthode peut être intéressante pour des caractères tel que la résistance aux parasites s'il est possible de faire un tri *in vitro*. A l'heure actuelle seule des résultats préliminaires ont été obtenus (Bajaj, 1987).

III- Transformation génétique

1. Hybridation interspécifique

Diverses solutions (fécondation in vitro en cas d'incompatibilité de pollen étranger et de la fleur femelle à féconder, sauvetage d'embryon in vitro en cas d'avortement après fécondation in situ) impliquant l'utilisation de la culture in vitro, rendent possible des hybridations entre des espèces réputées incompatibles en conditions naturelles (Reynoird et Vidalie, 1989).

Chez la pomme de terre des plantes hybrides entre *Solanum tuberosum* et *S. brevidens* ont été obtenues à l'Université de Wisconsin (U.S.A.) par Helgeson et al (1988). Le but était de transférer chez la pomme de terre la résistance au virus de l'enroulement des feuilles à partir d'une espèce sauvage : *S. brevidens*. La résistance a effectivement été transférée chez les hybrides, et curieusement une nouvelle variabilité s'est exprimée par l'apparition de résistances à d'autres maladies.

2. Culture et fusion de protoplastes

Culture de protoplastes

Les biologistes ont constaté, au cours des manipulations cellulaires, que l'on pouvait obtenir des agrégations entre des cellules débarrassées de leurs parois pecto-cellulosiques appelées protoplastes (Demarly et Sibi, 1996). La technique de culture de protoplastes est très fortement inductrice de variabilité ; cela a été bien étudié et montré chez la pomme de terre (Shepard, 1982 ; Karp et al., 1982). Les variations portent souvent sur le nombre de chromosomes.

Fusion de protoplastes

La fusion de deux ou de plusieurs protoplastes aboutit à l'addition totale de trois compartiments héréditaires : nucléaire, mitochondrial et chloroplastique. Cette addition accroît le niveau de ploïdie (Gleba et al., 1980 ; Melchers et al., 1978 in Demerly, 1985).

Chez la pomme de terre, la fusion de protoplastes est d'autant plus justifiée car la majeure partie des clones diploïdes est stérile. Par rapport à la sélection traditionnelle, cette nouvelle méthode présente deux avantages considérables :

- On peut travailler sur un nombre de chromosomes diminué de moitié.

· On peut rassembler, en peu de temps, au sein d'un même individu tétraploïde un ensemble de plusieurs caractères intéressants (ce qui est quasiment improbable en sélection traditionnelle) (Boccon-Gibod et Jalouzot, 1989).

3. Transfert des gènes

Le développement des connaissances sur le code génétique et la régulation de son expression, ont permis d'ouvrir une extension très importante du Génie Génétique. Ainsi il est possible maintenant d'extraire, après repérage, un gène de l'ensemble du domaine vivant et le transférer sur les chromosomes de la plante qui le transmettra à ses descendants au même titre que ses propres gènes (Demarly et Sibi, 1996). De telles plantes sont dites : Plantes transgéniques ou OGM (Organismes Génétiquement Modifiés).

Certaines variétés de pommes de terre sauvages exsudent une substance liquide, qui se transforme en un sirop épais et piège les insectes et les pucerons. De cela des essais d'introduction du gène responsable de cette substance chez la pomme de terre cultivée, ont été réalisés à l'Université Américaine de Cornell (Moinet, 1990).

D'après Coleman et al (2001) ; les microtubercules servent comme une base pour la production des plantes transgéniques et pour la visualisation de l'expression de différents gènes. Leur utilisation dans ce domaine a trouvé une large application comme méthode de transformation génétique.

IV- Biotechnologie dans le schéma de sélection de la pomme de terre

Beaucoup de techniques de biotechnologies qui s'appliquaient avant sur les Pétunia et le Tabac ont été réalisées sur la pomme de terre avec succès. En effet, l'arrivée des biotechnologies rend un grand service à la sélection chez la pomme de terre qui présentait auparavant des difficultés de manipulations génétiques (Kumar, 1994).

Chez la pomme de terre, où les principales variétés commercialisées sont tétraploïdes, les nouvelles méthodes de création variétale sont caractérisées par un grand travail de sélection sur du matériel diploïde (obtenu par croisement : *Solanum tuberosum* et *Solanum phureja*). A ce niveau diploïde, on peut aussi réaliser une introduction de gène d'origine sauvage (exemple : gène de résistance aux maladies) par croisement, car la plupart des espèces sauvages du genre *Solanum* sont diploïdes.

On peut ainsi fixer des caractères intéressants par la culture d'anthères puis combiner par croisement plusieurs caractères agronomiques favorables au sein d'hybrides diploïdes. Enfin la fusion de protoplastes, étape clé du schéma de sélection, le termine et permet l'addition des génomes nucléaires qui rassemblent donc deux jeux de caractères agronomiques favorables (Boccon Gibod et Jalouzot, 1989).

1. Facteurs influençant la culture in vitro

1.1 Lumière et la photopériode

La lumière est un facteur déterminant pour la culture in vitro des plantes, elle a une grande influence de part la durée d'exposition (photopériode), selon Hussey et al .,(1981) d'autre part la longueur de jour qui affecte la vigueur et le développement des proliférations et la croissance des cals, cette dernière pourrait aussi contribuer à la formation des cals (Briggs ,1964), de façon général le début de croissance nécessite une faible intensité lumineuse (500à 1000 lux) avec 12 à 16 heures de photopériodes (Bommeneni et jauhar , 2003). Lorsqu'il s'agit de préparer la plantule au repotage en serre, il apparaît souvent préférable d'augmenter l'intensité de l'éclairage (par exemple 10000 lux) (Margara ,1989).

1.2 Température

La température de beaucoup de chambres à culture est constante de l'ordre de 22° à 25° C (Margara ,1989) mais selon LÊ, (1994) des faibles températures de 15° à 20° C stimulant la microtubérisation chez la pomme de terre, selon Walali, (1993) pour l'olivier (27° à 28° C) c'est la température optimale.

1.3 Support de milieux de culture

Les six macroéléments nécessaires à la croissance (N, P, S, K, Mg, Ca) sont absorbés sous forme d'ions (Margara ,1989). Le potassium occupe la première position, il existe dans le milieu sous forme de nitrate ou chlorure avec une concentration de 20 à 30 mM, Il occupe la position du maître cation en relation d'une part avec la préférence de l'absorption qui lui vaut sa grande fusibilité complète d'une sélectivité avec exclusion de d'autre part Na. Deuxièmement le phosphore est absorbé sous la forme orthophosphorique (H_2PO_4 ou HPO_4), les besoins de la croissance dans les cultures des tissus varient de 1-30Mm, il augmente la densité des racines.

Pour le calcium, les besoins en cet élément varient de 1-3 mM, le rôle du calcium, est le maintien de la structure cellulaire. Le magnésium à un rôle de construction de la molécule de chlorophylle et finalement les composés azotiques qui représentent la principale source d'alimentation azotée (Yves, 1984).

1.4 Saccharose

Pour la culture in vitro le saccharose constitue une source d'énergie car la plante n'est pas encore arrivée à satisfaire ses besoins énergétiques, on peut dans un cas particulier utiliser d'autres sources, tels, le galactose et le lactose (Téoulé, 1993).

1.5. Vitamines

En culture in vitro certaines vitamines sont favorables aux croissances des tissus, parmi les principales, citons : le thiamine, l'acide nicotinique, la pyridoxine, leurs concentrations sont fréquemment de l'ordre de 1mg/l (Téoulé, 1993).

1.6 Régulateurs de croissances

Les régulateurs naturels de croissances des végétaux, appelés souvent hormones de croissance, se repartissent actuellement en cinq groupes : auxines, cytokinines gibbérellines, acides abscissiques, éthylènes selon Margara,(1989). Les facteurs de croissance suivants les auxines (AIA, AIB, AIP) et les cytokinines (la kinétine et la benzylamenopurine) sont des régulateurs de croissance indispensables au bon démarrage et à l'entretien de ces cultures de tissus végétaux in vitro.

D'ailleurs, les prédictions de Gottlieb Haberlandt sur la potentialité des cellules végétales n'ont pu recevoir une confirmation qu'à partir de 1939, après la découverte des facteurs de croissance et notamment des auxines (Tourte et al.,2005) ces dernières participent à la croissances en augmentant le nombre de cellules et provoquent l'élongation cellulaire. Les cytokinines y sont impliquées en augmentant le nombre de cellules ; ceci fait en fonction de l'équilibre auxines /cytokinines qui détermine l'organogenèse.

2. Avantages de la culture in vitro

La production de vitro plantes pouvait se substituer à la méthode de micro bouturage avec des avantages suivants :

- La possibilité de conservation de ressources végétales et faire une banque de génotypes et réaliser ainsi des plantation hors la période de croissance (LÊ et al., 2002);
- L'amélioration des conditions sanitaires par les techniques de cultures in vitro souvent associées à l'éradication des viroses (Sibi ,1981);
- La propagation végétative des espèces qui ne présentent pas ces capacités en conditions classiques (Sibi .1981);
- La multiplication rapide, cette dernière et due à l'augmentation de diffusion cellulaire par ces techniques (Smith et al.,1985 ; Collet et LÊ, 1988);
- La facilité de leur transport d'une région à l'autre ou d'un pays à l'autre;
- Pour la pomme de terre la disponibilité de microtubercules à n'importe quelle époque de l'année et les sèmes directement dans le sol.

3. Inconvénients

Le problème de contamination et selon Casselle, (1987) il est dû à deux causes :

Le premier c'est l'explant et le deuxième c'est la technique;

- L'exigence de main d'œuvre qualifiée
- Pour la pomme de terre, la levée de dormance des microtubercules est assez irrégulière.

Problématique générale de la filière de la pomme de terre

Au cours des cinq dernières décennies, la pomme de terre a acquis une place de choix dans le modèle de consommation alimentaire aux côtés des blés et du lait. En référence aux disponibilités sur le marché domestique, la consommation par tête aurait plus que triplé puisqu'elle est passée de 22 kg par habitant et par an en 1967 à plus de 75 kg en 2011. Si l'on se réfère aux niveaux de consommation atteints en Europe ou aux Etats-Unis, il reste encore une possibilité d'accroissement de la demande sur un marché domestique dont la dynamique est, de plus, entretenue par une croissance démographique encore significative. Sur la base des tendances du passé, (taux de croissance de la consommation de 2,2% par an), la consommation par tête devrait atteindre 91 kg/an en 2020 et exiger une production annuelle de 4,1 millions de tonnes. Jusqu'ici, malgré quelques crises conjoncturelles (liées à un déficit ou un excédent saisonnier), la production locale a réussi à suivre l'évolution de la demande et à y répondre correctement (M.A.D.R. 2010, Rapport sur la situation agricole de l'Algérie).

Ce développement de la filière a entraîné un accroissement de son poids économique et social. En effet, la filière représentait en 2011 un chiffre d'affaires évalué à plus de 130 milliards de DA soit près de 1,8 milliards de US\$. Elle assure directement l'équivalent de 52 000 emplois permanents directs et près du double si on comptabilise les emplois indirects.

La filière pomme de terre a donc acquis un poids considérable dans l'économie agroalimentaire du pays. Mais la construction d'une filière réellement performante reste encore inachevée alors qu'elle est considérée comme «stratégique» par les pouvoirs publics depuis 1970.

La plasticité génétique de l'espèce lui permet de s'adapter à la diversité des agro-écosystèmes algériens et la courte période de croissance et de développement de la plante autorise la réalisation de trois campagnes et de trois récoltes par an.

On distingue, en conséquence :

- les cultures de saison (plantation janvier - mars) dominantes tant par les surfaces occupées (70 000 ha en moyenne au cours du dernier quinquennat, soit 51% des superficies) que par leur participation au total de la production.

- celles d'arrière saison (plantation juillet - août) qui occupe la seconde place avec 47 500 ha, soit 45% des superficies. La meilleure rentabilité économique qu'assure généralement la pomme de terre d'arrière saison est le principal moteur de la forte croissance des superficies plantées au cours de la dernière décennie.

- les cultures primeurs (plantation octobre-novembre). Elles n'occupent qu'une place mineure (moins de 5000 hectares) dans l'ensemble des superficies et de la production. Les difficultés de mise en place et les risques plus élevés courus par les cultivateurs expliquent la régression des superficies consacrées à la pomme de terre primeur.

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 placés sous la dépendance du climat en trois groupes de saisons qui sont :

Culture de primeur : est pratiquée surtout sur le littoral et dans le sud à température douce et absence de gel, la plantation à lieu en novembre.

Culture de saison : se pratique dans toutes les régions, dont la mise en place de la culture est réalisée en Janvier au littoral, en Février- Mars dans les Plaines, et en Mars pour les hauts plateaux.

Culture d'arrière-saison : Cette dernière se pratique dans des zones à grande possibilité d'irrigation où presque tout le cycle se déroule en absence de pluie.

Au littoral, la mise en place de la culture se fait en Aout-Septembre, et en Juillet sur les hauts plateaux.

Importance économique de pomme de terre

1. Utilisation de la pomme de terre

La qualité de la pomme de terre est un ensemble de caractéristiques perçues comme favorable pour l'utilisateur. Elle est très riche en glucides, vitamines et potassium. C'est pour cela qu'elle est très utilisée pour l'alimentation de l'homme à des fins nutritionnelles mais également médicinales. (Rousselle (P) et al, 1996).

1.1. Sur le plan alimentaire

La composition de la pomme de terre en termes de teneur en calories, protéines, acides aminés indispensables, vitamines, sels minéraux fait d'elle un produit très consommée par l'homme. Sa diversité culinaire fait qu'elle est préparée sous forme de ragoûts, frites, parfois mélangée avec la salade ou même utilisée dans les sauces où elle sert d'ingrédients.

1.2. Sur le plan nutritionnel

La pomme de terre est constituée d'eau, pour environ les 3/4 de son poids, d'une quantité relativement élevée de glucides, d'un faible taux de protides et de très peu de lipides (tableau n°6). Cette richesse en eau et cette carence en lipides lui confèrent une valeur énergétique modérée, ce qui la distingue de la plupart des autres aliments amylicés (Rousselle (P) et al, 1996).

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

La pomme de terre est également riche en fibre et permet un meilleur transit intestinal. Enfin, le tubercule de la pomme de terre est riche en minéraux tels que le potassium qui aide à réguler la tension artérielle, le cuivre qui aide à la formation du sang et des os, le magnésium qui est vital pour la croissance, la niacine qui permet la respiration des tissus et l'élimination des toxines, l'acide folique et le fer essentiel à la formation des globules rouges. Le tableau 6 donne la teneur de la pomme de terre en éléments minéraux.

Tableau n°06: Représente les principaux minéraux du tubercule de la pomme de terre.

Minéraux	Teneur	Minéraux	Teneur
Potassium	410	Sodium	3
Phosphore	53	Fer	0.80
Chlore	35	Manganèse	0.17
Soufre	29	Cuivre	0.16
Magnésium	27	Iode	0.03
Calcium	14	Cobalt	0.01

(Source: Burton, 1996 cité par Rousselle (P) et al, 1996)

1.3. Sur le plan médicinal

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

2. Méthodologie de la multiplication de pomme de terre

2.1. Spéculation et le type de plants

Les plants de pomme de terre sont classés selon la variété et les normes ci-dessous. Leur classement fait l'objet d'un examen officiel dans le pays producteur. L'autorité nationale désignée est chargée de la tenue à jour de toutes les données de classification pour assurer la traçabilité. Ils sont rangés dans l'une des deux classes de chacune des trois catégories définies ci-dessous:

2.1.1 Plants prébase

Plants de pomme de terre de générations antérieures aux plants de base

- a) Les plants appartenant à la classe prébase (CT – culture de tissus) sont obtenus directement par micropropagation et peuvent être issus de cultures de tissus de plantules ou de tubercules de la première génération.
- b) Les plants appartenant à la classe prébase sont des générations de plants multipliées en champ antérieurement aux plants de base.

2.1.2. Plants de base

Plants produits directement à partir de plants prébase ou de plants de base ou conformément aux dispositions spéciales d'un programme national de certification, et prévus surtout pour la production de plants de pomme de terre certifiés.

2.1.3. Plants certifiés

Plants produits directement à partir de plants prébase, plants de base ou plants certifiés, et prévus surtout pour une production autre que celle de plants de pomme de terre.

2.2. Disposition concernant le calibre

Les plants prébase ne sont pas soumis aux prescriptions concernant le calibre minimum.

Les tubercules doivent avoir un calibre minimum tel qu'ils ne puissent passer à travers une maille carrée de 25 mm de côté; pour les variétés ayant, en moyenne, une longueur au moins égale à deux fois la plus grande largeur, la maille carrée ne doit pas avoir moins de 25 mm de côté. En ce qui concerne les tubercules trop grands pour passer à travers une maille carrée de 35 mm de côté, la différence entre les limites supérieure et inférieure du calibre est exprimée par un multiple de 5.

L'écart maximum de calibre des tubercules d'un lot doit être tel que la différence de dimensions entre les côtés des deux mailles carrées utilisées n'excède pas 20 mm, à moins que l'acheteur et le vendeur ne conviennent de déroger à cette disposition.

Le lot est conforme à la distribution des calibres des tubercules de la récolte dans la fourchette des calibres indiqués sur l'étiquette.

Tableau n°07 : Représente la disposition concernant les tolérances pour le calibrage :

Tolérances pour le calibre minimum en pourcentage du poids des tubercules	
10 %	Écart maximum de 5 mm par rapport au calibre minimum indiqué pour les lots de tubercules ayant une longueur au moins égale au double de leur largeur maximale
3 %	Pour tous les autres lots
Tolérances pour le calibre maximum en pourcentage du poids des tubercules	
3 %	Calibre supérieur au calibre maximum indiqué

2.3. L'approvisionnement de la semence pomme de terre En Algérie

Les semences importées couvrent, en règle générale, une partie des besoins de la tranche primeur et la totalité des besoins des cultures de saisons. Pour ce qui est de la tranche arrière saison.

Ses besoins en semences sont assurés entièrement par la production nationale, où on distingue deux circuits d'approvisionnement :

1. **Circuit informel ou auto approvisionnement** : il s'agit d'une semence provenant des écarts de tri d'une production destinée à la consommation.
2. **Circuit officiel** : il s'agit d'une semence issue d'un programme de multiplication, ayant subi au cours de son processus de production et de stockage divers contrôles phytosanitaires et phytotechniques par un organisme de puissance publique Centre National de Certification et de Contrôle (CNCC). à l'issue desquels, il est délivré aux producteurs un certificat d'Agréage Définitif (CAD), autorisant la commercialisation du produit en qualité de semence.

3. Homologation

La sélection créatrice des variétés a pour but de mettre sans cesse au point de nouvelles variétés porteuses du maximum de caractères favorables, qu'ils soient culturaux ou d'utilisation. Selon les cas, cette sélection doit s'adapter à la plupart des techniques culturelles améliorées ou alors provoquer l'apparition de techniques culturelles nouvelles. De même, elle doit tenir compte des exigences du marché (différentes formes d'utilisation).

En prolongement de la sélection et de l'obtention végétale, l'homologation variétale est mise en place dans le but de limiter la commercialisation aux variétés un minimum de garantie.

En Algérie, la nécessité de mettre en place un dispositif d'homologation variétale a été longuement débattue et démontrée. En effet, la production de semences constitue à elle seule une contrainte très complexe où les problèmes techniques se mêlent aux difficultés d'ordre organisationnel, réglementaire et socio-économique. Parmi ces difficultés, nous citons l'inexistence de textes juridiques relatifs au Catalogue Officiel et au contrôle et à la certification des semences (Malki M, 1992).

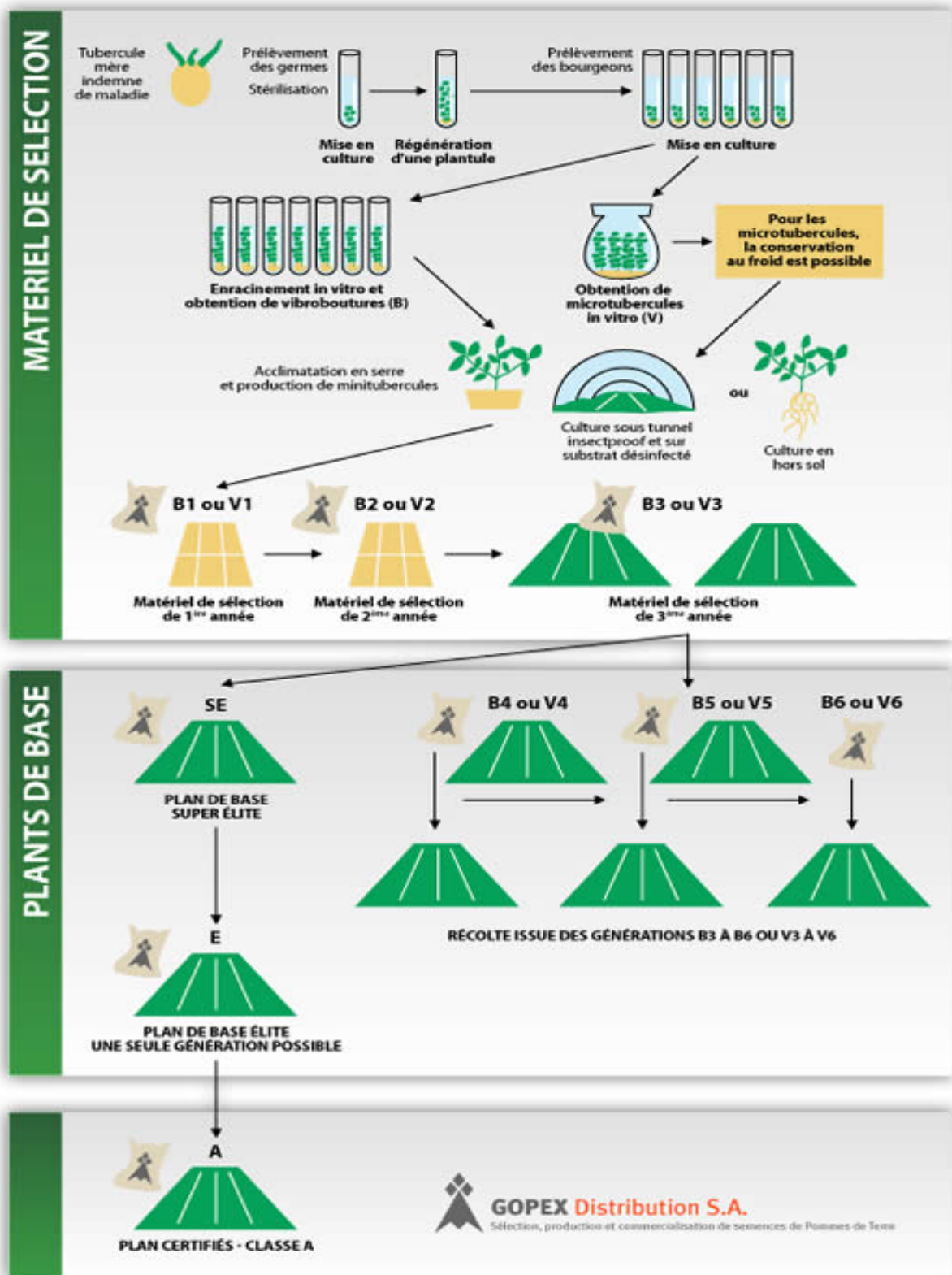


Planche n°04 : Schéma généalogique de la production des semences de PDT

Représente les procédures pour l'obtention de plants indemnes de toutes maladies virales, bactériennes, cryptogamiques et de bonne qualité physiologique.

4. Mécanismes réglementaires à l'échelon local

La mise en place d'un dispositif d'homologation variétale nécessite que soient prises un certain nombre de mesures d'ordre juridique, réglementaire et technique.

Tout d'abord, il s'agit d'élaborer un texte juridique (loi, décret) fixant les modalités d'utilisation et de commercialisation des semences. Ce texte donnera naissance à un certain nombre de textes réglementaires devant préciser les structures du dispositif d'homologation variétale telles que :

- Le Catalogue Officiel des Espèces et Variétés ;
- Le Comité National De Sélection
- Le Service chargé officiellement de la sélection variétale et de la gestion des échantillons de référence ;
- Le Centre National De Certification De Semences...

Par ailleurs, la mise en place de ce dispositif juridique et réglementaire permettra de définir, à travers des règlements techniques, les modalités d'acceptation ou de refus des nouvelles variétés ainsi que les normes de certification des semences. Sur le plan technique, il s'agira de définir la structure qui aura à charge de conduire les travaux d'étude des variétés ainsi que la composition des Commissions d'experts par groupe d'espèces devant œuvrer pour le compte du Comité National de Sélection.

5. Enjeux économiques de la recherche variétale

Les avantages économiques potentiels de l'emploi du génie génétique sont nombreux et peut-être considérable mais, compte tenu du fait que les plantes transgéniques ne sont cultivées que depuis 1995 et dans un nombre limité de pays, les données manquent encore, pour confirmer ou infirmer empiriquement ces bénéfices éventuels.

Il est beaucoup plus rapide d'introduire, dans un organisme, un caractère souhaité par transfert de gène qu'induire le même effet par une méthode de sélection classique.

Ce facteur temps joue un rôle important l'estimation de l'efficacité et des coûts de revient. Il intervient dans la stratégie adoptée pour modifier les conditions de production agricole ou industrielle

Pour en mesurer les avantages, il reste nécessaire d'établir une comparaison avec les méthodes classiques :

en termes d'investissement de recherche d'une part, et d'autres part, de bénéfices effectivement obtenus dans les domaines agro-économiques, environnementaux, et de qualité.

Le développement de plantes résistantes aux herbicides, aux insecticides, aux insectes, aux virus et à divers agents de maladies, pourrait réduire les traitements chimiques, ou bien diminuer les pertes de production, quand il n'existe pas de traitement économiquement accessible. Le génie génétique pourrait conduire à une meilleure efficacité de production agricole, ainsi qu'à l'amélioration des capacités de production en conditions difficiles, notamment dans les pays en voie de développement comme l'Algérie.

Par ailleurs, l'éventualité d'une plus longue conservation de fruits ou légumes permet des récoltes tardives ou l'amélioration de leur aspect à la maturité.

Le consommateur est sensible à l'aspect du goût et à la qualité du produit proposé, comme à une moindre toxicité liée aux résidus des produits de traitement.

6. Principale filière de pomme de terre en Algérie

6.1. La situation de la pomme de terre en Algérie

La culture de pomme de terre occupe une position dominante dans le système maraîcher par les surfaces qui lui sont consacrées, ses volumes de production, les emplois qu'elle génère et sa grande mobilisation des ressources en termes de moyens d'intrants et de régulation de la production par le froid.

La pomme de terre est surtout cultivée sur la côte méditerranéenne, qui jouit d'un climat tempéré propice à sa culture tout au long de l'année. On en trouve aussi à 500 mètres, sur les montagnes et les vallées entre la côte et les monts Atlas ainsi que sur les hauts plateaux. La consommation annuelle, qui était de 35 kg/par habitant en 1990, est passée à 57 kg en 2005. (FAO, 2008).

6.2. Différents types de cultures de pomme de terre en Algérie

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 placés sous la dépendance du climat en trois groupes de saisons qui sont :

Culture de primeur : est pratiquée surtout sur le littoral à température douce et absence de gel, la plantation à lieu en novembre.

Culture de saison : se pratique dans toutes les régions, dont la mise en place de la culture est réalisée en Janvier au littoral, en Février- Mars dans les Plaines, et en Mars pour les hauts plateaux.

Culture d'arrière-saison : Cette dernière se pratique dans des zones à grande possibilité d'irrigation où presque tout le cycle se déroule en absence de pluie.

Au littoral, la mise en place de la culture se fait en Aout-Septembre, et en Juillet sur les hauts plateaux.

6.3. Régions de production de la pomme de terre en Algérie

La répartition géographique de la culture de pomme de terre est fortement influencée par les conditions agro climatiques et par les possibilités d'irrigation. Selon les données du MADR(2007) elle reste cultivée dans toutes les régions du pays.

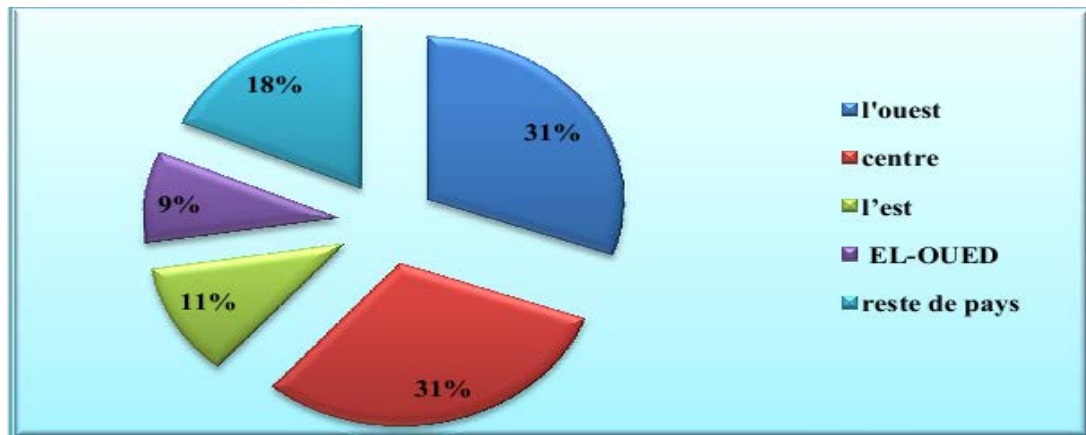
Ouest : Tlemcen, Mostaganem, Chlef, Tiaret, Mascara, avec une superficie de 24212 ha, soit 30,52 % de la superficiel globale.

Centre : principalement dans les wilayates d'Ain Defla, Tipaza, Alger, Boumerdes, Bouira et Tizi Ouzou, couvrant un 30,79 % dessuperficies).

Est : dans les wilayates de Skikda, Guelma, Sétif, Mila et Batna superficie de plus de 8881 ha (soit 11,19 % des superficies).

Sud: Il s'agit de l'apparition récente du bassin spécifique d'El Oued, où la pomme de terre est devenue en quelques années, une spéculation majeure avec près de 7.000 hectares chaque année.

Figure n°08 : Représentation graphique de la répartition spatiale de la pomme de terre en Algérie.



Source : MADR : Direction des statistiques, 2007.

7. Evolution des superficies de la pomme de terre

En 1963, les 10 millions d'Algériens avaient un mode alimentaire basé sur la consommation des pâtes ; et les 25.000 tonnes de pomme de terre suffisaient amplement. La superficie réservée à cette culture avoisinait les 25.400 ha, mais elle ne cessait d'augmenter pour répondre à la demande qui évolue d'une manière significative.

Actuellement, près de 85 000 ha En moyenne sont réservés annuellement à la production de la pomme de terre en Algérie, soit 30 % de la superficie consacrée aux cultures maraîchères (C. Omari, 2011).

Tableau n°08 : Personifie les superficies occupées par tranche de la culture de pomme de terre de 1998 à 2011 (Unité : ha)

Année	PRIMEURS	SAISON	A SAISON	TOTAL
1998	4 020	42 420	22 200	68 640
1999	4 100	37 210	23 580	64 890
2000	3 480	45 590	23 620	72 690
2001	4 630	38 790	22 370	65 790
2002	4 150	43 360	25 050	72 560
2003	4 670	52 880	31 110	88 660
2004	4 053	56 193	32 898	93 144
2005	4 828	60 299	34 590	99 717
2006	4 645	58 632	35 548	98 825
2007	2 462	41 571	35 306	79 339
2008	1 912	54 139	35 790	91 841
2009	3 533	64 354	37 234	105 121
2010	4 464	70 056	47 476	121 996
2011	4 841	72 644	54 418	131 903

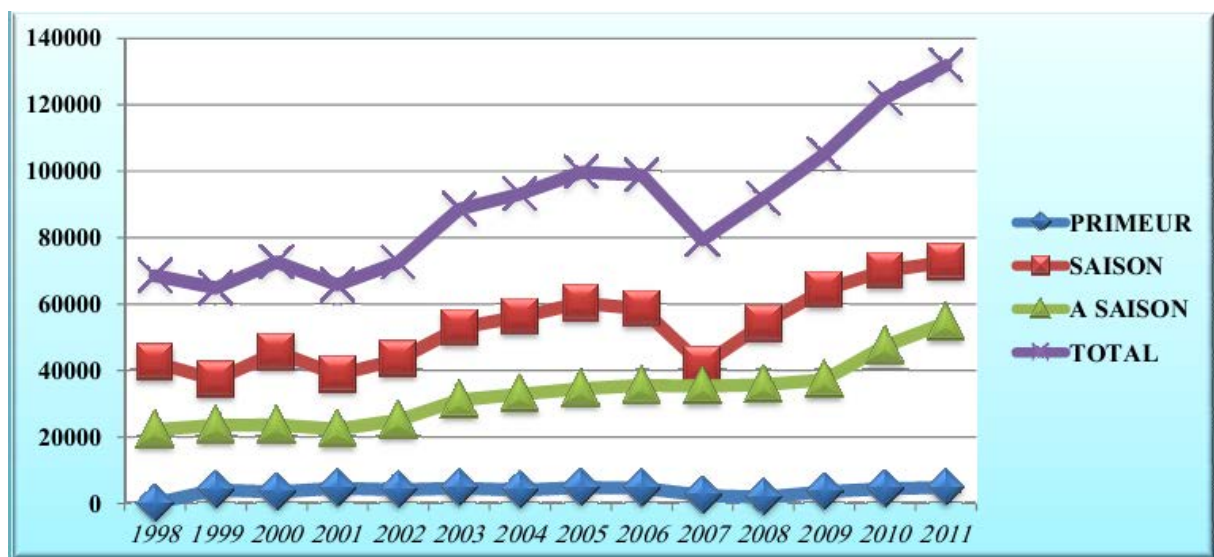
Source : MADR : Direction des statistiques, 2012

D'après le tableau, on observe :

Une progression des superficies occupées par la 2011, pour les différentes tranches de culture sauf celle de primeur.

Une croissance significative des superficies occupées par la tranche d'arrière saison qui passe de 22 200 hectares en 1998 à 54 418 hectares en 2011. pomme de terre entre 1998 et des superficies occupées par la tranche d'arrière hectares en 2011.

Figure n°09 : Représentation graphique de l'évolution des superficies occupées par tranches de culture de pomme de terre



Source : MADR : Direction des statistiques, 2012

Les superficies occupées par la culture primeur est presque stable sur la période 1998/2011 avec une moyenne annuelle de près de 48 375 hectares. On remarque aussi une diminution signifiante en 2007 et 2008, et puis une augmentation de cette superficiel qui arrive jusqu'à 4 841 en 2011.

8. Production de la pomme de terre en Algérie

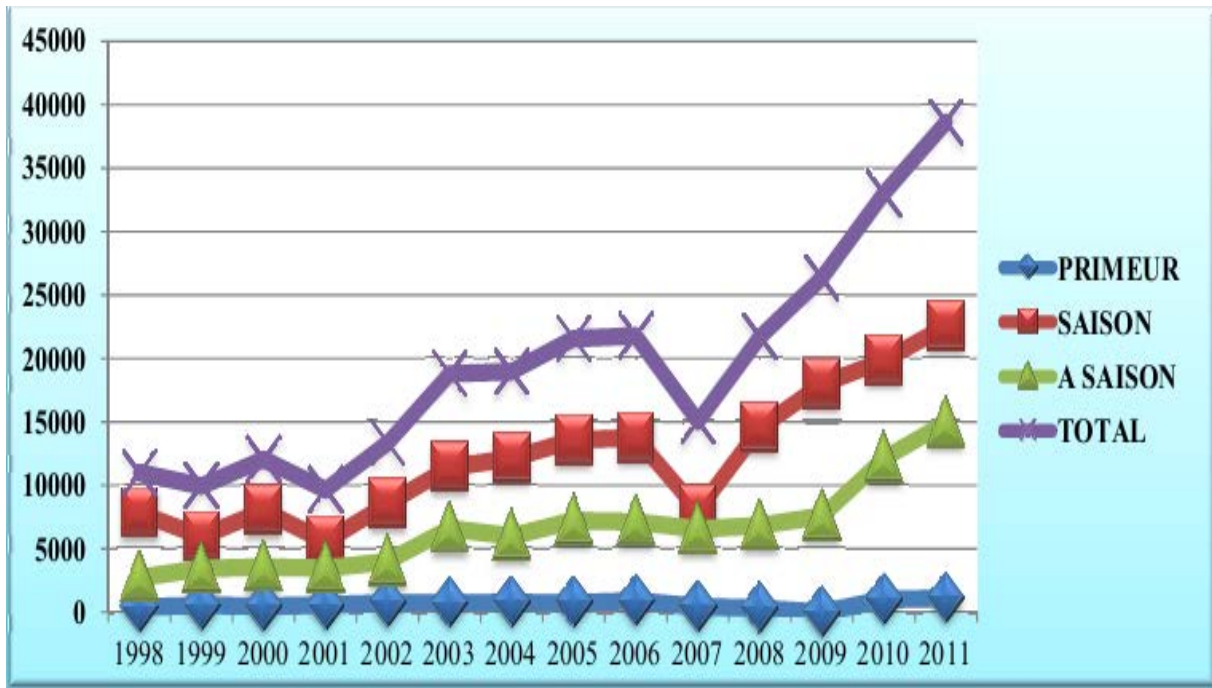
La production de pomme de terre constitue l'un des succès les plus notables de l'agriculture Algérienne au cours des 20 dernières années. Elle est estimée à plus d'un milliard de dollars en 2006. (C. Omari, 2009).

Cependant, la filière pomme de terre demeure fragilisée par une dépendance accrue au marché extérieur de la semence à l'amont et par un dysfonctionnement de la mise en marché de la

production de pomme de terre à l'aval. Aussi, la filière est marginalement intégrée à l'industrie de transformation.

La pomme de terre peut être cultivée dans n'importe quelle région du territoire national, et à n'importe quel mois de l'année, pourvu qu'il n'y ait pas de gel et de sécheresse. En Algérie, 10 wilayas concentrent, à elles seules, près de 70 % des superficies et des productions de pomme de terre, à leur tête Ain Defla(1). Les cultures de saison sont dominantes avec plus de 50 % de la superficie annuelle consacrée à la pomme de terre, suivie par la tranche arrière-saison avec près de 45 %, le reste est cultivé en primeur (3 %) (C. Omari, 2011).

Figure n°10 : Représentation graphique de l'évolution de la production par tranche de culture de pomme de terre de 1998 à 2011 (Unité : 100 tonnes)



Source : MADR : Direction des statistiques, 2012

A partir de ce tableau on remarque une augmentation de la production nationale en pomme de terre. Allant de 1,1 million en 2007, on note une régression de 30.91 % de la production nationale. Cela s'explique par la diminution des superficies occupées et par les mauvaises conditions climatiques où elle s'est déroulée.

8.1. Consommation de la pomme de terre

Au cours des trois dernières décennies, la pomme de terre a acquis une importance place dans le modèle de consommation des Algériens, à coté du blé et du lait. En référence aux disponibilités sur le marché domestique, la consommation par habitant rait plus que doublé car elle est passée de 22kg par habitant et par an en 1967 à 75 (Omari C, 2011).

Tableau n°09 : Personnifie évolution de la population, de la disponibilité de la consommation de pomme de terre/habitant/an, de la consommation globale en pomme de terre.

Année	1970	1988	1995	2002	2005
Population	13300000	23700000	27700000	31300 000	32000 000
Consommation en tonne	273,647	1000700	1200000	1333465	+1600000
Consommation par hab. /an	20kg	42kg	41kg	42kg	+50kg

Source : ONS, Statistiques agricole MADR.

A partir des informations ci-dessus on peut ressortir les remarques suivantes :

Entre 1970 et 1995, la population a plus que doublé soit une croissance annuelle de 4,30%, ce qui plaçait l'Algérie parmi les pays à plus forte croissance démographique.

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

La consommation annuelle moyenne de pomme de terre par habitant a connu une augmentation très significative entre 1970 et 1988, passant de 20kg à 42kg pour se maintenir à un niveau quasi constant jusqu'en 2002.

A partir de 2005 la consommation a encore augmenté en raison des prix très accessibles affichés sur le marché en 2005.

En 2009 les disponibilités en pomme de terre sont estimées à près de 75Kg par habitant.

8.2. Transformation

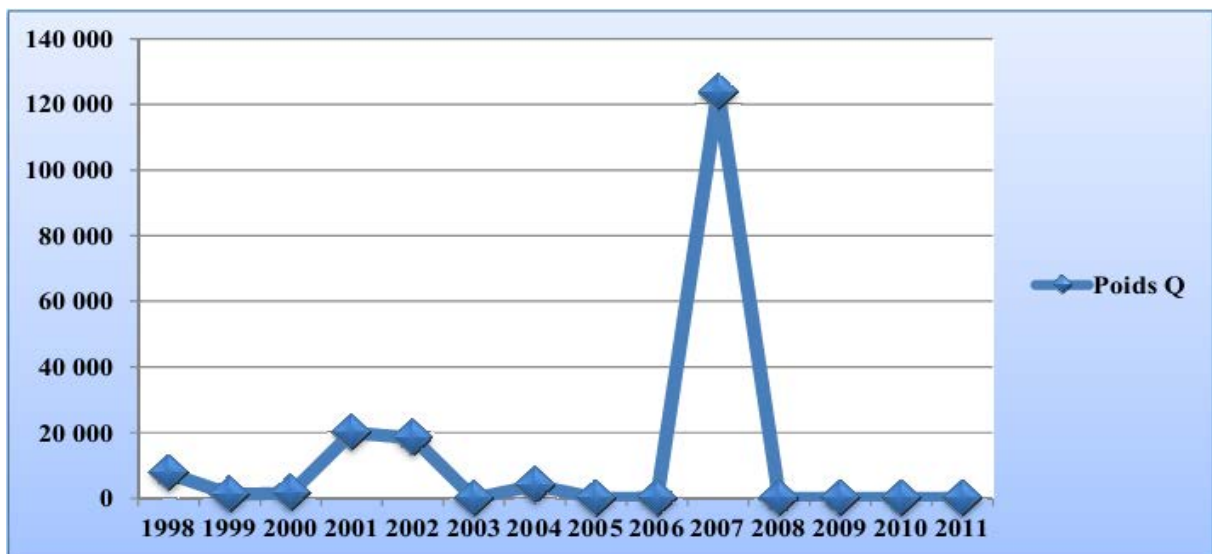
L'industrie de transformation de pomme de terre en Algérie a connu une croissance durant les dernières années, il faut noter qu'à l'échelle nationale, il existe 12 unités de transformation de pomme de terre. L'industrie de transformation de pomme de terre est dominée par les opérateurs du secteur privé.

8.3. Distribution

Le marché local de la pomme de terre est caractérisé par une absence quasi-totale d'une organisation concrète et d'un suivi régulier des transactions effectuées ou il y a augmentation du nombre d'intermédiaires et d'intervenants, les ventes se font à plusieurs façons ; le cas de la vente sur pied est le plus répandu.

Importation de la pomme de terre de consommation

Figure n°11 : Représentation graphique de l'évolution de l'importation de la pomme e terre de consommation 1998 _ 2011



Source : MADR : Direction des statistiques, 2012

On remarque que l'importation de la pomme de terre entre 1998 et 2002 est presque constante. En 2007, la première fois où la quantité de la pomme de terre importée est arrivée à 123 mille quintaux.

Entre 2008 et 2011, on remarque que l'importation de l'Algérie pour la pomme de terre de consommation est nulle.

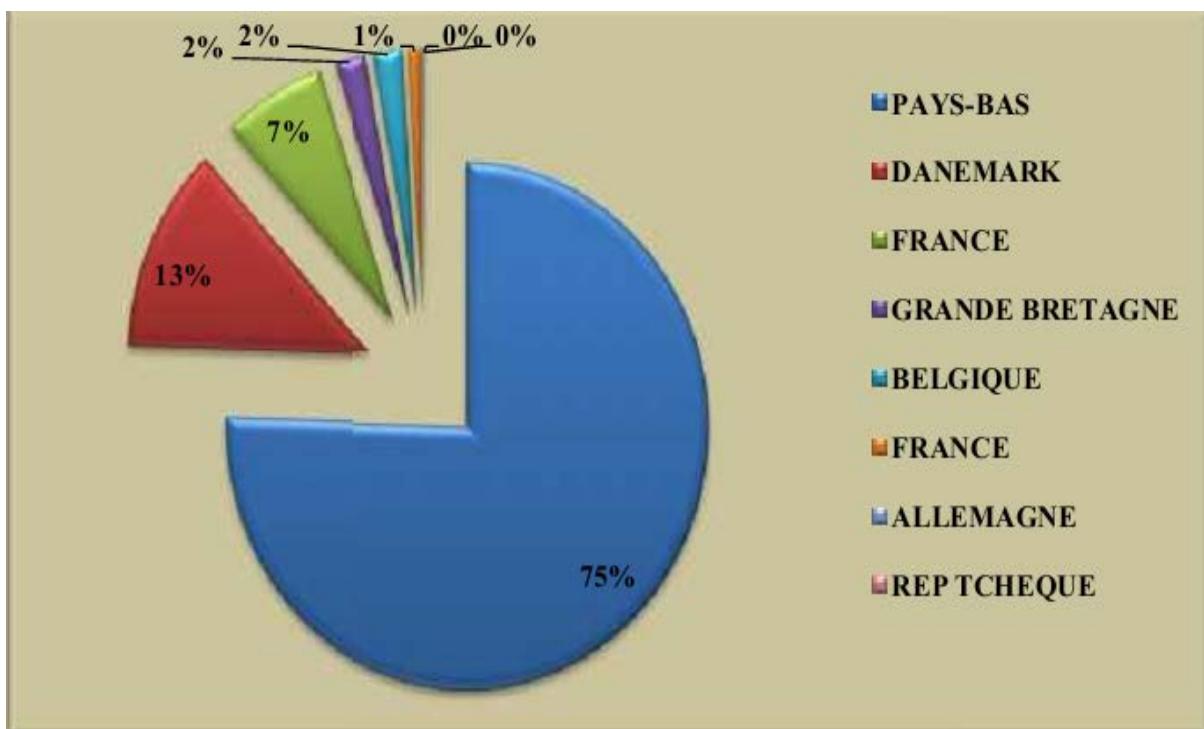
9. Semence pomme de terre

L'augmentation continue des superficies destinées à la culture de pommes de terre implique inéluctablement une augmentation. Or l'Algérie ne produit que les semences destinées à la culture d'arrière saison et d'une partie des semences pour la culture de primeur. Les besoins en semences de ces deux dernières cultures sont évalués à 220 000 tonnes en 2008 (MADR, 2008) et la production nationale n'en couvre que 50%. L'approvisionnement en semences se fait donc essentiellement à partir des semences importées. Donc essentiellement à partir des semences importées.

En dépit de l'existence de grandes possibilités de production nationale, on assiste à chaque début de campagne à des importations massives de semences de pomme de terre pour assurer la couverture des besoins. Dans la période 1995-2007, l'Algérie a importé, en moyenne annuelle, 88 298 tonnes des semences pour une valeur de 84,8 millions de US\$. Ces quantités ont été livrées par dix neuf pays fournisseurs parmi lesquels se détachent cinq pays membre de l'Union Européenne et le Canada. (Chehat, 2008).

Principaux fournisseurs de l'Algérie en 2011

Figure n°12 : Représentation graphique des principaux fournisseurs de l'Algérie en 2011



Source: établie par nous-mêmes à partir des données de CNIS, 2012

10. Contraintes de la production de semences

- Le déficit en capacités de stockage sous froid.
- L'incidence financière des importations reste importante et s'est accentuée du fait de la dévaluation de la monnaie nationale.
- A la contrainte financière, s'ajoute les difficultés d'approvisionnement dans les variétés souhaitées par les agriculteurs.
- Un déficit en semence locale ou importée perturbe le programme de production.
- Le recours massif au soutien de l'État et aux performances économiques fragilise le producteur.
- Une dépendance accrue vis-à-vis des partenaires étrangers en matière d'approvisionnement en semence.

Des propositions ont été faites pour conforter la sous filière semence, elles lient les intérêts de trois segments forts:

- Les producteurs qui veulent vendre à des coûts plus réduits pour faire face aux aléas du marché;
- Les multiplicateurs qui aspirent à vendre leur produit et à fidéliser une clientèle solvable,
- Les importateurs qui peuvent ramener une qualité améliorée.

I. Projet d'amélioration et de production des semences de pomme de terre

Le laboratoire à été créé pour relever le défi, étant donné que l'Algérie possède des potentialités importantes lui permettant à l'avenir de satisfaire ses besoins et même d'initier un programme destiné à l'exportation.

L'officialisation du projet s'est concrétisée à travers la signature des termes de référence entre Monsieur le Secrétaire Général du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR) d'une part et Son Excellence, Monsieur l'Ambassadeur de la République de Corée en Algérie, en date du 1er Août 2007.

Le projet a démarré suite aux échanges de courriers effectués entre l'Ambassade de Corée en Algérie et le Ministère des Affaires Etrangères, en date du 8 Août 2007.

Le laboratoire à été officiellement inauguré le 06 Décembre 2009, par Monsieur, le Ministre de l'Agriculture et du Développement rural.

L'Institut National de la Recherche Agronomique a été désigné comme point focal du projet pour la partie Algérienne et la KOICA pour la partie Coréenne.

Les autres partenaires du projet sont :

- L'Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles ;
- L'Institut National de la Protection des Végétaux ;
- Le Centre National du Contrôle et de la Certification des semences et plants ;
- L'Institut Technique des Grandes Cultures ;
- La Direction des Services Agricoles de Tiaret.

1. Localisation

Le choix du site s'est porté sur la ferme de démonstration et de production de semences de l'Institut Technique des Grandes Cultures, localisée dans la commune de Sabaine, wilaya de Tiaret, en raison de l'indemnité des sols des différents agents pathogènes.



Photo n°01 : Représente le laboratoire de production de semence de pomme de terre, INRA (Tiaret)

2. Objectifs du projet

L'objectif global arrêté pour le projet est la création d'un Centre de Production de Semences de Pomme de Terre, permettant la production de semences de pré-base qui sera réalisée à partir de mini-tubercules produits au laboratoire (culture in-vitro) et par hydroponie, dont la production sera de 200 000 mini-tubercules par an. Ceci permettra d'améliorer l'offre en semences de pomme de terre à hauteur de 10% des besoins sur 3 ans.

3. Structure physique du laboratoire

Tableau n°10 : structure physique du laboratoire

Type de structure	Echelle de construction	Usage
Serre en verre	De types multiples Traverses ou type ventilé 500m ²	Production de semences de pomme de terre
Centre de contrôle	Un bâtiment 500m ²	Gestion de la serre en verre
Micro-propagation et contrôle des maladies	Environ 80 m ²	Production massive des vitro-plans
Chambre froide	Environ 60m ²	Stockage des mini-tubercules
Autres	Environ 360m ²	Administration

Source : INRAA-Sabain

4. Aménagements et équipements

Ressources hydriques

Sécurisation permanente grâce :

- a. Au forage d'un nouveau puits de 100 m ;
- b. A l'acquisition de trois citernes de 3000l chacune, pour alimenter le laboratoire;
- c. L'utilisation de l'eau de l'AEP de la ferme ITGC.
- d. La réalisation d'un Réseau d'assainissement des eaux usées et chargées.

5. Les variétés exploitées

Le projet a commencé avec deux variétés qui sont la Spunta et la Désirée.

Actuellement les ingénieurs au laboratoire sont en train de faire des essais sur la variété Chubaek d'origine de la Corée du Sud, le rendement de cette variété est quatre fois supérieure à celui de la Spuna.

6. Les résultats attendus

- a. Contribution à l'amélioration de l'offre en semence de pomme de terre en introduisant des technologies de pointe correspondantes ;
- b. Renforcement des capacités d'encadrement technique et scientifique dans le domaine de la technologie de production de semence de pré-base de pomme de terre en Algérie ;
- c. Renforcement des relations de coopération interinstitutionnelles dans le domaine de la technologie de production de semences de pomme de terre entre les deux pays à travers la mise en œuvre réussie du projet.

- Les résultats dégagés de l'enquête auprès du laboratoire d'amélioration et de production des semences pomme de terre nous ont permis de constater que :

Ce laboratoire a été parmi les premiers centres de recherches qui ont pris l'initiative d'introduire les nouvelles techniques jugées très avancées de production de semences pomme de terre, à titre d'exemple la tissue culture et la culture hydroponique. Malgré ces techniques qui sont difficiles à maîtriser, les ingénieurs algériens associés à ce laboratoire en ont bien réussi, grâce au transfert technologique résultant d'une coopération entre l'Algérie et la Corée du Sud à travers la formation acquise par ces ingénieurs à la Corée du Sud.

II. Matériel végétal

Le présent travail a pour objectifs :

-D'une part la micropropagation de la pomme de terre, à partir de vitroplants de la variété « SPUNTA » produits *in vitro* issue de culture de miréstème. Cette dernière est la plus propice selon plusieurs travaux pour donner de bons résultats et pour assurer un bon état sanitaire de matériel de départ.

-D'autre part l'induction de microtuberisation en testant : l'effet de la température (25°, 20°), la photopériode (16h, 12h de lumière) et l'obscurité totale. Cela afin d'obtenir des vitrotubercules dans le but de régénérer des semences respectant les normes internationales.

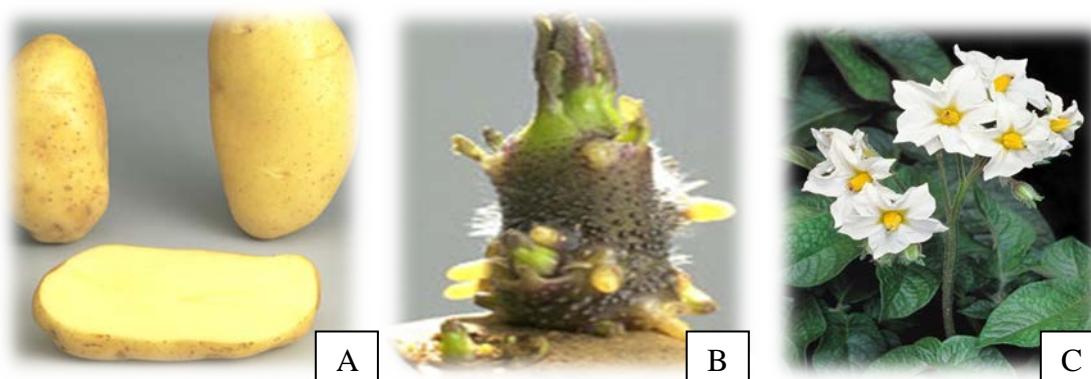


Planche n°05 : Représente la variété Spunta A : entière, en coupe, B : le germe et C : les fleurs.

1. caractéristiques de la variété Spunta

Tableau n°11 : Présentation de la variété Spunta de pomme de terre (*solanum tuberosum* L.) (Ddoornbos et Ros, 1987 ; Ccorrignan et Trillion, 2005).

Critères de la variété		Spunta
Origine génétique		Béa X U.S.D.A. 96-56
Obtenteur(s)		J. OLDENBURGER - (PAYS BAS)
Inscription au Catalogue		1988
Maturité		Demi-précoce
Catégorie		Consommation
Type		Liste A
Caractères descriptifs	Tubercule	Oblong allongé, régulier, yeux très superficiels, peau jaune, chair jaune.
	Germe	Violet, conique, pilosité moyenne.
	Plante	Taille haute, port dressé, type rameux.

	Tige	Entrenœuds faiblement pigmentés, nœuds non pigmentés, aux ailes développées, rectilignes et ondulées.
	Feuille	Vert franc, peu divisée, mi-ouverte ; foliole moyenne, ovale arrondi (I = 1,61) ; limbe cloqué.
	Floraison	Assez abondante.
	Fleur	Blanche, bouton floral partiellement pigmenté.
	Fructification	Très rare.
Caractères culturaux et d'utilisation	Rendement	111 % de Bintje. Très élevé
	Calibrage	Proportion de gros tubercules.

2. Sensibilité aux maladies

Mildiou du feuillage : moyennement sensible. (HINGROT, 1990 in AISSA, 2005).

Mildiou du tubercule : moyennement sensible.

Galle verruqueuse : non attaquée.

Gale commune : assez sensible.

Virus X : R.A.S.

Virus A : résistante.

Virus Y : assez peu sensible.

Enroulement : sensible.

Nématode RO 1-4 : R.A.S.

3. Défauts internes du tubercule : Assez peu sensible aux taches de rouille, moyennement sensible au cœur creux, taches cendrées : R.A.S.
Sensibilité à l'égermage : Assez sensible.

4. Repos végétatif : Moyen.

5. Qualité culinaire : Bonne tenue à la cuisson, groupe culinaire B, très léger noircissement après cuisson, coloration à la friture : moyenne à très foncée.

6. Teneur en matière sèche : Très faible.

7. Aptitude à la conservation : Assez faible.

8. Caractères généraux

Variété vigoureuse, très productive, à tubérisation relativement précoce, donnant de gros tubercules réguliers, de forme allongée, mais à faible teneur en matière sèche.

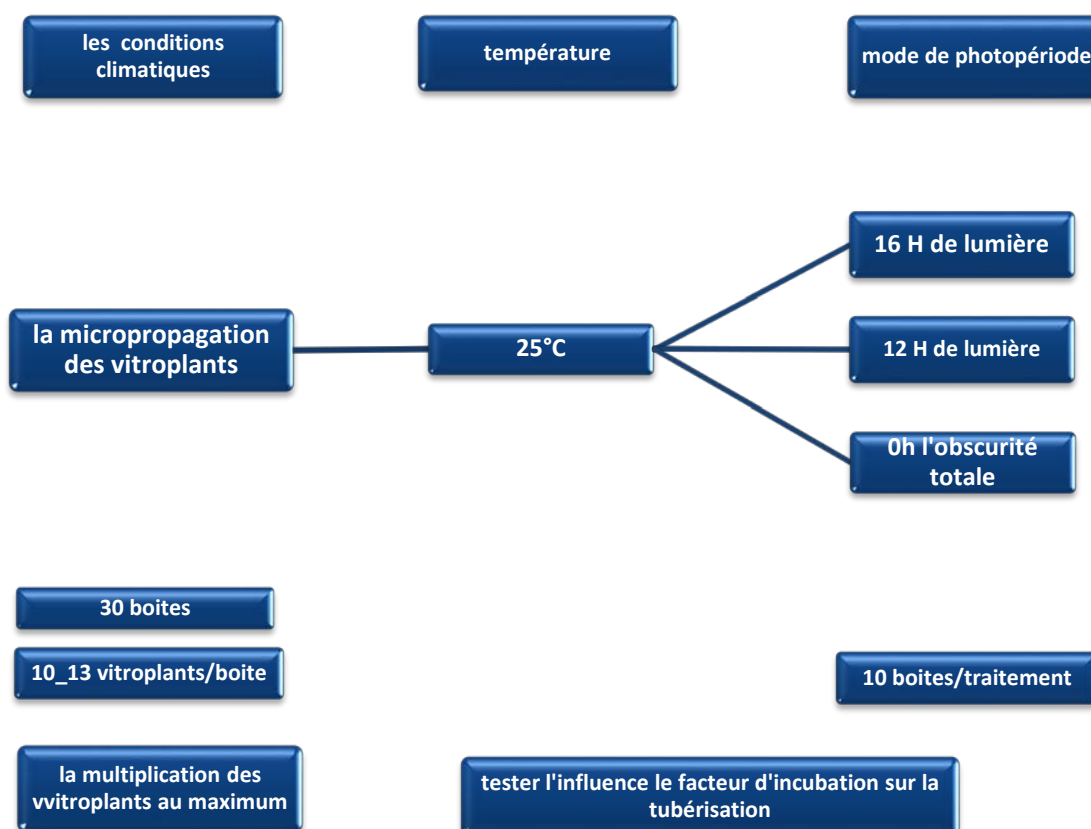
III. Méthodes

1. Protocole expérimental

Le matériel végétal de départ nous a été fourni par laboratoire de production de semence de pomme de terre à Sebaine de Tieret sous forme des vitroplants obtenus après micropropagation sur milieu MURASHIGE et SKOOG (MS 1962) additionné de 30 g/l de saccharose sous une photopériode de 16 heures de lumière. La culture a eu lieu à une température de 25°C.

Nous avons reçu 3 boîtes issues de méristèmes (9 vitroplants par boîte).

Figure n°13: organigramme qui représente les phases principales des vitroplants ayant subi à différents conditions climatiques afin d'avoir des vitrotubercules



La variété Spunta (tableau n°2) a été choisie pour cette recherche, parce qu'elle est la plus cultivée par les consommateurs et les agriculteurs.

2. Milieu de culture de Muraching et Skoog 1962:

Le milieu le plus utilisé est celui de **MURASHIGE** et **SKOOG (MS., 1962)** qui a été mis au point pour la recherche de la croissance optimale des calcs de tabac (**MARGARA., 1989**). Plusieurs auteurs ont signalé l'efficacité de ce milieu pour la pomme de terre tel que **AUGE *et al* (1989)** ; **MARGARA (1989)**, il a été également utilisé dans la plus part des travaux de culture *in vitro* sur la pomme de terre réalisés à l'**INRA**. Sa préparation se fait à partir de solutions mères concentrées de macroéléments, microéléments, fer-EDTA et vitamines, dont les compositions figurent dans le tableau suivant.

2.1 Composition du Milieu de culture

Le milieu de culture employé pour la micropropagation est le milieu de Muraching et Skoog (MS) 1962 (annex1) avec les vitamines de Morel et Wetmore (1951) et 80g/l de saccharose, le PH est ajusté à 5,7 (Nouri- Ellouz et ., 2006), afin de confectionnée le MS qui consiste des traces micronutriments. On doit préparer des solutions stocks (concentrées) pour les macroéléments, les microéléments, et les vitamines (WM).

- Composition chimique des solutions mères du milieu MS 1962 (**Tableau, Annexe n°01:**).

2.2. Préparation de la solution finale du milieu de culture

A partir de la solution mère, on a préparé la solution finale du milieu de culture comme suit: Dans un bécher de 1l mettre les solutions nécessaires du milieu de culture MS (de macroéléments, micro-éléments), Peser et dissoudre le saccharose ; ajuster la solution à 1 l avec de l'eau déionosée. Ajuster le PH à 5.7 ± 0.1 avec HCl (10%) ou NaOH (1N); puis ajouter l'Agar graduellement en brassant le milieu avec un agitateur, chauffer jusqu'à ébullition.

Enfin, le milieu ainsi préparé est transféré dans des boites, à raison de 140 ml par boite.

2.3. La stérilisation de milieu de culture

La réussite de la culture *in vitro* repose en grande partie sur les conditions strictes d'asepsie. Après la préparation des milieux de cultures de micropropagation ou de microtubérisation, les tubes et les bouchons contenant les milieux de culture seront stérilisés par autoclavage à 120°C pendant 20 minutes.

En raison de leur sensibilité à la chaleur, les vitamines peuvent être ajoutées en conditions aseptiques, au reste du milieu MS autoclavé, et cela après leur stérilisation à l'aide de filtre micropore.

2.4. Stérilisation des instruments de travail

Avant chaque manipulation il faut que tout le matériel de travail soit stérilisé par étuvage à une température de 170°C à 200°C pendant au moins deux heures.

Quant au matériel en plastique et en nylon, on le désinfecte sous la hotte avec de l'eau de javel (12°) et de l'éthanol (99°).

IV. Contexte de l'étude et la conduite de l'expérimentation

IV.1. Phase 01: La régénération in vitro et le repiquage

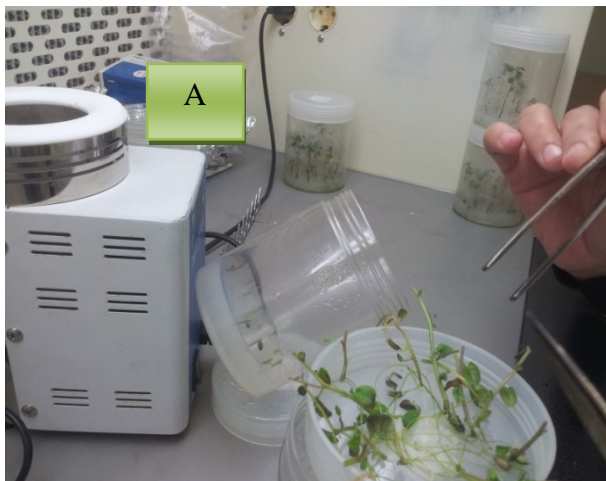
Après 6 semaines de la croissance, les vitoplants sont repiqués sur le même milieu MS avec 0,3 % de saccharose pour les multiplier et avoir le maximum de matériel végétal. Les conditions de culture sont :

photopériode de 16 heures et température d'incubation de 25°C.

Les vitoplants sont repiqués en conditions aseptiques sous la hotte à flux laminaire comme suit :

_ Les vitoplants sont retirés des boîtes, en gardant les racines enveloppées du milieu gélosé pour éviter leur dessèchement et leur détérioration.

_ Les manipulations doivent être réalisées rapidement pour éviter le dessèchement des explants.



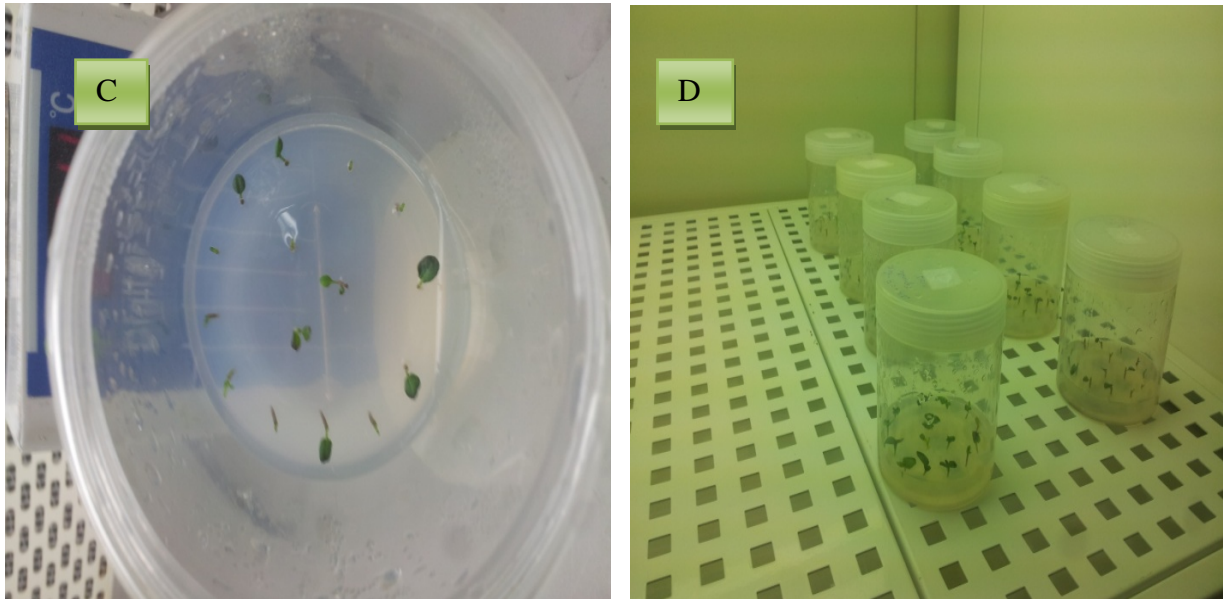


Planche n°06 : Des photos près par nos auniveau de laboratoire de l'INRA représente la première phase de l'étude : la micropropagation afin d'assurer un nombre suffisant des vitroplants :

- A, B :** la technique de multiplication ;
- C :** la disposition des explants dans la boîte ;
- D :** les boîtes dans la chambre d'incubation.

IV.2. Phase 02: Les facteurs étudiés et les paramètres de mesure

L'essai est pour but de déterminer l'impact le facteur d'incubation (photopériode et obscurité totale) sur l'induction des microtubercules de la variété Spunta.

IV.3. Le milieu de culture

Le milieu de culture est le suivant :

- _ milieu MS (1962) ;
- _ les vitamines Morel et Wetmore (1951) ;
- _ 80g/l de saccharose.



Photo n°02 : représente le dispositif des boites dans la chambre d'acclimatation

IV.4. Les paramètres de mesure

Le suivi des cultures a été effectué toutes les semaines sur les facteurs suivant:

- _ Le temps nécessaire à l'induction des microtubercules
- _ Poids des microtubercules
- _ Pourcentage de tubérisation ;
- _ Le taux de reprise des vitrotubercules par traitement

IV.5. Le dispositif expérimental des essais variété spunta

- _ Nombre totale de variété : 01 var Spunta
- _ Nombre total de boites : 30
- _ Nombre total des vitroplants : 300
- _ Nombre de bites par traitement : 10
- _ Nombre de vitroplants par boite : 10



Photopériode 0 heure de lumière



Photopériode : 16 heures de lumière



Photopériode : 12 heures de lumière

Planche n°07 : Représente les vitrotubercules au milieu de culture au profil de chaque photopériode

V. Analyse statistiques

Le traitement des données est effectué par la comparaison des résultats obtenus sur les différents facteurs de variation. Nous avons utilisé le Logiciel Stat box 6.

Discussion générale

La microtubérisation est un processus physiologique réglé par plusieurs facteurs comme la température, la photopériode et les régulateurs de croissance (Seabrook et al., 1993 ; Khuri et Moorby, 1996).

Au cours de la microtubérisation on a noté la formation des cals aussi bien dans le milieu sans hormones que dans les milieux contenant des hormones. Selon Hussey et Stacey (1981) qui expliquent que les jours longs favorisent une vigueur de la croissance et une production de nœuds plus importantes tandis que les jours courts favorisent la production des microtubercules avec des diamètres importants (Hussey et Stacey, 1984 ; Seabrook et al., 1993 ; Charles et al., 1995).

Dans le milieu MS sans hormones les tiges donnent les meilleures longueurs, cela à cause de l'absence des Cytokinines qui sont considérées comme des inductrices et stimulatrices de la tubérisation (Palmer et Smith, 1970 ; Ewing, 1987) et la BAP (Leclerc et al., 1994).

1. Paramètre de mesure I

1.1. Poids des microtubercules

Les meilleurs poids sont observés dans un milieu MS à une photopériode 12 heures, cependant les traitements qui ont donné les poids les plus faibles sont ceux de l'obscurité totale pour la variété Spunta comme c'était évoqué par les travaux de Pruski et al., (2001, 2002)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	0,032	0,016	4,370	0,023
Erreur	27	0,100	0,004		
Photoperiode	2	0,032	0,016	4,370	0,023
Total corrigé	29	0,132			

Tableau n°13 : Analyse de la variance (Variable poids)

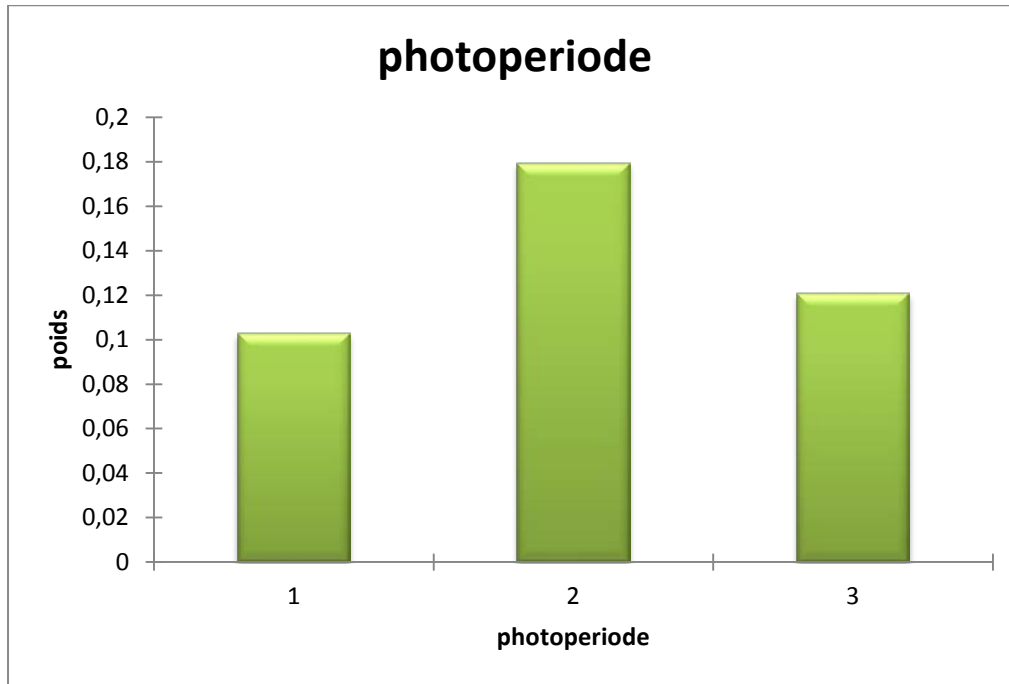


Figure n°14 : Graphiques représente les moyennes du poids des microtubercules

L'analyse de variance des effets de la photopériode nous indique l'existence d'un effet très significatif sur le poids de microtubercule à 12 heures de photopériode. De même que 16 heures de photopériode, en revanche il est faible pour l'obscurité continue.

2. Paramètre de mesure II

2.1. Le calibre des microtubercules

Le calibre des microtubercules est en relation avec la photopériode. Les meilleurs traitements photopériodiques observés sont ceux de 12 heures et de 16 heures. Cependant l'obscurité totale représente les diamètres les plus faibles pour toutes les photopériodes. Ceci est justifié par PRUSKI et al (2001) où ils ont observé que les diamètres des microtubercules produits dans l'obscurité totale sont moins significatifs que ceux produits à une photopériode.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	0,059	0,030	7,937	0,002
Erreur	27	0,101	0,004		
Photopériode	2	0,059	0,030	7,937	0,002
Total corrigé	29	0,160			

Tableau n°14 : Analyse de la variance (Variable calibre).

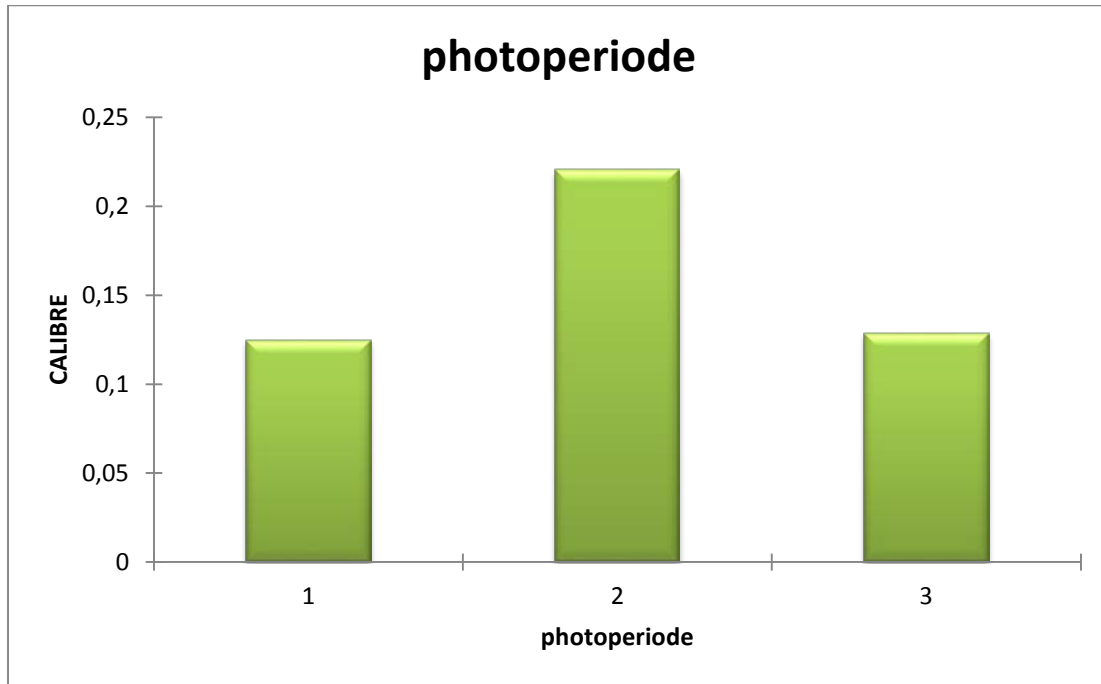


Figure n°15 : Graphiques représente les moyennes de calibre des microtubercules

L'analyse de variance des effets de la photopériode nous indique l'existence d'un effet très significatif sur le calibre des microtubercules à 12 heures de photopériode. De même que 16 heures de photopériode, A l'opposé, ce paramètre est noté faible pour l'obscurité totale.

3. Paramètre de mesure III

3.1. Nombre de microtubercules / plant

Comme l'ont souligné Garner et Blake (1989) le nombre de microtubercules par vitroplant est de 1 à 2. Il est presque identique entre toutes les variétés, les milieux et les traitements photopériodiques, sauf pour spunta qui présente un nombre un peu élevé par rapport aux autres et qui peut atteindre parfois trois microtubercules par vitroplant. C'est le cas dans notre étude.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	174,067	87,033	8,109	0,002
Erreur	27	289,800	10,733		
Photoperiode	2	174,067	87,033	8,109	0,002
Total corrigé	29	463,867			

Tableau n°17 : Analyse de la variance (Variable nombre de microtubercules/plant)

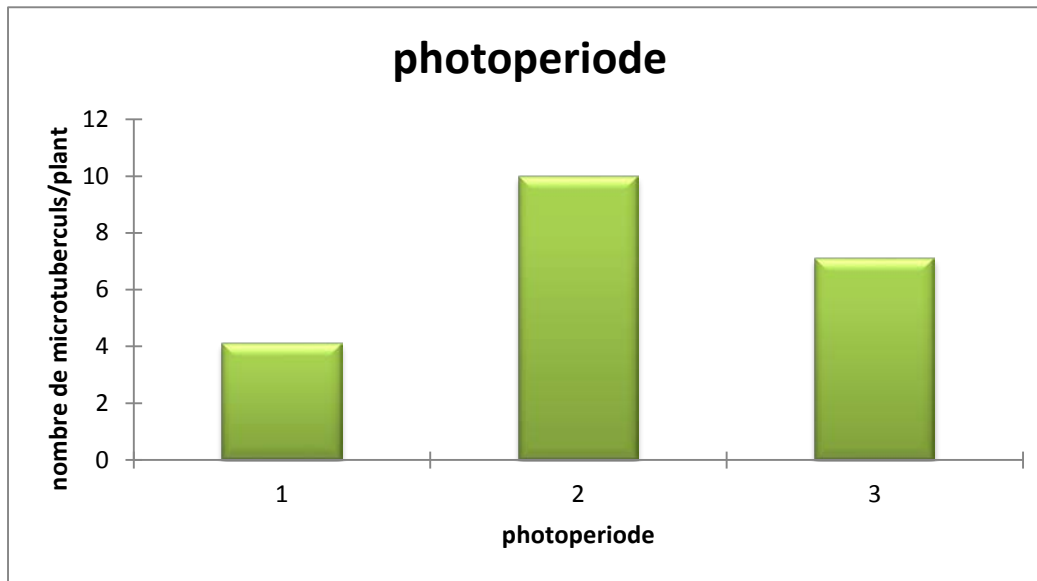


Figure n°16 : Histogramme représente les moyennes de nombre de microtubercules/plant.

L'analyse de la variance nous renseigne sur un effet significatif pour 12 heures de photopériode, à l'opposé de l'obscurité totale. Cela nous montre que le nombre de microtubercules est en fonction de la photopériode.

Le test de Newman et Keuls révèle l'existence de deux groupes homogènes pour tous les traitements. On observe deux groupes qui englobent tous les traitements photopériodiques

Modalité	Moyenne estimée (poids)	Groupes
1	0,103	A
3	0,121	A
2	0,179	B

Tableau n°15 : indique les groupes homogènes pour l'influence de poids en fonction de la photopériode

Modalité	Moyenne estimée(Calibre)	Groupes
1	0,125	A
3	0,129	A
2	0,221	B

Tableau n°16 : indique les groupes homogènes pour l'influence de calibre en fonction de la photopériode

Modalité	Moyenne estimée (taux de reprise)	Groupes
1	4,100	A
3	7,100	A B
2	10,000	B

Tableau n°17 : Détermination des groupes homogènes sur l'influence de poids, de calibre et de Taux de reprise des microtubercules en fonction de la photopériode

Selon l'étude de traitement statistique (**Test de Student**), récapitulé dans le tableau, il ressort que la photopériode 12 heures reste significative avec tout les caractères mesure (poids, calibre, et taux de reprise microtubercules). Cela dit, l'effet positif du facteur favorise l'induction des vitrotubercules, à l'opposé de 16 heures de photopériode et l'obscurité continue qui étaient faible

4. Paramètre de mesure IV :

4.1. Pourcentage de microtubérisation :

L'induction des microtubercules de pomme de terre variété Spunta s'est établie après 60 jours de la mise en culture sur un milieu de culture MS sans hormones, à l'opposé d'un milieu de culture MS avec hormone qui entame l'initiation des microtubercules après 20 jours de la mise en culture, cela est ainsi confirmé par les travaux de (Mme Gomari samia 2014).

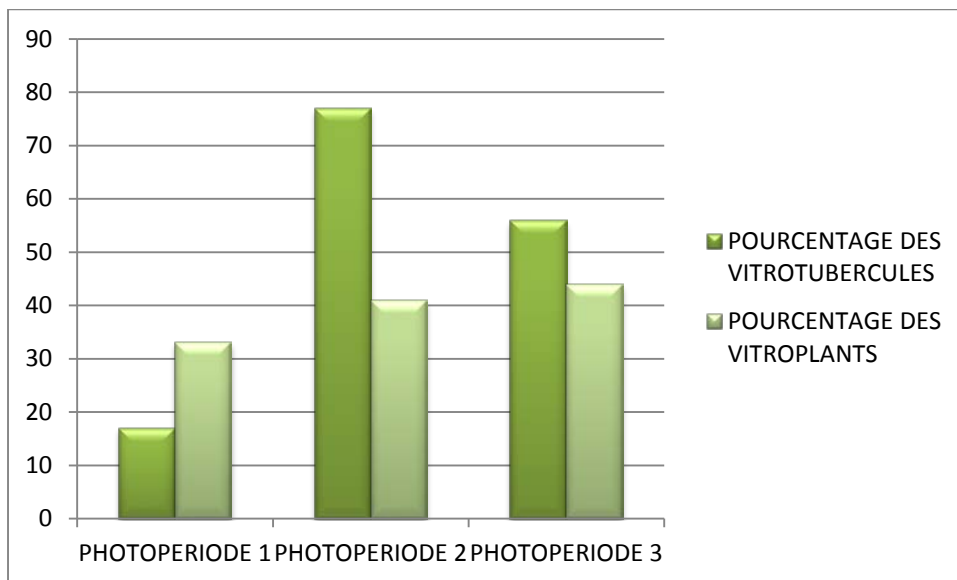


Figure n°17 : Histogramme représente le pourcentage des vitrotubercules et vitroplants sur les trois traitements

Selon l'évaluation de pourcentage des vitrotubercules, indique que, le nombre de microtubercules enregistré est plus élevé chez 16 heures de photopériode que chez celles de l'obscurité totale et 16 heures de photopériode, Autant que le pourcentage des vitroplants non tubérisés est diminué avec 12heurs de photopériode (33%) par rapport 16 heures de lumière (41%), est en augment avec l'obscurité totale (44%).

Planche n° 08: production des microtubercules selon différents traitements.



A_ l'obscurité totale

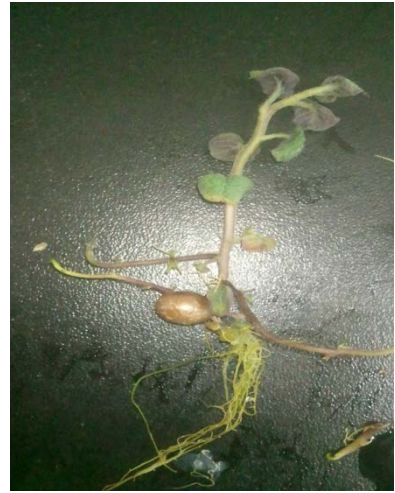
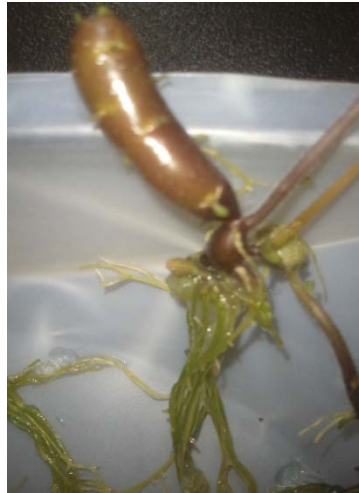


B_ 16 heures de photopériode



C_ 12 heures de photopériode

Planche n°09 : Différentes positions des microtubercules. A : basale, B : axillaire, C : apicale.



A_ basale



B_ axillaire



C_ Apicale

Conclusion

L'objectif de cette étude est de déterminer les conditions de tubérisation in vitro destinée à la production de semence prè-base répandant aux normes. L'étude entre dans un programme de recherche de l'INRA.

Notre travail consiste de tester l'effet de la photopériode sur l'induction des microtubercules de la pomme de terre variété Spunta.

L'expérimentation renferme deux volets : la micropropagation et la microtubérisation.

Lors de la micropropagation, les microboutures ont été inoculées sur le milieu MS sans régulateurs de croissance et à une photopériode de 16 heures.

Les résultats obtenus ont montré que :

- La culture à partir des explants méristimatiques, assure l'obtention de matériel végétal sain, des vitroplants obtenus après trois repiquages sur un milieu de culture (Muraching et Skoog) sans hormone
- La meilleure tubérisation a été obtenue sur la photopériode de 12 h. En ce qui concerne le poids, le calibre et le taux de reprise de microtubercules, la photopériode a exercé une grande influence sur eux, de façon qu'on a obtenu les meilleurs résultats dans les traitements photopériodiques de 12 heures et de 16 heures que dans ceux de l'obscurité totale ; cette dernière a donné les plus faibles diamètres et les plus faibles poids. Donc la photopériode a un effet direct sur le poids, calibre et le taux de reprise des microtubercules.

ANNEXE

Annexe n°01: Composition chimique des solutions mères du milieu MS (1962).

Eléments	Composition chimique	Concentration en mg/l	Concentration des solutions mères (n fois) en g/l	Volume à prélever pour 1 litre de milieu de culture
Macroéléments	NH ₄ NO ₃	1650	16,5	100 ml
	K NO ₃	1900	19	100 ml
	Mg SO ₄ , 7H ₂ O	370	3,7	100 ml
	Ca Cl ₂ , 2H ₂ O	170	1,7	
	K H ₂ PO ₄	440	4,4	
Microéléments	H ₃ BO ₃	6.20	6.20	
	KI	0.83	0.83	10 ml
	Na ₂ MoO ₄ , 2H ₂ O	0.25	0.25	
	COCl ₂ 6H ₂ O	0.025	0.025	
	Mn SO ₄ , 4H ₂ O	22.30	22.30	
	Zn SO ₄ , 7H ₂ O	8.60	8.60	1 ml
	Cu SO ₄ , 5H ₂ O	0.025	0.025	
Fer-EDTA	Fe SO ₄ , 7H ₂ O	27.85	2.785	
	Na ₂ -EDTA	37.25	3.725	10 ml
Les vitamines de Morel et Wetmore (1951)				
Vitamines	Acide nicotinique	0.50	0.5	1 ml
	Pyridoxine	0.10	0.1	
	Thiamine	0.10	0.1	

Annexe n°02 : les analyses statistique

Les formules de test t de Student

Test t de Student pour données indépendantes / test bilatéral : **Comparaison entre les traitements**

1- Moyenne $\square \frac{\sum Xi}{N} \square$

2- Ecart- type = $\frac{\sqrt{\sum(Xi-moyenne)^2}}{N-1}$

3- la variance totale (S^2) = $\frac{(N1 * \sigma^2 1) + (N2 * \sigma^2 2)}{(N1 + N2) - 2}$

4- Calcul du t de Student = $\frac{|moyenne 1 - moyenne 2|}{S \sqrt{\frac{1}{N1} + \frac{1}{N2}}}$

Avec :

N : Effectif / **Xi** : nombre des fruits noués / **σ^2** : Variance du traitement / **S** : Ecart-type totale

- Le coefficient de variation (C.V) : $\frac{\text{Ecart-type}}{\text{Moyenne}} * 100\%$.

Annexe n° 03 : Tableau n° : Représente la Matrice des corrélations totales entre les différents paramètres de la microtubérisation

Variables	photoperiode-1	photoperiode-2	photoperiode-3	poids	CALIBRE	POUR REPRISE
photoperiode-1	1,000	-0,500	-0,500	-0,337	-0,323	-0,533
photoperiode-2	-0,500	1,000	-0,500	0,482	0,608	0,527
photoperiode-3	-0,500	-0,500	1,000	-0,145	-0,285	0,006
Poids	-0,337	0,482	-0,145	1,000	0,939	0,491
CALIBRE	-0,323	0,608	-0,285	0,939	1,000	0,637
POUR REPRISE	-0,533	0,527	0,006	0,491	0,637	1,000

Annexe n°04 : Synthèse des comparaisons multiples par paires pour photoperiode (Fisher (LSD)) :

Modalité	Moyenne estimée (poids)	Groupes
1	0,103	A
3	0,121	A
2	0,179	B

Modalité	Moyenne estimée(CALIBRE)	Groupes
1	0,125	A
3	0,129	A
2	0,221	B

Modalité	Moyenne estimée (Taux de REPRISE)	Groupes
1	4,100	A
3	7,100	A B
2	10,000	B

Références Bibliographiques

I. Ouvrage

- **Anonyme 1**, Lundi 31 mars 2008. Variétés de pommes de terre cultivées en semences en Grande-Bretagne, Informations fournies par la base de données des variétés de pommes de terre britanniques, P 159.
- **Crosnier.J.C, Rousselle.P, Rmberty., 1996.** « La pomme de terre : Production, amélioration, ennemis et maladies, utilisation ». INRA-Paris, 354p.
- **David Michelante, Diricks Herman**, Directeur général. Agence fédérale pour la Sécurité de la chaîne alimentaire Circulaire relative aux exigences phytosanitaires pour les banques de gènes et les laboratoires de propagation in vitro de végétaux d'espèces stolonifères ou à tubercules de Solanum L. destinés a la plantation PCCB/S1/DME/974554 Date 04/02/2013
- **Molet D., 1988.** «Culture in vitro : Evolution des techniques, boutures microboutures microtubercules. La pomme de terre française » N°144. 43-47.
- **Lafon. J.P., 1987.** «Biologie des plantes cultivées», Tome 2, physiologie, génétique et amélioration. Coll. C-E.R.L.A. Ed A.R.P.E.P.S. 172 p.
- **Rousselle P., et Spire D., 1996.** «La pomme de terre. Production, amélioration, ennemis et maladies, utilisation ». INRA, Paris, 615 p.
- **R., Diehl**, la pomme de terre. Caractéristiques et description des variétés. Station centrale d'Amélioration des Plantes, Versailles.

II. Articles et ouvrages

- **Anonyme 2., 2006.** NORME CEE-ONU S-1 concernant la certification et le contrôle de la qualité commerciale des Plants de pomme de terre Nations Unies New York, Genève.
- **Anonyme 3., 2000.** maladies et insectes nuisibles et utiles de la pomme de terre, IRDA institut de recherche et de développement en agroenvironnement Saint-Laurent.
- **Bernhards U., 1998.** La pomme de terre Solanum tuberosum L. Monographie. Institut National Agronomique Paris – Grignon.
- **Brasseur G., 1975.** "Agricultural typology and land utilization" Center of Agricultural Geography Institute of Agricultural Economy and Policy, University Academy for Agriculture Sciences and Humanities, Verona. Italy. p.87-92.
- **Chehat F., 2008.** "La filière pomme de terre algérienne : une situation précaire". In journée d'étude sur la filière pomme de terre : situation actuelle et perspectives. Ed INA, El- Harrach, 18 juin 2008. p.1-13.

- **Công-Linh Lê et Daniel Thomas, 2010**, Production de microtubercules de pomme de terre in vitro: effet de la durée de culture, *Recherche Agronomique Suisse* 1 (11–12): 404–409.
- **D., P.; PREMATALAKE and M., H., MENDIS, 8 January 1999**, microtubercles of potato (*Solanum tuberosum* L.): in vitro conservation and tissue culture.
- **Debergh P., C., 1983**. Effects of agar brand and concentration on the tissue culture medium. *Physiol. Plant.* 59, 270 – 276.
- **De Wilde T., De Meulenaer B., Mestdagh F., Govaert Y., Vandeburie S., Ooghe W., Fraselle S., Demeulemeester K., Van Peteghem C., Calus A., Degroot JM., Verhé R., (2005)**. Influence of Storage Practices on Acrylamide Formation during Potato Frying. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(16):6550-6557. DOI: 10.1021/jf050650s.
- **Escobar G., Berdegué J., 1990**. "Concepts and methodology for farm typology. Methodology of investigations of the production system". The experience of -RIMISP. Santiago de Chile, 284p In: Köbrich C,
- **Estrada R., Tovar P., & Dodds J., H., 1986**. Induction of in vitro tubers in a broad range of potato genotypes. *Plant Cell Tissue & Organ Culture* 7.
- **Food Standards Agency (2002)**. McCance and Widdowson's The Composition of Foods, 6th summary edition. Cambridge: Royal Society of Chemistry.
- **Food Composition and Nutrition Tables 2008**, 7th revised and completed edition, Ed. SW Souci, W Fachmann, H Kraut. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart.
- **Gopal J., Minocha JL., Sidhu JS., (1997)**. Comparative performance of potato crops raised from micro-tubers induced in dark versus microtubers induced in light. *Potato Res* 40: 407 –412.
- **Grabitske HA., Slavin JL., (2008)**. Low-Digestible Carbohydrates in Practice. *Journal of the American Dietetic Association* 108(10):1677-1681.
- **Hawkes, 1990**. The potato evolution, biodiversity and genetic resource. Belhavenpress, London, 259 p.
- **Holt, SH., et al., (1995)**. A satiety index of common foods. *European Journal of Clinical Nutrition* 49(9):675-690.
- **J., C., COURDUROUX, 2014**. Température et tubérisation chez la Pomme de terre 2014. <http://www.tandfonline.com/loi/tabg17>.
- **Köbrich C., Rehman T., Khan M., 2003**. "Typification of farming systems for constructing representative farm models: two illustrations of the application of multi-variate analyses in Chile and Pakistan", *Revue Agricultural Systems*, vol.76, n°1, p.141-157.

- **Lê C., L., 1991.** Aspects pratiques de la micro-propagation de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.). *Revue suisse Agric.* 23 (6), 357 – 358.
- **Lê C., L., & Thomas D., 2009.** Production de micro-tubercules de pomme de terre in vitro. *Revue suisse Agric.* 41 (5), 289 – 293.
- **Lê C., L. & Collet G., F., 1985.** Assainissement de la variété de pomme de terre Sangema. Méthode combinant la thérapie in vitro et la culture de méristèmes. Premiers résultats. *Revue suisse Agric.* 17 (4), 221 – 225.
- **Malassis L., (1996),** « traité d'économie agro-alimentaires-Economie de la production et de la consommation, Méthodes et concepts » Par L.Malassis et G. Gherzi – Deuxième édition, Cujas, Paris.
- **Malki M., 1992.** L'homologation variétale : Une étape incontournable dans la production des semences de qualité. Document technique. ITGC. Alger.1992.17p.
- **M., A., Nouad. 2008.** Problématique sur la pomme de terre In *Revue Filaha-innove*. Ed. Magvet. N°1111-4762. 19p. Alger.
- **Martin, J. F. 2004.** Culture de la pomme de terre de conservation. Arvalis. Institut du végétal : 4-11 pp.
- **Mackerron D., K., L., et Davies H. V., 1986.** Markets for maturity and senescence in the potato crop. *Potato Res*, 29. Pp : 427-436.
- **Molet D., 1988.** «Culture in vitro : Evolution des techniques, boutures micro-boutures micro-tubercules. La pomme de terre française » N°144. 43-47.
- **Molet. D., 1988.** « Culture in vitro : Evolution des techniques, boutures-micro-boutures micro-tubercules. La pomme de terre française » N°144. 43-47.
- **Mia D'HONDT-DEFrancq,** Expert F.A.O. en Protection des Végétaux CambBrBne, Les principales maladies bactériennes et cryptogamiques de la pomme de terre, Avril 1984 CDH/R 332.
- **Murashige T., Skoog F., (1962).** A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant* 15: 473 – 497.
- **MANI Ferdaous, MHAMDI Mahmoud, BETTAIEB Taoufik, HANNACHI Chérif,** Effet du saccharose sur la tubérisation in vitro de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) *Revue « Nature & Technologie »*. n° 07/Juin 2012.
- **Nistor Andreea, Nicoleta Chiru, Mihaela Cioloca, Monica Popa,** researches concerningimproving methods of in vitromicrotubers production. no. 1- 2(8 9- 90)/2014 tican_andreea @yahoo.com
- **Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.** Base de données FAOSTAT, Bilans alimentaires ; accessible à l'adresse

<http://faostat.fao.org/site/368/DesktopDefault.aspx?PageID=368#ancor>, consultée le 26 janvier 2010.

- **Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2008).** Année internationale de la pomme de terre 2008 – Pommes de terre, nutrition et diététique. Accessible à l'adresse <http://www.potato2008.org/fr/pommedeterre/IYP-6fr.pdf>.
- **Polese J., M., 2006.** La culture des pommes de terre .Ed. Artémis, France.95p.
- **Rousselle P., Robert Y., et Grosnier J.C., 1996.**La pomme de terre production, amélioration, ennemis, maladies et utilisation. INRA, Paris. 607p.
- **Rehman T., Khan M., 2003.** "Typification of farming systems for constructing representative farm models: two illustrations of the application of multi-variate analyses in Chile and Pakistan", Revue Agricultural Systems, Vol. 76, n°1, p.141-157.
- **Samia Ghomari, Décembre 2015, Sidi Bel Abbés and Mostaganem University** Contribution à la production de la semence de pomme de terre tolérante à la salinité Conférence.
- **Sidikou Seyni et al., 2005,** la microtubérisation chez la pomme de terre – voie d'amélioration et d'adaptation de la qualité nutritionnelles des tubercules, Auteur correspondant : rsidikouseyni@yahoo.com
- **Slimmon T., Souza Machado V., Coffin R., (1989).** The effect of light on in vitro microtuberization of potato cultivars. American Potato Journal 66, 843 -848.
- **Site Web de l'Autorité européenne de sécurité des aliments,** section Actualités. Accessible à l'adresse : http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale1178620753816_1211902778363.htm, consulté le 27 janvier 2010.

III. Rapports statistiques

- **ITCMI, 2003.** Programme d'action de la filière pomme de terre. Support CD-Rom. Alger
- **CNCC., 2002.** «Bilan de contrôle en végétation du programme de multiplication des plants de pomme de terre ».Alger
- **CNCC., 1995.** « Le C.N.C.C présentation et organisation » ; Alger.
- **CIPT., 1990.** « La pomme de terre maladies et nématodes ». Centre International de la Pomme de Terre. Ed Apartado 5969, Lima-Pérou. 50p.
- **MADR, 1994.** «Programme de développement de la culture de pomme de terre».Alger
- **Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, 2010.** Rapport sur la situation agricole de l'Algérie.

- **OMARI C., 2009**, "la filière pomme de terre en Algérie". In Revue Filaha-innové. Ed. Magvet. n°1111-4762. p.19. Alger.

IV. Thèses et Mémoires

- **Baouz M., 2009**, « Eude de la filière semence de pomme de terre en Algérie » Mémoire d'ingénieur, INA.94p.
- **BELABBAS Meryem, 2010**, Sélection de cals de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) var. Kondor et Spunta) tolérants à la salinité, spécialité : Biotechnologie végétale.
- **GHOMARI Samia**, Production de variants de pommes de terre (*Solanum tuberosum* L.) tolérants au stress salin, Thèse de Doctorat des Sciences, Option : Biotechnologie Végétale, Octobre 2014.
- **HIMOUR Sara**, Etude comparée de régénération de plants par voie végétative en culture in vitro, Option : Biodiversité et Production Végétale.
- **KADI Zahia, 12/03/2012**, diplôme de Doctorat en Sciences Option : Biologie végétale Sélection de l'orge (*Hordeumvulgare* L.) pour la tolérance aux stress abiotiques.
- **KECHID Maya, 2005**, Physiologie et Biotechnologie de la Microtubérisation de la Pomme de Terre *Solanumtuberosum*. L.,.
- **LAHOUEL Zeyneb, 24/10/2015**, étude diagnostique de la filière de pomme de terre dans la région de Tlemcen, Cas de deux fermes pilotes : Hamadouche et Belaidouni.
- **Nathalie DRUART, 02 février 1999**, La mise en place de la tubérisation chez la chicorée (*Cichorium intybus* L.) -Evolution des métabolismes azoté et carboné.
- **Nur Mohammad TALUKDER, 1983**, Contribution à l'étude du rôle de quelques glycoalcaloïdes sur la croissance systèmes et stolonifère et sur la tubérisation de germes de pomme de (*Solanumtuberosum* L) cultivés in vitro, université des sciences et techniques de Lille.
- **Pierre DELAPLACE, 2007**, Caractérisation physiologique et biochimique du processus de vieillissement du tubercule de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.).
- **Stéphane DESIRE, 21 décembre 1993**, Dormance et germination des microtubercules de pomme de terre (*Solanumtuberosum* L.) produits invitro. Recherche de marqueurs de l'âge physiologique.
- **Tria M., 2009**. Analyse de la compétitivité de la filière pomme de terre en Algérie : cas de la région centre (Ain Defla).Thèse Magister, ER, ENSA, Alger. 107 Pages.
- **ZEBAR Ahmed, 2012**, Etude des aptitudes de production des semences de pomme de terre en cultures hors sol, option : Ecologie - environnement.

v. **Sites internet consultés**

- <http://FAO.org>
- <https://www.researchgate.net/publication/269699936>
- <http://www.tandfonline.com/loi/tabg17>
- <http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=tabg20>
- <http://www.rsidikouseyni@yahoo.com>
- <http://faostat.fao.org/site/368/DesktopDefault.aspx?PageID=368#ancor>,
- <http://www.potato2008.org/fr/pommedeterre/IYP-6fr.pdf>
- http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753816_1211902778363.htm
- www.encyclopédiegratuite.fr