

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT DE SCIENCE AGRONOMIE



Réf :/UAMOB/E.SNV.ST/DEP. AGRO/2023

MÉMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER

Domaine: SNV **Filière :** Sciences Agronomiques

Spécialité: PHYTOPATHOLOGIE

Présenté par:

ELAMOURI Riadh

Thème

Évaluation de la contamination fongique des pommes de terre observées en culture in-vitro.

Soutenu le : 03/07/2023

Devant le jury composé de:

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>.Mr LAMINE S</i>	<i>MCA</i>	<i>Université de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>.MEBDOUA S</i>	<i>MCA</i>	<i>Université de Bouira</i>	<i>Examineur</i>
<i>MELOUK S</i>	<i>MAA</i>	<i>Université de Bouira</i>	<i>Promotrice</i>

Année Universitaire: 2022/2023

DÉDICACE

Dédicace

Je ne peux commencer sans évoquer le nom d'ALLAH le tout puissant qui m'a donné la patience, la santé, le courage et la force tout le long de ma vie

Je didie ce modeste travail

En cette heureuse occasion, et avec un cœur ouvert. Aimeriez- moi offrir mes salutations chaleureuses à tous les gens qui mettent leur confiance en mes capacités.

Surtout mes parents merveilleux. Qui m'ont donné la vie. Et tout leur amour, Je leur souhaite-les longé vié et santé.

Je tiens à exprimer mes profondes reconnaissances à Monsieur Dr : LAMINE .S pour son soutien, son aide, ses conseils et la confiance qui nous a accordé, J'ai admiré sa sympathie et sa simplicité.

À tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce modeste travail plus sinséres sans oublier Mon promotriceMD Melouk

Elamouri Riadh

REMERCIEMENTS

Remerciements

Je remercie avant tout Allah de nous avoir gardés en bonne santé afin de mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à exprimer ici mon profond respect et ma gratitude à mon promotrice Madame Melouk qui ma a encouragés, soutenu, suivi et orienté tout au long de l'évolution de ce travail, Ainsi que le personnel de l'université de Bouira surtout les enseignants de département des Sciences de la Nature et de la vie et des Sciences de la Terre.

Ma plus profonde gratitude va bien évidemment à Dr Ahmed Zebar le directeur de laboratoire de production et d'amélioration des semences de pomme de terre de l'Institut National de la Recherche Agronomique Sebain wilaya de Tiaret

Je remercie également madame Ramla qui Ma encouragés pendant tous le Travail.

Enfin, j'associe à cet hommage mes amis et collègues ; ainsi que ma familles, proches et à tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation et la réussite de ce travail.

Elamouri Riadh

RÉSUMÉ

Résumé

La présente étude a été réalisée sur des tubercules de pomme de terre (*Solanum tuberosum L*) IN vitro afin de connaître les différents Contamination fongique de pomme de terre in vitro. L'isolement des moisissures phytopathogènes a été réalisé en coupant la partie contaminée du vitro plant et en les plaçant sur des boîtes de Petri contenant le milieu de PDA. L'incubation est réalisée à une température de 28°C pendant 7 à 15 jours. Par la suite, Les souches obtenues sont purifiées sur le même milieu de culture.

Ensuite, l'identification est réalisée par l'étude microscopique des isolats. Cette identification a permis de caractériser 9 genres fongiques avec des fréquences différentes. Les deux espèces les plus dominantes sont : *Aspergillus niger* (25%) et *Acremonium* (18,75%) suivi de *Penicillium spp* et *Verticillium spp* avec un pourcentage de 12,5% chacun et enfin *Absidia spp*, *Alternaria alternata*, *Fusarium spp*, *Fusarium solani*, et *Cladosporium* avec 6,25% de fréquence pour chacun.

Abstract

The present study was carried out on potato (*Solanum tuberosum L*) tubers in vitro in order to identify the different fungal contamination of potatoes in vitro. Phytopathogenic moulds were isolated by cutting off the contaminated part of the in vitro plant and placing them on Petri dishes containing PDA medium. Incubation took place at 28°C for 7 to 15 days. The strains obtained are then purified on the same culture medium.

The isolates were then identified by microscopic study. This identification made it possible to characterise 9 fungal genera with different frequencies. The two most dominant species are : *Aspergillus niger* (25%) and *Acremonium* (18.75%) followed by *Penicillium spp* and *Verticillium spp* with a percentage of 12.5% each and finally *Absidia spp*, *Alternaria alternata*, *Fusarium spp*, *Fusarium solani*, and *Cladosporium* with a frequency of 6.25% each.

المخلص

أجريت الدراسة الحالية على درنات البطاطس (*Solanum tuberosum L*) لمعرفة التلوث الفطري للبطاطس في المختبر تم عزل القوالب الممرضة للنبات عن طريق قطع الجزء الملوث من النبات المختبر ووضعها على أطباق بتري تحتوي على وسط PDA. تتم الحضانة عند درجة حرارة 28 درجة مئوية لمدة 7 إلى 15 يومًا. بعد ذلك، يتم تنقية السلالات التي تم الحصول عليها على نفس وسط الاستزراع بعد ذلك، يتم التعرف عن طريق الدراسة المجهرية للعزلات .

جعل هذا التعريف من الممكن توصيف 9 أجناس فطرية بترددات مختلفة النوعان الأكثر انتشارًا هما:

Verticillium و *Penicillium spp* يليه (*Aspergillus niger* (25%) *Acremonium* (18.75%
spp بنسبة 12.5% لكل منهما ، وأخيرًا *Absidia spp* ، و *Alternaria alternata* ، و *Fusarium*
spp ، و *Cladosporium* ، و *Fusarium solani* بتردد 6.25% لكل منهما.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
I.1. ORIGINE :.....	2
I.2. PRODUCTION DE LA POMME DE TERRE	2
I.2. A. DANS LE MONDE	2
I.2. B.EN ALGÉRIE	4
I.3. CARACTÉRISTIQUES BOTANIQUES DE LA POMME DE TERRE	6
I.3. A.POSITION TAXONOMIQUE : SA CLASSIFICATION EXHAUSTIVE EST PRÉSENTÉE PAR HAWKES, 1990	6
I.3. B.DESCRPTION BOTANIQUE DE LA PLANTE	6
I.3. C.DESCRPTION DE L'APPAREIL AÉRIEN	6
I.3.D.DESCRPTION DE L'APPAREIL SOUTERRAIN	7
I.3. E.STRUCTURE EXTERNE DU TUBERCULE	7
I.3. F. STRUCTURE INTERNE DU TUBERCULE	7
I.4. CYCLE DE REPRODUCTION ET PHYSIOLOGIE	9
I.4. A.CYCLE SEXUÉ	9
I.4. B. CYCLE VÉGÉTATIF	9
I.4. C.DORMANCE	9
I.4. D.GERMINATION	9
I.4. E. CROISSANCE	10
I.4. F. TUBÉRISATION	10
I.4. G. VARIÉTÉS	10
I.5. PROPAGATION DE LA POMME DE TERRE	11
II.2-MULTIPLICATION IN VITRO.....	13
II.2.1.-HISTORIQUE	13
II.2.2-BIOTECHNOLOGIE ET AMÉLIORATION DE LA POMME DE TERRE :	14
II.2.3- DÉFINITION CULTURE DES TISSUS IN VITRO	14
II. 2.4. MILIEU DE CULTURE	14

II.2.5- TECHNIQUE DE LA CULTURE IN VITRO	14
LA MICROPROPAGATION	14
RÉGULATEURS DE CROISSANCE :	15
II.2.6- VARIATION SOMACLONALE	16
II.2.7-TRANSFORMATION GÉNÉTIQUE	16
II.2.8-LES AVANTAGES DE LA CULTURE IN VITRO DE LA POMME DE TERRE :.....	17
I.2.9-INCONVÉNIENTS.....	18
III.1. GÉNÉRALITÉS SUR LA CULTURE HORS-SOL	43
III.1.1. DÉFINITION	43
III.1.2. HISTORIQUE	43
III.1.3. L'INTÉRÊT DE CULTIVER HORS SOL.....	43
III.1.4. EXIGENCES DES CULTURES HORS SOL	44
III.1.5. FACTEURS INDISPENSABLES POUR LA CULTURE HORS-SOL	44
III.1.5.1. LES BESOINS ÉNERGÉTIQUES LA LUMIÈRE	45
III.1.4.2. LES BESOINS EN MATÉRIAUX :.....	45
III.2. DÉFINITION DU SUBSTRAT DE CULTURE :.....	46
III.2.1. PRINCIPAUX SUBSTRATS UTILISÉS EN CULTURE HORS-SOL :	46
III.2.1.1. LES SUBSTRATS MINÉRAUX.....	47
III.2.1.1.1. ARGILE EXPANSÉE :.....	47
III.2.1.1.2. LAINE DE ROCHE :.....	48
III.2.1.1.3. VERMICULITE :	48
III.2.1.2. LES SUBSTRATS ORGANIQUES	49
III.2.1.2.1. POLYSTYRÈNE	49
III.2.1.2.2. TERREAU :.....	49
III.2.1.2.3. LA TOURBE :.....	49
III.3. LES SYSTÈMES DE CULTURE HORS SOL	50
III.3.1. LE RUISSÈLEMENT NUTRITIF OU (NFT)	50
III.3.2. SYSTÈME AÉROPONIE	50
IV. MATÉRIEL ET MÉTHODE	52

IV.1. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL	52
IV.2.OBJECTIFS DU PROJET	52
IV.3. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL	53
IV.4. RÉSEAU DE DISTRIBUTION DE LA SOLUTION NUTRITIVE	53
IV.5.SYSTÈME NFT	54
IV.6.MATÉRIEL VÉGÉTAL	54
IV.7.CARACTÈRES DESCRIPTIFS DES VARIÉTÉS	55
IV.7.1.VARIÉTÉ DÉSIRÉE	55
A-ORIGINE GÉNÉTIQUE :.....	55
IV.7.2.VARIÉTÉ SPUNTA	56
ORIGINE GÉNÉTIQUE	56
IV.7.3.VARIÉTÉ CHUBAEK	57
ORIGINE GÉNÉTIQUE	57
IV.8.MILIEU DE CULTURE UTILISÉ	57
IV.8.1.SYSTÈME HYDROPONIQUE	57
IV.8.2.SYSTÈME DE CULTURE SUR SUBSTRAT	58
IV.9.PRÉPARATION DES SOLUTIONS NUTRITIVES :	58
IV.9.1.ÉTAPES DE PRÉPARATION DE LA SOLUTION NUTRITIVE	58
IV.9.2.MÉTHODE DE CALCUL DES SOLUTIONS	59
IV.9.3.SOLUTION MÈRE POUR LA CHAMBRE D'ACCLIMATATION	59
IV.9.4.SOLUTION MÈRE POUR LA SERRE :	59
IV.10.CONDUIT DE L'EXPÉRIMENTATION	60
IV.10.1.CULTURE DU MÉRISTÈME	60
IV.10.2.MICRO PROPAGATION :	60
A-MILIEUX DE CULTURE DE MICRO PROPAGATION	61
B-PRÉPARATION DE LA SOLUTION MÈRE DE MACROÉLÉMENTS	61
C-PRÉPARATION DE LA SOLUTION MÈRE DE MICROÉLÉMENTS	61
D-PRÉPARATION DE LA SOLUTION MÈRE DES HORMONES	61
E-PRÉPARATION DU MILIEU MS (MURASHIGE ET SKOUG, 1962)	61

F-STÉRILISATION DU MILIEU DE CULTURE	62
G-STÉRILISATION DES EXPLANTS DE POMME DE TERRE	62
IV.11.MISE EN CULTURE	63
IV.11.1.MISE EN CULTURE DES EXPLANTS À PARTIR DES VITRO PLANTS	63
IV.11.2.INCUBATION DES EXPLANTS :	63
IV.11.3.ISOLEMENT DE L'AGENT PATHOGÈNE :	63
IV.11.4.REPIQUAGE ET PURIFICATION	64
IV.12.IDENTIFICATION DES MOISSURES	65
IV.12.1. IDENTIFICATION MACROSCOPIQUE	65
IV.12.2. IDENTIFICATION MICROSCOPIQUE	65
IV.13.ACCLIMATATION DES PLANTULES OBTENUES IN VITRO	66
IV.14.PLANTATION	67
IV.14.1.PLANTATION EN SYSTÈME HYDROPONIQUE	67
IV.14.2.PLANTATION SUR SUBSTRAT :.....	68
IV.15.MODALITÉS D'INJECTION DE LA SOLUTION NUTRITIVE	69
IV.16.ENTRETIENS ET SOINS APPORTÉS :.....	70
IV.17.DÉFEUILLAGE :	70
IV.18.TUTEURAGE :.....	70
IV.19.TRAITEMENT PHYTOSANITAIRE :	70
IV.20.CALENDRIER CULTUREL :	71
IV.21.CHOIX DES DATES DE PRÉLÈVEMENTS :.....	71
V. RÉSULTATS ET DISCUSSION	72
V.1. IDENTIFICATION DES SOUCHES FONGIQUES ISOLÉES	72
V.1.A. <i>FUSARIUM SPP</i>	72
V.1.B. <i>VERTICILLIUM SPP</i>	73
V.1.C. <i>ALTERNARIA SP</i> :.....	73
V.1.D. <i>ASPERGILLUS NIGER</i> :.....	74
V.1.E. <i>PENICILLIUM SPP</i>	75
V.1.F . <i>FUSARUIM SOLANI</i>	76

V.1.G . <i>ACREMONIUM SP</i>	76
V.1.H . <i>ABSIDIA SPP</i>	77
V.1.I. <i>CLADOSPORIUM SP</i>	77
V.2.DISCUSSION	78
CONCLUSION.....	78
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUE.....	79
ANNEXE.....	83

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

FIGURE 01 : CYCLE VÉGÉTATIFS DE LA POMME DE TERRE	8
FIGURE 02 : MICRO PROPAGATION DE LA POMME DE TERRE PAR CULTURE IN VITRO.	18
FIGURE 03 : LE LABORATOIRE DE PRODUCTION ET D'AMÉLIORATION DES SEMENCES DE POMME DE TERRE DE L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE D'ALGÉRIE	53
FIGURE 4 : PHOTO DE LA VARIÉTÉ DÉSIRÉE ENTIÈRE, EN COUPE ET LE GERME.	55
FIGURE 05 : PHOTO DE LA VARIÉTÉ SPUNTA ENTIÈRE, EN COUPE ET LE GERME.	56
FIGURE 06 : PHOTO DE LA VARIÉTÉ CHUBAEK ENTIÈRE, EN COUPE ET LE GERME.....	57
FIGURE 07 : INCUBATION DANS UNE CHAMBRE DE CULTURE (ORIGINAL).	63
FIGURE 08 : LES VITRO PLANTS CONTAMINÉE DE POMME DE TERRE (ORIGINAL).....	64
FIGURE 09 : REPIQUAGE ET PURIFICATION DES SOUCHES (ORIGINAL).....	64
FIGURE 10 : OBSERVATION MICROSCOPIQUE DES SOUCHES	65
FIGURE 11 : PROPAGATION DES VITRO PLANTS.....	66
FIGURE 12 : CULTURE EN HYDROPONIE.....	68
FIGURE 13 : CULTURE SUR SUBSTRAT (TOURBE NOIRE).....	69
FIGURE 14 : FORME MICROSCOPIQUE DE <i>FUSARIUM SPP</i> (GX40).....	72
FIGURE 15 : FORME MICROSCOPIQUE DE <i>VERTICILLIUM SP</i> (GX40).....	73
FIGURE 16 : FORME MICROSCOPIQUE D' <i>ALTERNARIA SP</i> (GX40).....	73
FIGURE 17 : FORME MICROSCOPIQUE D' <i>ASPERGILLUS NIGER</i> (GX40)	74
FIGURE 18 : FORME MACROSCOPIQUE DE <i>PENICILLIUM SPP</i> (Gx40)	75
FIGURE 19 : FORME MACROSCOPIQUE DE <i>PENICILLIUM SPP</i> (Gx40)	75
FIGURE 20 : FORME MICROSCOPIQUE DE <i>FUSARIUM SOLANI</i> (Gx40).....	76
FIGURE 21 : FORME MICROSCOPIQUE DE <i>ACREMONIUM SP</i> (GX40).....	76
FIGURE 22 : FORME MICROSCOPIQUE DE <i>ABSIDIA SPP</i> (Gx40).....	77
FIGURE 23 : FORME MICROSCOPIQUE DE <i>CLADOSPORIUM SP</i> (Gx40)	77
FIGURE 24 : RÉPARTITION DES FRÉQUENCES DES ESPÈCES FONGIQUES OBTENUES.....	78

INTRODUCTION

Introduction Générale

La pomme de terre *Solanum tuberosum* L. appartient à la famille des Solanacées originaires des pays andins, connue à l'échelle mondiale par sa grande consommation est classée en deuxième position après les céréales (Meziane d, 1991).

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).

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. Ces semences importées ne présentent pas souvent les qualités requises et leur génotype n'est pas toujours conforme à nos conditions édaphoclimatiques (Anonyme 2002).

De même la semence peut présenter quelques contaminations virales 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. Pour faire face à ces problèmes, plusieurs pays ont introduit les techniques de micropropagation et de micro tubérisation dans l'industrie de production de semences, ces techniques restent encore peu utilisées en Algérie , Dans ce cadre, il était intéressant d'étudier la microtubérisation afin de produire des micro tubercules (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 nous pouvons les conserver pour une longue durée jusqu'au moment de leur utilisation, nous pouvons 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.

Le travail que nous avons proposé s'inscrit dans le but d'améliorer l'état sanitaire des semences et d'obtenir des cals 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. Afin de réaliser ces objectifs : notre travail s'est attelé à étudier la calogènes en utilisant les techniques de cultures in vitro et en se basant sur l'effet du génotype, et du milieu de culture.

CHAPITRE I

Le présent chapitre propose un aperçu des principaux concepts de base en relation avec la pomme de terre afin de connaître l'aspect primordial de notre recherche est d'avoir un canevas général de l'ensemble des Techniques d'amélioration et de production de pomme de terre.

I.1. Origine :

La pomme de terre a pris naissance dans les pays andins et plus particulièrement près de Littoral du Pérou, 8000 à 9000 ans avant JC. Les Incas l'ont cultivé sous le nom de papa et elle porte toujours ce nom en Amérique latine. Les zones les plus riches en espèces sont le centre du Mexique. L'habitat s'étage de 0 à 4000 m et regroupe des zones de type arbustifs et prairial (Anonyme, 2000). Il n'existe aucune documentation qui précise la date d'arrivée de cette plante en Europe. Nous pensons, cependant, que la pomme de terre arriva quelques années avant la fin du XVIème siècle et ceci par deux entrées ; la première en Espagne vers 1570 et la seconde aux îles Britanniques (1588-1593) (Rousselle et al., 1996).

En Algérie, la pomme de terre a probablement, été introduite une première fois au XVIème siècle par les Maures andalous qui ont propagé les autres cultures dans la région comme par exemple : la tomate, le poivron, le maïs, et le tabac puis elle est tombée dans l'oubli n'ayant suscité d'intérêt.

Dans la deuxième moitié du XIXème siècle, les colons vont la cultiver pour leur usage, car les algériens y sont réticents malgré les disettes successives. C'est la dernière grande famine des années 30/40 qui viendra à bout de cette opposition (Meziane, 1991).

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L) appartient à la famille des Solanacées, genre *Solanum* (Quezel et Santa, 1963), comprend 1000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (Dore et al., 2006 ; Hawkes, 1990) , on pensait autrefois que la pomme de terre était issue d'une plante sauvage unique, l'espèce (*S. tuberosum*), dès 1929, les botanistes ont montré que cette origine était plus complexe et que l'on retrouvait parmi les ancêtres des espèces de pomme de terre cultivées, des plantes sauvages différentes (Rousselle et al., 1992 ; Dore et al., 2006).

I.2. PRODUCTION DE LA POMME DE TERRE

I.2. A. Dans le monde

La pomme de terre est une récolte végétale d'importance économique dans le monde entier. Les cultivateurs produisent environ 325 millions de tonnes de

pomme terres annuellement (livre du monde, 2000), alors que la production était de 100 millions de tonnes dans les années 90 et de 30 millions de tonnes dans les années 60.

Durant ces dix dernières années, la production a augmenté annuellement de 4,5% en moyenne, alors que celle de la superficie de plantation a augmenté de 2,4% (CIP, 1998).

Durant l'année 2017, la production mondiale est de 388 millions de tonnes sur une superficie de 193 millions d'hectares. L'Asie est le plus grand producteur de pomme de Terre représentant plus de 48.1% de la production mondiale, l'Europe occupe une seconde place avec 32,9%, puis l'Amérique avec 11.6%. La production de l'Afrique reste la plus faible (6,8%) (FAO Stat, 2019).

Dans le monde de la nutrition, la pomme de terre occupe la quatrième place après le blé, le riz et le maïs (CIP 1995).

Les principaux producteurs de pomme de terre au monde sont présentés dans le tableau 1

Tableau 1 : Les principaux producteurs de pomme de terre au monde (FAO, 1998)

Production mondiale	290,2(million de tonnes)
Chine	47.8 (million de tonnes)
Russie	31.3 (million de tonnes)
Pologne	25.9 (million de tonnes)
Pologne	25.9 (million de tonnes)
Etats-Unis	21.4 (million de tonnes)
Inde	19.2 (million de tonnes)
Ukraine	17.5 (million de tonnes)

La Chine avec 99 millions de tonnes est devenue le plus grand producteur de la pomme de Terre devant l'Inde avec 43 millions de tonnes, elle est suivie de la Russie et l'Ukraine. Ces pays représentent 40% du marché mondial. Dans le tableau 01 sont regroupées des données sur la production de la pomme de Terre par les principaux producteurs :

Tableau 02 : Principales pays producteurs de pomme de terre. (Atlasbig.com.2018-2020)

Paye	Production (T)	Superficie (Ha)	Rendement (kg/Ha)
République populaire de chine	99.122.420	5.815.140	17.045,6
Inde	43.770.000	2.130.000	20.549,3
Fédération de Russie	31.107.797	2.030.858	15.317,6
Ukraine	21.750.290	1.311.600	16.583
Etats-Unis d'Amérique	19.990.950	407.810	49.020,3
Allemagne	10.772.100	242.500	44.421
Bangladesh	9.474.099	475.699	19.916,2
Pologne	8.872.445	3110620	19.916,2
France	6.834.680		

I.2. B.En Algérie

La pomme de terre est l'un des produits les plus importants pour l'alimentation de la population algérienne : elle occupe la deuxième place après le blé.

Selon un rapport de la FAO, L'Algérie occupe la deuxième place, après l'Egypte, dans la production de la pomme de terre en Afrique.

La production en Algérie est en évolution (tableau 03), en 2003, nous avons noté des niveaux de production jamais atteints par le passé : 18 799 180 quintaux.

Les chiffres présentés dans le rapport indiquent que la production nationale a dépassé le seuil de trois millions de tonnes durant l'année 2010. Elle est cultivée sur une superficie estimée à 126 milles hectares, La moyenne à hectare a atteint 26 tonnes (moyenne nationale).

Ain Defla est classée première ville productrice de pomme de terre au niveau national avec un taux de 14%.

L'Algérie avec l'Egypte, l'Afrique du sud et le Maroc fournissent 80% de la production de pomme de terre en Afrique (CIP1, 1999). Ce pourcentage reste insuffisant car la production Algérienne ne couvre pas la demande du consommateur.

La semence en Algérie reste toujours un problème à résoudre. Les statistiques de l'union européenne (2002) classe l'Algérie comme premier pays importateur des produits agricoles de l'UE (à partir des douze états partenaires sud méditerranéen)

avec un volume de 1,206 milliard d'euros. Parmi ces importations, nous notons 64 millions d'euros pour la semence de pomme de terre.

La production a quadruplé entre les années 2000 et 2017 passant approximativement de 10 millions de quintaux à plus de 40 millions de quintaux. Le quadruplement de la production entre 2000 et 2017 est le résultat de deux facteurs:

- Le doublement de la superficie consacrée à la pomme de terre qui passe de 64 694 ha à 129821ha.
- Le doublement du rendement passant d'approximativement 160 quintaux/ha à plus de 320 quintaux/ha.

Cette augmentation de la production de pomme de terre a entraîné une plus grande disponibilité pour le consommateur : celle-ci a été multipliée par 2,5 entre les années 1988-2002 et les années 2012-2017 pour passer approximativement de 40 kg/habitant à plus de 100 kg/habitant.

Ceci pour la pomme de terre de consommation, pour la pomme de terre de multiplication(semence) à vue sa surface totale réservée doubler entre l'année 2013 et 2019 et les rendements multipliés par deux grâce à la participation des fermes pilotes (86 fermes à l'échelle nationale) gérées par des cadres (ingénieurs) nationaux.(MADR-2019).

Tableau3 : La production de pomme de terre en Algérie (Statistique de pomme, de terre, 2004 : Direction des Services Agricoles de la wilaya de Constantine.

Années	Production en quintaux
1990	8 085 410
1991	10 773 480
1992	11 575 250
1993	10 652 210
1994	7 159 360
1995	12 000 000
1996	11 500 000
1997	9 475 180
1998	11 000 000
1999	9 962 680
2000	12 076 900
2001	9 672 320
2002	761 800
2003	18 799 180

I.3. Caractéristiques botaniques de la pomme de terre

I.3. A. Position taxonomique : Sa classification exhaustive est présentée par Hawkes, 1990

- Règne : Plantae (Végétaux supérieurs)
- Embranchement : Spermatophytes
- Sous-embranchement : Angiospermes
- Classe : Dicotylédones
- Sous-classe : Asteridae
- Ordre : solanales
- Famille : Solanaceae
- Genre : Solanum L.
- Sous-Genre : Potatoe(G. Don) D'Arcy
- Section : PetotaDumort
- Sous-section : Potatoae
- Super-série : Rotata
- Série/Groupe :Tuberosa (cultivées)
- Espèce : Tuberosum
- Sous-espèce : Tuberosum

I.3. B. Description Botanique de la plante

La plante est une espèce herbacée vivace par ces tubercules mais cultivée en culture annuelle selon Rousselle et al., (1996) ; La plante comporte à la fois des tiges aériennes et des tiges souterraines (Darpoux et Debelley, 1967). Les mâles sont stériles (environ 1/3 des variétés), Les fruits sont des baies qui peuvent contenir jusqu'à 200 graines. Les tubercules sont à la fois l'organe de multiplication et de consommation. Tous ses caractères morphologiques sont très variables et une caractéristique variétale plus ou moins influencée par le milieu (Gallais et Bannerot, 1992).

I.3. C. Description de l'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 folioles 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.

I.3.D. Description de l'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).

I.3. E. Structure externe du tubercule

A l'extrémité apicale du tubercule, ou couronne, se trouve le bourgeon terminal ou apical tandis qu'à l'opposé, du côté proximal, se trouve le point d'attache du stolon, l'ombilic (Fig.1). 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).

I.3. F. Structure interne du tubercule

En coupe longitudinale d'un tubercule mature, on distingue de l'extérieur vers l'intérieur : le péri derme, 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). 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).

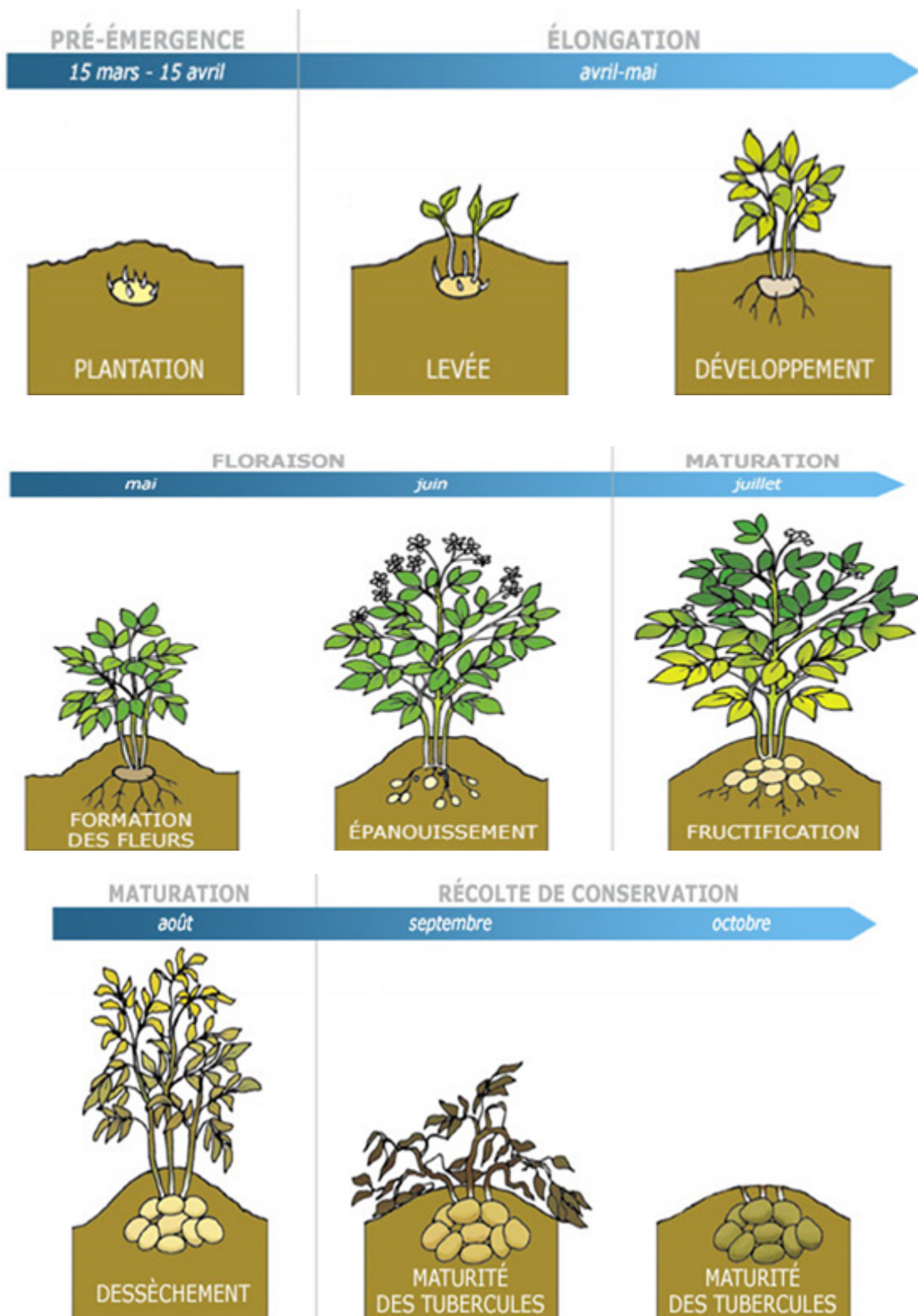


Figure 01 : Cycle végétatifs de la pomme de terre (Anonyme, 1998)

I.4. Cycle de reproduction et physiologie

I.4. A. Cycle sexué

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

La pomme de terre est très peu reproduite par graines dans la pratique agricole, cependant la graine est l'outil de création variétale (Soltner, 2005). La germination est épigée et les cotylédons sont portés au-dessus du sol par le développement de l'hypocotyle. En conditions favorables, quand la jeune plante a seulement quelques centimètres de hauteur, les stolons commencent à se développer d'abord au niveau des cotylédons puis aux aisselles situées.

I.4. B. Cycle végétatif

Le tubercule n'est pas seulement un organe de réserve, c'est aussi un organe qui sert à la multiplication végétative. Cette dernière se déroule en quatre étapes :

- La dormance
- La germination
- La croissance
- La tubérisation

I.4. C. Dormance

Après la récolte, la plupart des variétés de pommes de terre traversent une période où le tubercule ne germe pas, quelles que soient les conditions de température, d'éclairage et d'humidité. Il s'agit de la période de dormance, et sa durée dépend beaucoup de la variété et des conditions d'entreposage, et surtout de la température (Peron, 2006). Pour hâter la germination, on peut traiter chimiquement les tubercules de semence ou les expose alternativement à des températures élevées et basses (Anonyme, 2003).

I.4. D. Germination

Selon Ellisseche (2008), lorsqu'un tubercule est placé dans des conditions d'environnement favorables (16-20°C, 60-80% d'humidité relative) aussitôt après la fin de son repos végétatif, il commence à germer. Après une évolution physiologique interne les tubercules deviennent capables d'émettre des bourgeons, une évolution interne du tubercule conduit d'abord à un seul germe qui se développe lentement

et dans ce cas c'est toujours le germe issu du bourgeon terminal qui inhibe les autres bourgeons : ce phénomène est la dominance apicale (Soltner, 2005a). Puis un petit nombre de germes à croissance rapide se développent. Ensuite un nombre de plus en plus élevé de germes démarrent, traduisant une perte progressive de la dominance apicale.

Ils s'allongent lentement, se ramifient, deviennent filiformes et finalement tubérisent. (Bernhards, 1998).

I.4. E. Croissance

Une fois le tubercule mis en terre au stade physiologique adéquat, les germes se transforment en dessous du sol en tiges herbacées pourvues de feuilles ce qui rend la plante autotrophe dès que la surface foliaire atteint 300 à 400 cm² (Rousselle et al., 1996). Les bourgeons axillaires donnent, au-dessus du sol des rameaux, et en dessous, des stolons (Soltner, 2005).

I.4. F. Tubérisation

Le tubercule est la justification économique de la culture de pomme de terre puisqu'il constitue la partie alimentaire de la plante et en même temps, son organe de propagation le plus fréquent. Ce phénomène de tubérisation commence d'abord par un arrêt d'élongation des stolons après une période de croissance. La tubérisation est réalisée dès que le diamètre des ébauches est le double de celui des stolons qui les portent. Outre les processus de multiplication cellulaire, le grossissement des ébauches de tubercules s'effectue par accumulation dans les tissus des substances de réserve synthétisées par le feuillage. Ce grossissement ralentit puis s'arrête au cours de la sénescence du feuillage (Bernhards, 1998).

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).

I.4. G. Variétés

Les variétés de la pomme de terre sont extrêmement élevées, chaque variété possède une description officielle basée sur de nombreux caractères morphologiques et quelques caractères physiologiques lui permettant d'être toujours identifiable, différenciable visuellement des autres variétés (Peron, 2006). Toutefois, certains caractères descriptifs peuvent légèrement varier en fonction de l'époque et du lieu de culture. Les objectifs de production poursuivis dépendent du

type de culture (Reust, 1982) :

- Pomme de terre primeur : limiter le nombre de tubercules au profit de leur grosseur et d'une extrême précocité, les principales variétés utilisées sont Nicola, Diamant, Roseval, Yesmina, Timate et Charlotte.
- Pomme de terre plant : nombre élevé de tubercules de calibre moyen et d'une bonne précocité.
- Pomme de terre de consommation (marché du frais) : un nombre élevé de tubercules d'un calibre moyen à grand, sans toutefois dépasser le calibre supérieur.
- Les variétés les plus utilisées sont Desirée, Spunta, Diamant, Lisetta et Kondor

Pomme de terre de consommation (transformation industrielle) : un rendement élevé en tubercules et amidon.

I.5. Propagation de la pomme de terre

Selon FAO 2008 La propagation de la culture de la pomme de terre, originaire des Andes, dans le reste du monde est certes une belle aventure, mais elle a commencé par une tragédie.

La conquête du Pérou par les conquistadors espagnols, de 1532 à 1572, a détruit la civilisation inca et provoqué la mort - à cause de la guerre, des épidémies et du désespoir - d'au moins la moitié de la population.

Les conquistadors étaient venus chercher de l'or, mais le véritable trésor qu'ils ont rapporté en Europe c'est *Solanum tuberosum*. La première trace de la culture de la pomme de terre en Europe date de 1565, dans les îles Canaries. En 1573, elle est attestée en Espagne. Peu de temps après, les tubercules voyagent à travers l'Europe sous forme de présents exotiques : le roi d'Espagne en envoie au pape à Rome, qui en offre à l'ambassadeur auprès du Saint-Siège à Mons, et ce dernier à un botaniste à Vienne. Les pommes de terre, qui étaient déjà cultivées à Londres en 1597, gagnèrent la France et les Pays-Bas peu de temps après. Mais une fois que *Solanum tuberosum* eut droit de cité dans les jardins botaniques, elle suscita moins d'intérêt. Si l'aristocratie européenne trouvait ses fleurs admirables, elle jugeait les tubercules tout juste bons pour les cochons et les indigents. Les paysans superstitieux les tenaient pour vénéneux. Mais l'« ère des découvertes » avait commencé en Europe, et les marins furent parmi les premiers à apprécier la pomme de terre, qu'ils emportèrent pour se nourrir en mer. C'est grâce à eux

qu'elle parvint en Inde, en Chine et au Japon au début du XVII^{ème} siècle.

La pomme de terre fut particulièrement bien accueillie en Irlande, la fraîcheur du climat et les sols humides se révélant propices à sa culture. Lorsqu'ils émigrèrent aux États-Unis au début du XVIII^{ème} siècle, les Irlandais apportèrent le tubercule, qui fut dénommé « pomme de terre irlandaise ».

La propagation de la pomme de terre en tant que culture vivrière dans l'hémisphère Nord fut retardée par le poids des habitudes alimentaires mais aussi parce que qu'elle relevait du défi : comment une plante cultivée depuis des millénaires dans les Andes pouvait-elle s'adapter à un climat tempéré ? Une infime partie seulement de son riche réservoir de gènes avait quitté l'Amérique du Sud et il fallut attendre 150 ans pour qu'apparaissent des variétés adaptées aux longs jours d'été.

Ces variétés firent irruption à un moment critique. Dans les années 1770, la majeure partie de l'Europe continentale étant dévastée par la famine, l'importance de la pomme de terre pour la sécurité alimentaire devint une évidence. Le roi de Prusse, Frédéric le Grand, ordonna à ses sujets de s'adonner à sa culture pour compenser les mauvaises récoltes de céréales, tandis que le scientifique français Parmentier parvenait à prouver qu'elle était « comestible ». (A peu près à la même époque, de l'autre côté de l'Atlantique, le président nord-américain Thomas Jefferson faisait découvrir les frites à ses invités à la Maison-Blanche).

Après quelque hésitation, les agriculteurs d'Europe, y compris en Russie, où la pomme de terre était affublée du nom de « pomme du diable », commencèrent à la cultiver à grande échelle. Après avoir constitué la réserve alimentaire de l'Europe durant les guerres napoléoniennes, en 1815 la pomme de terre était devenue une culture de base dans le nord de l'Europe. A la même époque, au Royaume-Uni, la révolution industrielle transformait la société rurale, poussant des millions de paysans à venir grossir la population des villes. Dans les nouveaux centres urbains, la pomme de terre devint le premier aliment moderne facile à utiliser : énergétique, nourrissante, facile à cultiver sur de petites parcelles, bon marché et facile à cuisiner à peu de frais.

L'augmentation de la consommation de pommes de terre au XIX^{ème} siècle aurait contribué au recul du scorbut et de la rougeole, à l'accroissement du taux de natalité et à l'explosion démographique en Europe, aux États-Unis et dans l'Empire britannique.

CHAPITRE II

II.2-Multiplication in vitro

II.2.1.-Historique

Les premières tentatives pour maintenir en suivie des organes vivant isolés datent plus 130 ans ; il s'agissant alors de conserver vivants des fragments de queue de têtards de grenouilles.

Les premiers pas de la culture in vitro proprement dite sont dus à un allemand, G. Haberlandt, au début de siècle (1902). Il obtint ainsi, sur un milieu de Knop amélioré, la survie durant plusieurs mois de petits amas cellulaire (poils staminaux ou la survie durant plusieurs mois de petits amas cellulaire (poils staminaux ou glanduleux ou des fragments d'épiderme). Mais il n'y avait pas de multiplications cellulaires, et finalement, l'équipe d'haberlandt resta sur un échec. Ce furent les cultures de tissus animaux qui prirent le relais, et en 1912 Alexis Carrel, réussissait la culture indéfinie de cellules de cœur d'embryon de poulet par repiquage successif.

Il fallut attendre 1922 pour que de nouveaux espoirs apparaissent pour la culture de tissus végétaux.

Mais c'est en 1939 qu'il publie ses premiers résultats sur la culture indéfinie de tissus de carotte. Nobe court sur le même matériel, et White aux Etats_ Unis sur des tissus de tabac tumoral, publie, la même année, des résultats analogues. La culture in vitro de tissus végétaux a vraiment vu le jour à partir de ce moment-là.

En 1949 LIMASSET et COURNUET publiaient leurs observations sur l'absence de virus dans les méristèmes de tabac virosé. G.Morel et C.Martin mirent à profit ces observations et entreprirent de mettre en culture in vitro des méristèmes de Dahlia et de pomme de terre atteints de maladies à virus. A partir de ces méristèmes, ils obtinrent in vitro des plantes entières qui furent remises en culture normale et se révélèrent saines au contrôle.

Après avoir distancé, jusqu'en 1934, la culture des tissus végétaux, la culture de tissus animaux n'a pas fait par la suite de progrès spectaculaires. Par contre la culture in vitro de cellules ou de tissus ou d'organes de plantes a littéralement explosé dans tous les sens (Auge et al., 1989).

En 1955, la découverte de la kénétine, substance douée d'une puissante activité calogène, 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, 1984).

II.2.2-Biotechnologie et amélioration de la pomme de terre :

La multiplication végétative est un mode de reproduction qui se déroule en dehors des phénomènes de sexualité et qui permet la propagation d'individus génétiquement identiques (Robert et al., 1998). Ce phénomène ne fait pas intervenir la méiose, mais un autre processus très strict de division cellulaire, sans remaniement du nombre de chromosomes : la mitose, La multiplication végétative s'effectue naturellement et artificiellement, La pomme de terre est une plante modèle pour l'application des cultures in vitro et de toutes les techniques qui en découlent.

II.2.3- Définition Culture des tissus in vitro

La multiplication in vitro est un mode de reproduction asexué (reproduction végétative artificielle) (BOCCON-GIBBOD, 1989).

Le terme de culture in vitro est appliqué à toute culture sous verre (tube, bocal, etc...) en milieu aseptique. Le principe général consiste à prélever un fragment de tissu végétal, à le placer sur un milieu nutritif et provoquer grâce à un équilibre adéquat des éléments de culturelle développement d'une plantule. L'ensemble des opérations qui se déroulent en condition stériles est suivi d'une acclimatation sur un milieu approprié (BOUTHERIN et BRON,2002).

II. 2.4. Milieu de culture

Un milieu de culture est une solution aqueuse comprenant des sels minéraux, des éléments organique (sucres, vitamines, acide aminée) et éventuellement des phytohormones ou régulateurs de croissance. Cette solution aqueuse est la plupart du temps solidifiée par une substance extraite des algues : agar-agar ou gélose (AUGE, 1989 ; TEOULE, 1993).

II.2.5- technique de la culture in vitro

La micropropagation

La micro- propagation in vitro apporte un progrès considérable par rapport aux méthodes traditionnelles avec un taux de multiplication de 100 à 1000 fois plus élevé (Ochatte, 2005). Cette technique permet la multiplication végétative de plusieurs plantes alimentaires, médicinales, horticoles (Bretauveau, 2006).

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, 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 vitro plants indemnes de virus sont utilisés comme produit de départ.

L'analyse moléculaire des vitro plants propagés a prouvé que la micro propagation donne des vitro plants génétiquement stables (Potter et Jones, 1991). Les vitro plants 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 al., 1997).

La micro propagation in vitro est plus ou moins utilisée dans la production de plantes conformes pour les premières générations de multiplication. Selon LÊ (2001) pour produire des plantes génétiquement modifiées, la régénération doit donner des plantes conformes.

Régulateurs de croissance :

a- 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.

b-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 obtenu en présence de BAP et de CCC. En outre PALMER et SMITH (1969) ont montré que les Cytokinines tel que la Kinétine et la BA stimulent la formation des tubercules.

c- 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.

d- acide abscissique : Kraus et Marschner (1998) ont suggéré que l'ABA peut inhiber l'effet de gibbérelline.

e- éthylène : L'éthylène inhibe l'élongation du stolon (Vreugdenhil et Struik, 1989) et produit des tubercules morphologiquement incomplets et qui ne contiennent pas d'amidon (Catchpole et Hillman, 1969). Cependant les traitements avec l'éthylène exogène sont utilisés pour stimuler la germination des microtubercules

en stade de dormance (Suttle, 1998).

f- acide jasmonique : Dans des études récentes de (Pruski et al., 2002), l'utilisation de l'acide jasmonique à une concentration de moins de 5µm donnent un meilleur développement de racines et des tiges.

II.2.6- Variation somaclonale

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.

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 des tissus, des cellules, ou des organes qui ont pour objectif l'établissement de 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. Lors de la régénération de plant à partir de tissu in vitro, de nouveaux phénotype peuvent apparaître : ce phénomène appel variation soma-clonal. Elle est utilisable dans un programme d'amélioration génétique si le caractère nouveau héritable ; dans le cas de la pomme de terre il suffit qu'il soit transmissible et stable par multiplication végétatif. Cette méthode peut être intéressant aux parasite s'il possible de faire un tri in vitro par exemple avec le filtra cellulaire d'un champignon comme phytophthora infestas ou fusarium sp A l'heure actuelle, seule des résultats préliminaires ont été menées (Cassells et al. 1991 ; Tompson et al, 1986). Le problème rencontré est souvent celui de la cible puisque L'apparition d'un caractère utile est un événement rare et que l'on constate l'apparition de Caractère défavorable.

II.2.7-Transformation génétique

La pomme de terre est souvent pris comme plant modèle pour les recherches sur la transformation génétique est de nombreux travaux portent sur cette technique (Concilio et ai., 1990 ; Wastie et al., 1993). La transformation et la plus souvent, obtenue par l'intermédiaire du vecteur Agrobactérium tumefaciens ou rhizogenes. Des essais ont également été fait électrolocation. Les caractères visés

sont de type mono-génique. Les premières tentatives ont porté sur la résistance aux antibiotiques comme caractère marqueur. Ensuite, des plantes transformées ont été obtenues qui présentent des résistances au virus X, Y ou enroulement par incorporation du gène de la protéine capsidale ou gène induisant des erreurs dans la réplication, des résistances aux insectes grâce au gène de la toxine de *Bacillus thuringiensis*, une résistance à *Erwinia carotovora* par incorporation d'un lysozyme de bactériophage. Des travaux sont en cours qui concernent les qualités biochimiques du tubercule (type d'amidon, composition en acides aminés). Les résultats scientifiques de tous ces travaux sont très intéressants, toutefois le problème de l'utilisation pratique se pose : il est lié, d'une part, à la réglementation très restrictive sur la multiplication des organismes génétiquement modifiés hors des environnements confinés et, d'autre part, aux règles juridiques et commerciales de protection des obtentions végétales. Les essais en vraie grandeur sont de ce fait exceptionnels, cela devrait évoluer rapidement.

II.2.8-Les avantages de la culture in vitro de la pomme de terre :

La production de tubercules *in vitro* pourrait se substituer à la méthode actuelle du micro bouturage avec les avantages suivants :

- Possibilité de les stocker au froid pendant une longue durée et de cette façon la conservation des génotypes et réaliser ainsi des plantations déphasées soit sous abris ou en plein champ.
- Possibilité de pouvoir les planter mécaniquement en plein champ (semoir de précision à pois chiche), et possibilité d'enrobage (régulateurs de croissance, engrais et produits phytosanitaires)
- Facilité de leur transport d'une région ou d'un pays à l'autre, particulièrement les pays souvent très éloignés demandeurs de plants de très haute qualité.
- Production d'un tel matériel exigeant moins de moyens matériels en infrastructures donc en principe moins onéreuse.
- Production et disponibilité des micro tubercules à n'importe quelle époque de l'année.
- Ils peuvent être directement semés dans le sol.
- Problème de transmission de maladies écarté (en partie) vu que cette technique permet l'amélioration de l'état sanitaire du matériel végétal utilisé.
- Les microtubercules présentent l'avantage de pouvoir être fabriqués à contre

saison par rapport aux boutures. (Ould Ramoul, 1997).

I.2.9-Inconvénients

Cette technique présente cependant, certaines limites, à savoir :

- La petite taille et l'origine du tubercule confèrent à ce dernier une fragilité et une Sensibilité accrues aux attaques extérieures.
- La levée de dormance est assez lente et irrégulière.
- Le ratio «nombre de microtubercules / nombre de boutures» est relativement faible et mérite d'être augmenté.
- L'exigence d'une main d'œuvre qualifiée pour les repiquages axéniques et pour la récolte (Deza, 1991).

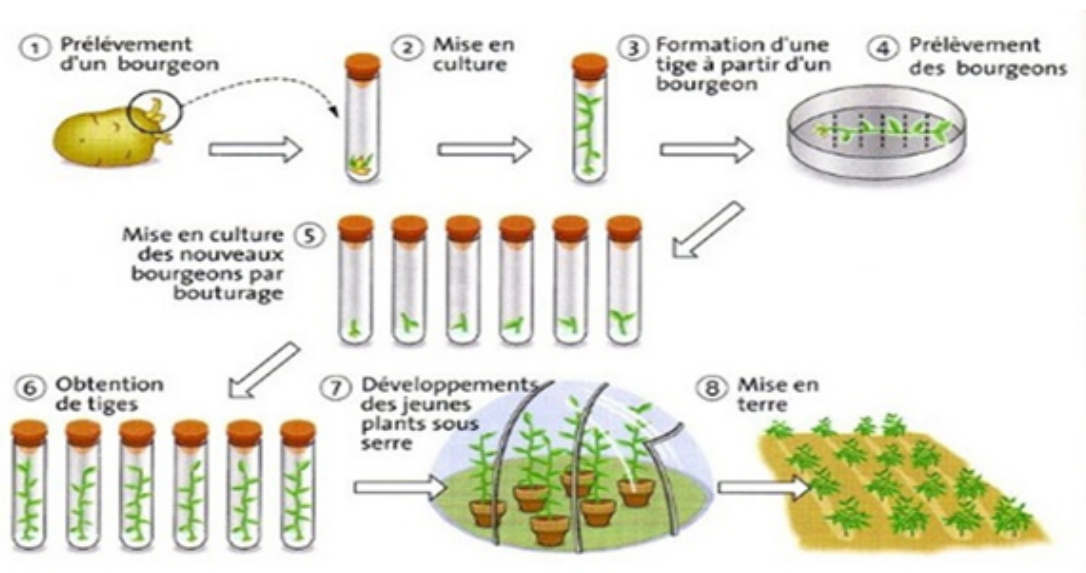


Figure 02 : Micro propagation de la pomme de terre par culture in vitro (D'après Ambroise, 2002 ; Haïcour, 2002).

CHAPITRE III

III.1. Généralités sur la culture hors-sol

III.1.1. Définition

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

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

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

III.1.2. Historique

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

Plus près de nous, les chercheurs se sont rendu compte que la répétition des mêmes cultures dans un sol, favorisait le développement de parasites dans ce sol (notamment les fusarioses), comme on ne pouvait plus s'en défaire par des moyens chimiques ou biologiques, on a alors pensé au remplacement du sol par des substrats voisins, le plus souvent organiques ou minéraux. (Anonyme, 2010) Enfin, de façon plus pragmatique, les cultures hors-sol se sont développées parce que les performances agronomiques obtenues étaient supérieures aux performances des cultures traditionnelles en sol.

III.1.3. L'intérêt de cultiver hors sol

- Nécessité pour les cultures expérimentales et scientifiques
- Possibilité de cultiver dans des espaces réduits (confinement des racines dans un espace limité)

- Elimination des contraintes liées au sol
- Sol inadapté ou de mauvaise qualité agronomique
- Présence d'agents pathogènes, de polluants,...
- Simplification des techniques culturales
- Pas de préparation du sol
- Rotations culturales rapides et mise en oeuvre facile
- Meilleure qualité du produit
- Aspect esthétique
- Réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires
- Meilleure productivité de la plante
- Optimisation du potentiel génétique de la plante
- Réduction des pertes en culture (MOREL et al., 2000)

III.1.4. Exigences des cultures hors sol

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

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

III.1.5. Facteurs indispensables pour la culture hors-sol

La vie se définit comme l'ensemble des phénomènes (nutrition, assimilation, croissance, reproduction, etc.) communs aux êtres organisés et qui constituent leur mode d'activité propre, de la naissance à la mort. Les facteurs indispensables

au maintien de la vie chez les végétaux en culture hors sol ne sont pas tous liés au substrat de culture. Cependant, la complexité des interactions est telle que cette distinction s'avèrerait difficile à soutenir. Les besoins sont donc présentés en deux groupes : les besoins énergétiques et les besoins en matériaux.

III.1.5.1. Les besoins énergétiques La lumière

Le règne végétal se définit comme l'ensemble des êtres vivants pluricellulaires capables de réaliser la photosynthèse grâce à la lumière (source d'énergie) et la présence de chlorophylle. La photosynthèse confère à ces organismes un caractère autotrophe. Les cultures hors-sol sont généralement des cultures de l'intérieur (indoor) d'où l'importance de bien contrôler et déterminer les valeurs d'intensité lumineuse qui permettent une activité photosynthétique optimale. Dans ce type de culture, les plantes sont éclairées avec des lampes de haute intensité qui permettent de réaliser une croissance optimale. La chaleur : les végétaux ont besoin de chaleur. Ils sont capables de supporter de grandes variations thermiques. Tenant compte du faible volume des substrats de culture, la réactivité à la température est rapide. Les cultures doivent donc être protégées des fortes températures de l'été et des gelées de l'hiver. Les températures infligées doivent cependant rester dans une fourchette acceptable. La limite inférieure correspond à la formation de cristaux de glace détériorant l'intégrité cellulaire. La limite supérieure est fixée par la dénaturation des protéines, donc des enzymes. Croissance et développement augmentent avec la température, à l'intérieur de cette fourchette.

III.1.4.2. Les besoins en matériaux :

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

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

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

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

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

cellulaire.

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

III.2. Définition du substrat de culture :

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

III.2.1. Principaux substrats utilisés en culture hors-sol :

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

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


Les substrats organiques	Les substrats minéraux
 <p data-bbox="496 595 671 636">Polystyrène</p>	 <p data-bbox="995 591 1235 631">Argile expansée</p>
 <p data-bbox="507 999 655 1039">La tourbe</p>	 <p data-bbox="1002 999 1225 1039">Laine de roche</p>
 <p data-bbox="523 1406 639 1447">Terreau</p>	 <p data-bbox="1027 1397 1203 1438">Vermiculite</p>

Tableau 03 : Principaux substrats utilisés en culture hors-sol

III.2.1.1. Les substrats minéraux

De nombreux matériaux inorganiques entrent dans la composition des supports de culture. L'usage le plus habituel est l'ajout de ces matériaux à des substrats afin de modifier certaines de leurs caractéristiques physico-chimiques.

III.2.1.1.1. Argile expansée :

Origine : minérale

Utilisation : Ce matériau ressemble à de petites boules brunes que l'on utilise pour recouvrir les pots de fleurs. Les granulés sont obtenus par un traitement de forte chaleur de l'argile. L'argile expansée possède un bon pouvoir isolant, ce qui est

nécessaire pour protéger les racines des changements de température.

Il est composé de silice, d'alumine, d'oxydes de fer, et de soufre. Sa capacité de rétention en eau est de 15% en masse. Il est utilisé pour la culture en container, sur des systèmes de tables à marées, ou à une plus petite échelle dans des systèmes hydroponiques à flux continu..

Contrairement à la laine de roche, les billes d'argile sont un substrat durable, sain, biologique et écologique.

III.2.1.1.2. Laine de roche :

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

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

III.2.1.1.3. Vermiculite :

Composition et origine : minéral (silicate)

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

Son pH est de 7 à 7,2.

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

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

III.2.1.2. Les substrats organiques

III.2.1.2.1. Polystyrène

Origine : Matériau organique synthétique.

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

III.2.1.2.2. Terreau :

Composition et origine : Organique

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

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

III.2.1.2.3. La tourbe :

L'appellation générale « tourbe » regroupe un grand nombre de matériaux qui renferment au minimum 75% de matière organique (sur base poids sec) (MOREL et al., 2000). Les tourbes sont des sols organiques hydromorphes, se développant dans des milieux saturés en eau en permanence. La végétation qui y pousse est constituée, selon le type de tourbière, de mousses (genre Sphagnum, Hypnum...), de cypéracées (genre Carex), de graminées, d'arbustes, d'arbres. En raison de fort anaérobiose régnant dans ces milieux, l'activité biologique, et donc la décomposition des végétaux, est très faible, de sorte que les apports annuels sont plus importants que les pertes par minéralisation. Ainsi, la tourbe

S'accumule sur des épaisseurs parfois importantes : plusieurs mètres. Cependant, la formation de cette tourbe est très lente à raison de 0,2 à 0,16 mm/an quand les conditions sont favorables, ce qui explique que l'on parle de ressource

non renouvelable à l'échelle humaine.

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

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

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

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

III.3. Les systèmes de culture hors sol

III.3.1. Le ruissèlement nutritif ou (NFT)

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

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

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

III.3.2. Système Aéroponie

L'aéroponie représente l'une des plus récentes évolutions des techniques de

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

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

Discontinue, par cycles de 15 à 20 minutes, avec des arrêts de quelques minutes pendant la journée, et de quelques heures durant la nuit.

CHAPITRE IV

IV. Matériel et Méthode

IV.1. Présentation de la structure d'accueil

Notre recherche a été menée au laboratoire de production et d'amélioration des techniques de production des semences de pomme de terre (INRAA) dans la commune de Sebaine, wilaya de Tiaret. Le laboratoire est inscrit à l'actif du protocole d'accord signé par le ministère de l'Agriculture et du développement rural et l'ambassade de la République de Corée du Sud en Algérie. Dans le cadre d'un programme de recherche et développement sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L), un ensemble d'essais variétaux à partir de mini tubercules est mené dans le but de produire in vitro, des semences de pommes de terre. Le centre est localisé à la ferme de démonstration et de production de semences de l'institut technique des grandes cultures (ITGC) de Tiaret.

Les capacités actuelles du laboratoire de production de Semences de Pomme de Terre, sont de l'ordre de 60.000 mini tubercules. En cultures hydroponique. En 2018, Douze (12) variétés de semences de pomme de terre développées localement par le laboratoire ont été homologués et certifiées par le Centre national de contrôle et de certification des semences et des plants (CNCC) dont quatre destinées à la transformation alimentaire que sont «Oumnia», «Sebaine», «Tihert» et «Amel Djazair» et huit autres destinées à la production de semences de pomme de terre de consommation que sont «Sahara», «Alco », Djazair», «Hoggar», «Khadra», «El Oued», «Kahina» et «Assiram».

IV.2.Objectifs du projet

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



Figure 03 : Le laboratoire de production et d'amélioration des semences de pomme de terre de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA)

IV.3. Dispositif expérimental

Le laboratoire où les travaux ont été effectués contient les équipements nécessaires à la réalisation de l'ensemble des essais et expérimentations sur la pomme de terre. Cela comprend aussi bien : Abris : Serre multi chapelles en verre, d'une superficie de 120m², la capacité d'accueil est de 3000 vitreaux plants (2000 en hydroponie et 1000 sur substrat), pour une capacité de production de 60 000 minitubercules. Supports de culture et conteneurs : Ce sont des pots (troués à leur base) nécessaires à la culture, d'une capacité de 2,5l et 7,5l remplis de tourbe noire pour la culture sur substrat et des bacs étanches et obscurs pour la culture hydroponique.

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

IV.4. Réseau de distribution de la solution nutritive

Deux systèmes d'irrigation sont utilisés, Système goutte-à-goutte (irrigation localisée ou micro irrigation). Ce système est composé de deux parties :

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

IV.5.Système NFT

Il sert à la culture hydroponique. Il comprend lui aussi un poste de filtration, des pompes doseuses, des buses d'injection et des bacs. Les plantes sont alimentées par une brume nutritive obtenue par brumisation. Les pompes doseuses à fonctionnement automatique sont réglables pour certains paramètres tels pH, EC ; ainsi que pour la concentration des éléments minéraux des solutions A, B et C et permettent de doser et d'injecter avec précision la solution nutritive selon la concentration souhaitée à la sortie. Équipements d'éclairage : Les cultures de l'intérieur (sous abris) ont besoin d'éclairage à spectre complet qui imite la lumière du soleil. Les équipements d'éclairage utilisés dans la serre sont des lampes à néon à très haute intensité lumineuse, et des toitures toilées comme écran d'ombrage qui sont des éléments essentiels aidant à maîtriser la température et procurant de l'ombre pour éviter un ensoleillement direct sur les plantations. Équipements de climatisation centrale : La serre dispose de deux systèmes de climatisation qui utilisent l'énergie électrique et le gaz de ville, le premier pour apporter de la fraîcheur et le deuxième pour chauffer la serre. Ils peuvent être actionnés par un déclencheur à contrôle thermostatique. Ces méthodes de contrôle de température se sont avérées être une partie essentielle de la conception de la serre. Elles aident à créer des conditions optimales pour la croissance des plants.

IV.6.Matériel végétal

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

IV.7.Caractères descriptifs des variétés

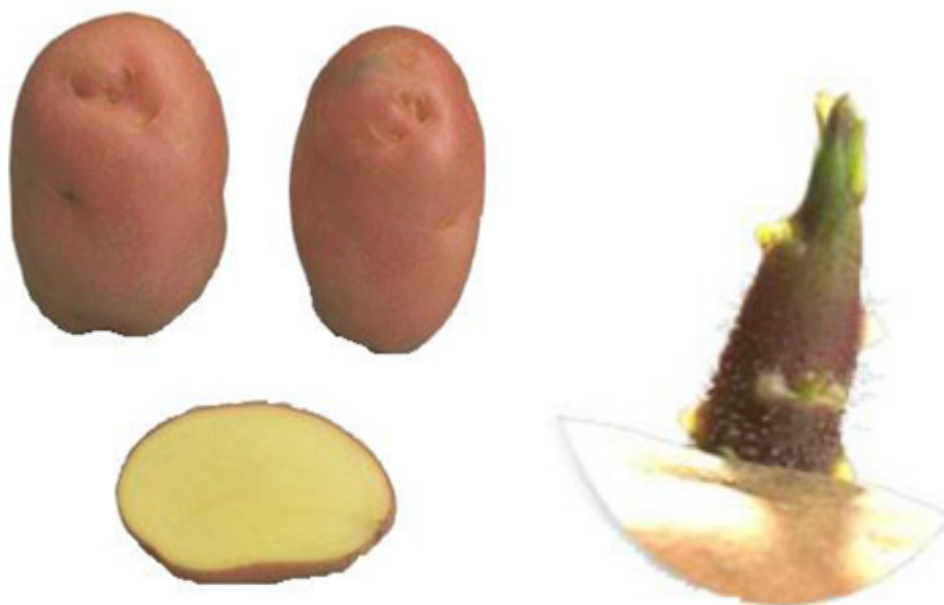


Figure 4 : Photo de la variété Désirée entière, en coupe et le germe.

IV.7.1.Variété Désirée

A-Origine génétique :

Urgenta X Depesche Obtenteur(s) : BVde ZPC (Pays-Bas) Année d'inscription au catalogue national : 1988 - Le plant de cette variété est court à moyen et semi dressé, avec une tige épaisse et vigoureuse. - Les noeuds et entrenoeuds sont de couleur rouge pourpre. - Les feuilles ont une couleur vert gris mat. Elles sont moyennement longues et rigides, - Les nervures médianes et les pétioles sont entièrement rouges pourpres sauf, les surfaces inférieures qui sont vertes. - Les fleurs sont nombreuses avec des grandes corolles roses, les pédoncules longs et rougeâtres. - La forme des tubercules est oblongue, moyenne à grosse. Sa peau est rouge, lisse avec des yeux superficiels à mi profonds, et une chair jaune pâle. - Repos végétatif long. - Le germe est d'une forme cylindrique et fortement pigmentée par contre l'apex est légèrement pigmenté (NIVAA, 2000 in DJEBIRI, 2005). - Forte résistance à la sécheresse et bonne résistance au virus Y et à la gale poudreuse. Sensible au nématode à kyste de la pomme de terre et aux déformations sur les sols lourds. Modérément sensible aux virus de la panachure et de la mosaïque bénigne.

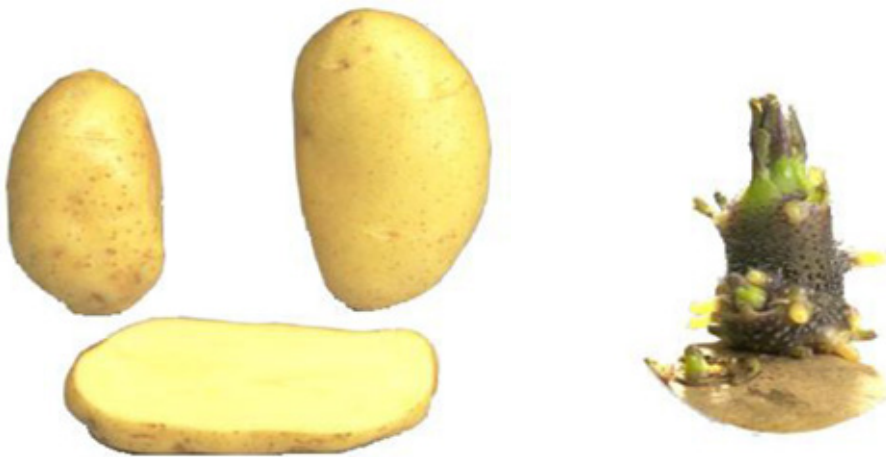


Figure 05 : Photo de la variété Spunta entière, en coupe et le germe.

IV.7.2.Variété Spunta

Origine génétique

Béa X U.S.D.A. 96-56 Obtenteur(s) : J. Oldenburger (Pays-Bas) Année d'inscription au catalogue national : 1988

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

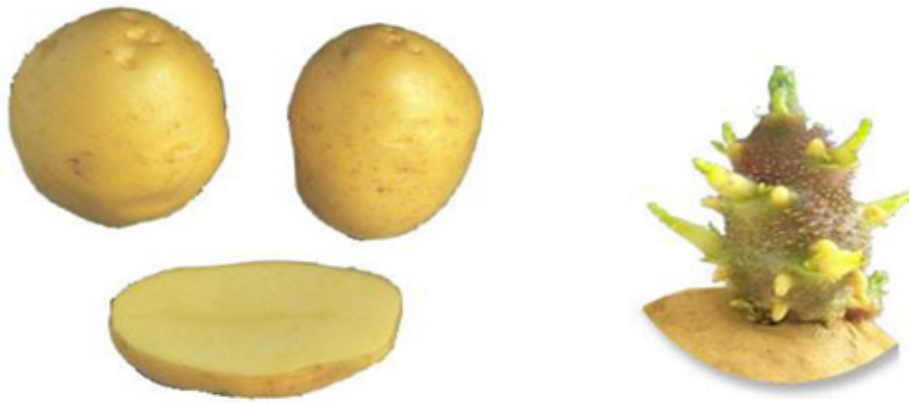


Figure 06: Photo de la variété Chubaek entière, en coupe et le germe.

IV.7.3.Variété Chubaek

Origine génétique

H 83011-3 X Superior Obtenteur(s) : Suwon, Gangneung (Corée du Sud) Année d'inscription au catalogue national : / (Néant)

- Les plantes de cette variété ont une taille haute, port dressé et vigoureux
- Feuille à couleur vert foncé ; foliole large.
- Tubercules : sont arrondis de taille moyenne, avec des yeux peu profonds et une peau jaune et lisse, chair jaune pâle.
- Floraison : Assez abondante.
- Fleur : Rouge-violette.
- Repos végétatif court (60 jours). Maturité précoce avec un cycle végétatif court, et de forts rendements (entre 33-35 t/ha), bonne résistance au virus Y et PLRV.

IV.8.Milieu de culture utilisé

Nous avons utilisé deux milieux de culture :

IV.8.1.Système hydroponique

Choisi pour la production de minitubercules, il combine les techniques hydroponiques pour la distribution de la solution nutritive et la technique de culture sur polystyrène pour la fixation et l'ancrage de la plante. La répartition par variété s'est fait sur une table pour chaque variété.

IV.8.2. Système de culture sur substrat

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

IV.9. Préparation des solutions nutritives :

Le maintien de l'eau et des éléments minéraux à des niveaux optima dans la rhizosphère des plantes est le principal facteur responsable des rendements élevés des cultures, meilleures qualités des produits et hautes efficacités de l'utilisation de l'eau et des éléments minéraux. L'apport des engrais dans l'eau d'irrigation, appelé « fertigation » ou « ferti-irrigation » est devenu depuis peu une pratique commune en maraîchage et culture hors-sol, permettant d'atteindre un équilibre ionique optimal au niveau de la rhizosphère. Les besoins en eau et en engrais varient pour chaque type de culture et selon le stade végétatif des , plantes de pommes de terre. Pour ajuster au mieux les besoins des plantes deux solutions nutritives sont préparées : l'une pour l'irrigation des plantules dans la chambre d'acclim Préparation des solutions nutritives

Le maintien de l'eau et des éléments minéraux à des niveaux optima dans la rhizosphère des plantes est le principal facteur responsable des rendements élevés des cultures, meilleures qualités des produits et hautes efficacités de l'utilisation de l'eau et des éléments minéraux. L'apport des engrais dans l'eau d'irrigation, appelé « fertigation » ou « ferti-irrigation » est devenu depuis peu une pratique commune en maraîchage et culture hors-sol, permettant d'atteindre un équilibre ionique optimal au niveau de la rhizosphère. Les besoins en eau et en engrais varient pour chaque type de culture et selon le stade végétatif des plantes de pommes de terre. Pour ajuster au mieux les besoins des plantes deux solutions nutritives sont préparées : l'une pour l'irrigation des plantules dans la chambre d'acclimatation et l'autre pour l'irrigation des plantes en serre atation et l'autre pour l'irrigation des plantes en serre.

IV.9.1. Étapes de préparation de la solution nutritive

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

1. Choix de la formulation adaptée à la culture

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

IV.9.2.Méthode de calcul des solutions

Comme dans tout système de ce genre, la solution nutritive est calculée en tenant compte des analyses de l'eau de source.

IV.9.3.Solution mère pour la chambre d'acclimatation

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

IV.9.4.Solution mère pour la serre :

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

Remarque :

- Les composés et les concentrations entre parenthèses sont utilisés au cas où l'on ne trouve pas le composé initial. Au cours de la préparation des solutions nutritives, il faut prendre en considération quelques précautions :
- Utilisation de bacs séparés afin d'éviter les précipités et les pertes de solubilité par contact en milieu concentré, entre le calcium d'une part, les sulfates et les phosphates d'autre part ;
- Répartition du KNO_3 moitié/moitié entre les deux bacs A et B ;
- Affectation du fer chélaté à la cuve A pour éviter sa précipitation ;

Dans une préparation de solution nutritive, on commence toujours par mettre l'engrais en premier en ajustant le taux avec le testeur d'électro-conductivité ; ensuite on corrige le pH, et enfin, on y ajoute les stimulateurs de croissance (hormones végétale) si nécessaire. Ces solutions seront diluées pour obtenir les concentrations finales en substances nutritives des solutions d'irrigation.

IV.10.Conduit de l'expérimentation

Le procédé de production des semences de pommes de terre comporte deux étapes complémentaires que sont la régénération des vitro plantules et la plantation de ces plantules en hors-sol. Chaque phase est composée de plusieurs opérations qui bien coordonnées et bien réalisées permettent de produire des semences de pommes de terre de la G0. De l'implantation des plantules issues de culture de méristème in vitro à la récolte des tubercules de semences G0, nous avons suivi l'itinéraire suivant :

IV.10.1.Culture du méristème

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

IV.10.2.Micro propagation :

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

Les tronçons ou boutures sont ensuite repiqués dans un milieu nutritif solide MS à raison de 15 boutures par bocal. Elles y restent 2 à 4 semaines, ensuite elles sont transportées dans la chambre d'acclimatation pour les repiquer dans un système hors-sol (sur substrat ou en hydroponie). De cette manière, la quantité de plantules disponibles est multipliée toutes les 4 semaines environ par un facteur 5 (5 boutures en moyenne par plantule) ; et donc, en peu de temps, il est possible de produire une quantité impressionnante de plantes saines et rigoureusement conformes à la variété de départ.

A-Milieus de culture de micro propagation

Le milieu de base MS utilisé pour l'obtention des cals sur les variétés de pomme de terre Les constituants principaux de ce milieu sont l'eau ionisée et les sels minéraux qui se répartissent en deux groupes, les macroéléments (N, P, K, S, Mg, Ca) et microéléments (Fe, B, Mn, Zn, Cu, N, Co, Mo, I). La source de carbone est le saccharose.

Le milieu est solidifié avec de l'agar.

B-Préparation de la solution mère de macroéléments

Pour la préparation de la solution mère de macroéléments, les différentes macros éléments constitués de sels sont dissoutes dans 600 ml d'eau distillée en chauffant légèrement cas de nécessité. La solution obtenue est transvasée dans un flacon et ajustée à 01 litre avec de l'eau distillée puis conservée au réfrigérateur.

C-Préparation de la solution mère de microéléments

Pour l'obtention de la solution mère de microéléments, les différents micro éléments constitués des oligoéléments sont dissout dans 600 ml d'eau distillée en chauffant légèrement si c'est nécessaire Concernant le cuivre (Cu) , le cobalt (Co), 10 mg de chaque élément est dissout dans 10 ml d'eau distillée et 2,5 ml de chaque solution est ajouté avec les autres éléments préalablement dissout .

La solution finale est ajustée à un (01) litre et puis conservé au réfrigérateur.

D-Préparation de la solution mère des hormones

Les régulateurs de croissance choisis sont pesés et dissout dans quelques gouttes (2 ml solvants appropriés).

La solution est transférée dans un flacon de 100 ml et complétée à 100 ml avec l'eau distillée puis la rangée au réfrigérateur.

E-Préparation du milieu MS (Murashige et Skoug, 1962)

Le milieu de culture MS est préparé dans un bécher de 1 litre en agitation continue contenant 500 ml d'eau distillée el les différents éléments suivants :

- 40 ml de macro-éléments.
- 10 ml de micro-éléments.
- 10 ml de fer.
- 10 ml d'acides aminés et vitamines.

- 100 mg de myo-inositol.

Le pH du milieu est ajusté à 5,7

Le milieu contenu dans un ballon est complété avec de l'eau distillée à 1 litre, ensuite déposé sur une plaque chauffante en agitation continue en ajoutant 30 g/l de saccharose ensuite 8 g/l d'agar (pour solidifier le milieu de culture), le tout est porté à ébullition jusqu'à dissolution de toutes les particules d'agar.

F-Stérilisation du milieu de culture

Les milieux MS1 et MS2 avec les différentes concentrations d'hormones sont ajustés à un pH 5.7 .et mis à stériliser dans un autoclave à 120°C et une pression de 1 bar pendant 20 min. La technique de culture in vitro exige cette température afin de s'assurer de la destruction des bactéries. Après l'autoclavage, les milieux stériles sont répartis dans des boites de pétri stérile.

La Stérilisation d Tous les instruments métalliques (pinces, scalpels, bistouris) sont mis dans l'étuve à une température de 170° à 180° C pendant 1 heures, L'utilisation de ces instruments se fait sous une hotte stérile. Avant et après chaque manipulation, les instruments sont stérilisées à l'aide d'un stérilisateur à billes.

G-Stérilisation des explants de pomme de terre

Les cultures de tissus végétaux se heurtent à des problèmes de brunissement à cause des contaminations par divers agents (bactéries, champignons ...) ce qui exige l'utilisation de solutions stérilisantes telles que le chlorure de sodium et l'éthanol à 70%.

- Les plants de pomme de terre issus in vitro sont coupés à leur base pour les débarrasser de leurs racines. Les explants utilisés dans l'expérimentation sont : les apex ; feuilles, entrenœuds et nœuds.
- La stérilisation de ces explants se fait selon le protocole suivant :
- Les explants sont mis dans une solution d'hypochlorite de sodium à 1% pendant 15minutes.
- Ils sont rincés avec l'eau distillée stérile 3 à 4 fois pendant 5 minutes chacune.
- Les explants sont déposés sur papiers stérile pour assécher les explants et sont enfin mis en culture dans des boites de pétri contenant le milieu de culture.

IV.11.Mise en culture

IV.11.1.Mise en culture des explants à partir des vitro plants

Mise en culture des explants à partir des vitro plants

Les vitro plants de pomme de terre sont extraits du milieu de croissance pour utiliser les différents explants des plants. Les cals sont initiés à partir de différents explants à savoir l'Apex, nœuds, entre nœuds et les feuilles.

Les explants sont mis en culture sur le milieu, Les explants sont repiqués dans un milieu frais chaque 02 semaine.

IV.11.2.Incubation des explants :

L'Incubation se fait dans une chambre à culture bien éclairée pour assurer la photosynthèse au cours de toute la période d'incubation et chaque 15 jours, nous multiplions le nombre des cals par d'autre repiquage.

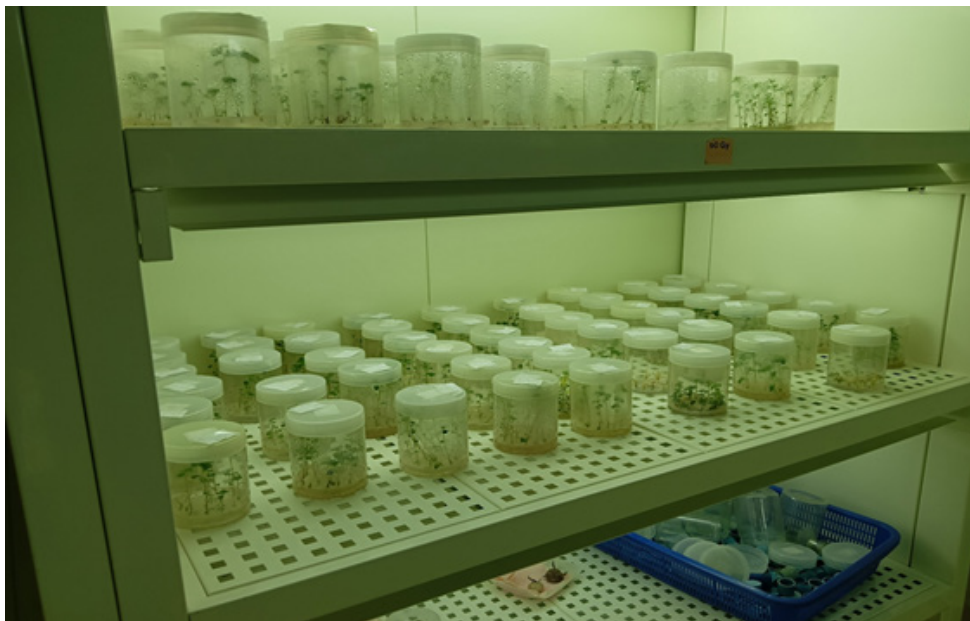


Figure 07 : Incubation dans une chambre de culture (Original).

IV.11.3.Isolement de l'agent pathogène :

Avant de commencer les manipulations, Il faut travailler en conditions d'asepsie. Ceci est réalisé en créant une zone stérile par la flamme du bec Bunsen, sur une paillasse soigneusement nettoyée avec l'eau de javel.

L'isolement est réalisé à partir des vitro plan en coupant la partie Contaminée à l'aide d'un scalpel stérile en fragments, chaque fragment est immergé dans l'éthanol 98%, après dans un bain d'eau de javel, et ce durant 30 secondes pour chacun. Ensuite, les fragments sont rincés plusieurs fois à l'eau distillée stérile.

Après séchage, les fragments sont placés aseptiquement

Dans les boites de pétri (4pièces/boite) contenant le milieu de culture. Enfin, les boites sont incubées à 28° pendant 5 jours.

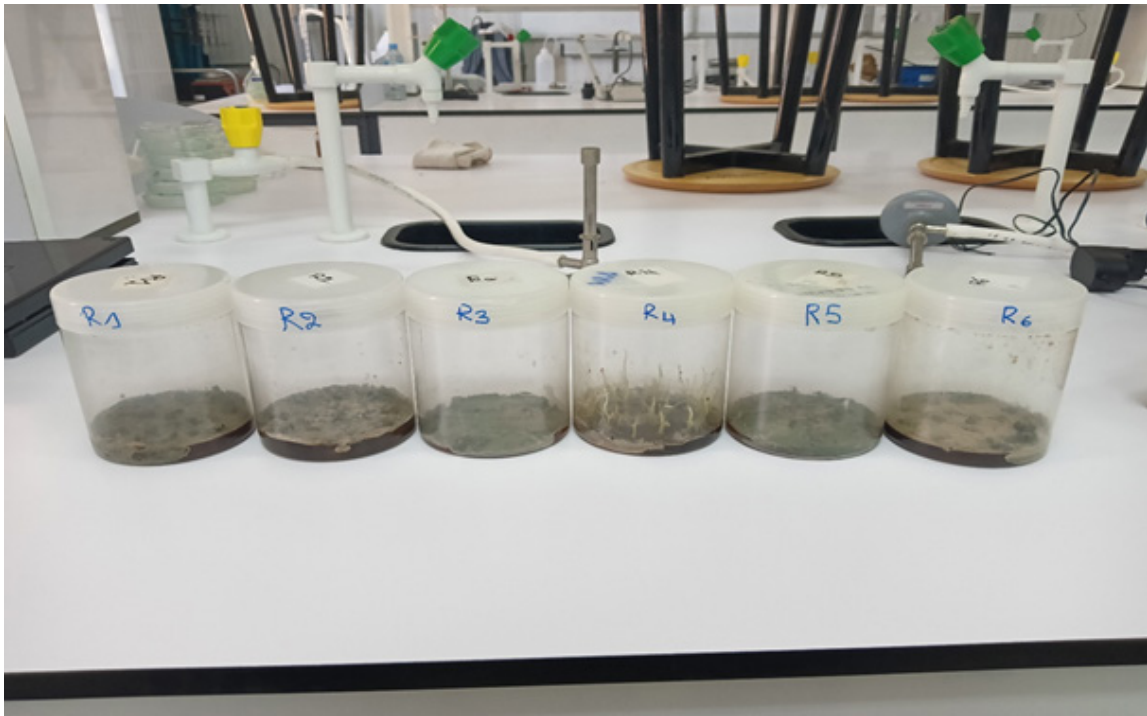


Figure 08 : Les vitro plants Contaminée de pomme de terre (Original)*

IV.11.4.Repiquage et purification

Pour obtenir des souches pures, chaque isolat développé a été repiqué, à l'aide d'une anse de platine stérile, au centre de la boite de Pétri contenant un milieu PDA, L'incubation est réalisée pendant 15 jours à 28°. Cette méthode est répétée jusqu'à l'obtention des colonies pures.

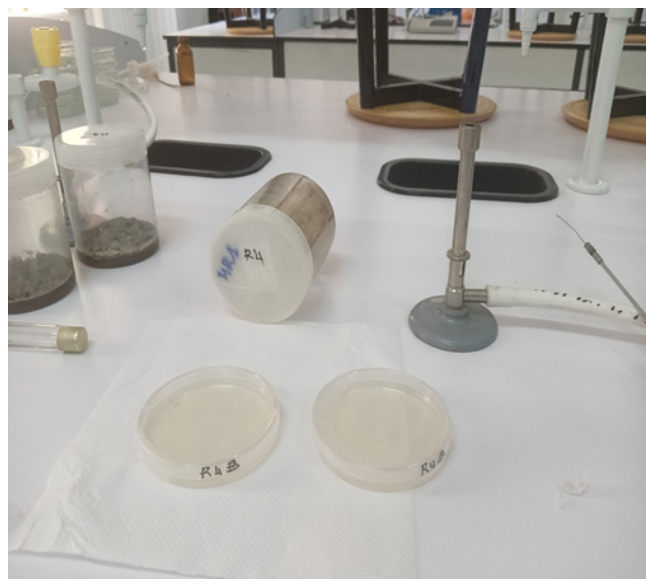


Figure 09 : Repiquage et purification des souches (Original)

IV.12. Identification des moisissures

L'identification des moisissures se base essentiellement sur les caractères Culturels (Identification macroscopique) et à la morphologie (Identification Microscopique).

IV.12.1. Identification macroscopique

Elle se fait à l'œil nu en se basant essentiellement sur les caractères suivants :

L'aspect

- morphologique.
- La pigmentation.
- La couleur de la colonie
- La vitesse de croissance.
- L'aspect du mycélium.
- Couleur de l'envers de la colonie.
- L'odeur et la couleur des moisissures.

IV.12.2. Identification microscopique

En déposant sur une lame de verre une goutte de Bleu de Méthylène puis à l'aide d'une pipette de pasteur, le mycélium est prélevé directement de la boîte de Pétri, est déposé sur la lame. L'observation au microscope à l'objectif x40 et x100 d'un microscope optique.



Figure 10 : Observation microscopique des souches

Micro propagation des plantules issues de culture de méristème *in vitro*



Enracinement des micro bouturent pendant 20 à 28 jours

Figure 11 : Propagation des vitro plants.

IV.13.Acclimatation des plantules obtenues *in vitro*

Passé les jeunes vitro plants des chambres de laboratoire climatisées en serres nécessite une étape intermédiaire de quelques jours (7 à 10 jours) pendant laquelle les plantes terminent leur développement. Cette phase d'acclimatation se déroule dans des locaux spécifiques (Chambre d'acclimatation) permettant un contrôle précis des conditions environnantes (Température 22 à 25°C, lumière fluorescente à raison de 16 heures-jour/8 heures-nuit, humidité de 75 à 80 %) La manipulation de transplantation pour les deux systèmes de culture se fait de la manière suivante : Tout d'abord, les vitro plants sont sortis des tubes, immergés dans l'eau tiède puis lavés et séparés les uns des autres en prenant soin de ne pas briser les racines. Toute trace du milieu de culture doit être éliminée (pratiquer deux immersions successives dans de l'eau à renouvelée régulièrement).

Ensuite, les plantules doivent être repiquées sur des planches en polystyrène confectionnées pour ça (chaque plaque est percée de 104 trous) de façon que chaque plantule soit maintenue dans un trou par un ponce, sa partie inférieure est

immergée tandis que la supérieure reste à l'air libre. Les planches de polystyrène sont déposées dans des récipients remplis de solution nutritive : c'est le même principe de ruissèlement nutritif (NFT). La solution hydroponique est distribuée dans des petits canaux au moyen d'une pompe qui se trouve dans le réservoir. Elle se charge en oxygène continuellement en passant à la surface du film liquide. Le système est confectionné de façon à permettre au liquide de rejoindre le réservoir après avoir irrigué les racines.

Pour le repiquage dans le substrat, les plantules sont repiquées dans des plaques alvéolées remplies de tourbe noire préalablement arrosée avec une solution fertilisante. Pour cela, on pratiquera un trou avec un bâton. Le substrat doit ensuite être légèrement tassé à la main autour du collet, l'irrigation des plants se fait manuellement par aspersion de la solution nutritive. Pendant cette phase d'acclimatation, les plantules vont mieux s'adapter à leurs futurs milieux de culture et aux conditions dans la serre.

IV.14.Plantation

Après la phase d'acclimatation, les plants sont conduits sous serres d'élevage pendant toute la durée de la culture (90 à 100 jours). Ils doivent présenter une hauteur comprise entre 04-08 cm, 3 à 5 feuilles bien formées et un bon système racinaire. Nous avons procédé à deux plantations : la première a été faite le 15/11/2010, et la deuxième le 14/03/2011. Les plantations ont été réalisées manuellement.

IV.14.1.Plantation en système hydroponique

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

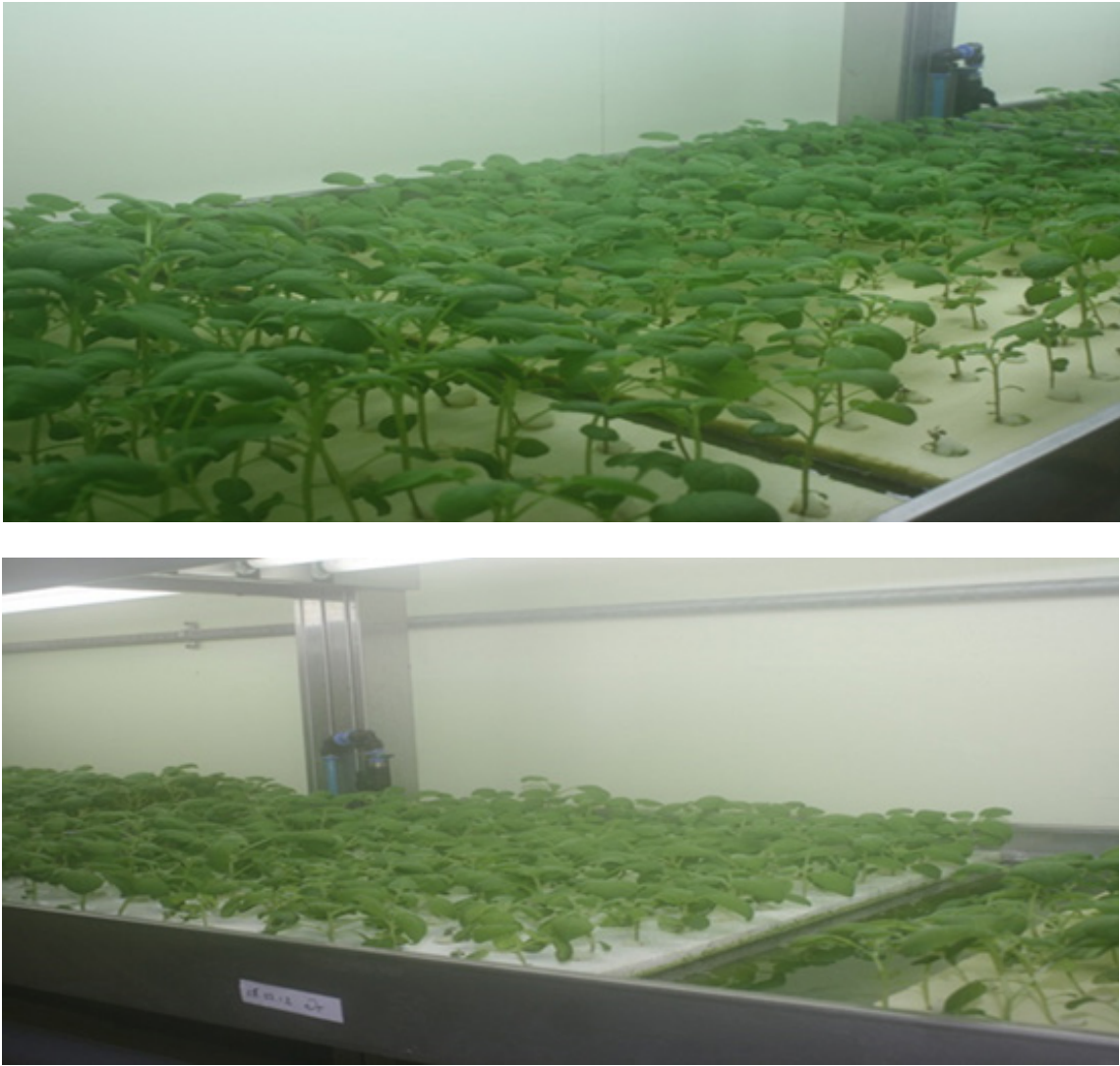


Figure 12: Culture en hydroponie

IV.14.2.Plantation sur substrat :

Avant de planter, on commence par le remplissage des pots de tourbe bien humide en les tassant légèrement sur les côtés. On prélève les plantes avec leur motte à partir des plaques alvéolées en faisant attention à ne pas casser les racines puis on les repique dans les pots

préparés pour ça. Chaque plante doit être disposée de façon que son collet (endroit où la tige rejoint les racines) affleure la surface du substrat. En d'autres termes, le dessus de la motte des racines doit être à la même hauteur que le niveau final du substrat contenu dans le pot. On ajoute ensuite de la tourbe autour des plants et on la tasse du bout des doigts, sans trop la compacter. Les écartements pratiqués : 20 cm sur les lignes et 40 cm entre les lignes pour l'hydroponie ; et pour le substrat, deux plantes pour chaque pot rectangulaire et une pour les pots circulaires.



Figure 13 : Culture sur substrat (Tourbe noire)

IV.15.Modalités d'injection de la solution nutritive

Sur le plan nutritionnel, une pomme de terre hors-sol est totalement dépendante de l'apport de la solution nutritive pour assurer sa croissance. Le délai de réaction de la culture est d'ailleurs très court et ne dépasse pas quelques jours en cas de solution pauvre ou déséquilibrée, en particulier sur système hydroponique. Les besoins en eau d'irrigation varient pour chaque type de culture et selon le stade végétatif des pommes de terre. Des essais mis en place par les cadres du laboratoire ont permis de quantifier les besoins en eau d'irrigation pour chaque type de culture et ils ont établis des fréquences d'injection.

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

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

IV.16. Entretien et soins apportés :

Ce sont les opérations qui ont lieu durant toute la durée de la plantation et qui permettent d'apporter aux jeunes plantes les soins appropriés pour leur développement. Nous avons : les entretiens culturels, le traitement phytosanitaire, l'irrigation et la fertilisation.

IV.17. Défeuillage :

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

IV.18. Tuteurage :

Au fur et à mesure de leur croissance, les plants seront régulièrement tuteurer afin d'éviter toute rupture des ramifications qui affectent le rendement. L'opération est réalisée avec un réseau de fils. Lorsque la plante atteint le réseau de fils en hauteur, il faut faire passer

La partie apicale directement par-dessus deux rangées de fils, ce qui permet de ne pas abîmer la plante et de ne pas obstruer le passage de la sève.

IV.19. Traitement phytosanitaire :

Afin de protéger les jeunes plants contre d'éventuelles attaques et/ou maladies, deux traitements préventifs sont réalisés, ce qui permet de lutter contre les principales maladies et insectes nuisibles à la pomme de terre. Au niveau du premier traitement, un fongicide est utilisé pour protéger les plants de pommes de terre contre les différentes maladies cryptogamiques tel que le Mildiou, l'Oïdium, etc. Ce produit fongicide est appliqué 15 jours après le repiquage des plantules. Concernant le deuxième traitement contre les insectes, il est réalisé quelques jours après le premier. C'est un insecticide polyvalent efficace pour la destruction

d'une très large gamme d'insectes. Les fongicides et insecticides sont appliqués directement sur les plantes. Les traitements sont effectués à l'aide d'un pulvérisateur manuel. En plus des traitements par les produits chimiques, des méthodes de lutte biologique (attrape-mouches et voile sur les entrées d'air, etc.) sont utilisés pour éliminer de nombreuses populations d'insectes volants (mouches, guêpes, mites, etc.) à l'intérieur de la serre.

IV.20. Calendrier culturel :

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

IV.21. Choix des dates de prélèvements :

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

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

CHAPITRE V

V. Résultats et discussion

V.1. Identification des souches fongiques isolées

L'identification des genres fongiques a été réalisée essentiellement, selon les caractères culturaux et la morphologie microscopique, établies par des clefs de détermination et d'identifications, tels que : de Botton (1990); David Malloch, (1997), Guiraud (1998) ; Leyralet al, (1998), Messiaen et al. (1991) et Rémi et al. (1997), Cavalla (2011), ainsi que celles de Chabasse et al, (2002), Dufresne(2021), et Guignard et al., 2005.

V.1.A. *Fusarium spp*

- Conidies : sont hyalines et variables ; les macros conidies ont pluri cellulaires, légèrement courbées aux extrémités ; les micros conidies sont unicellulaires d'une forme ovoïde ; la morphologie des micro conidies, la forme et la position des chlamydospores sont des critères importants de détermination de *Fusarium*.
- Conidiophores : simples ou ramifiés chaque ramification se termine par Une phialide (chez quelque espèces plusieurs phialides).
- Mycélium : cloisonné ; ramifié ; hyalin

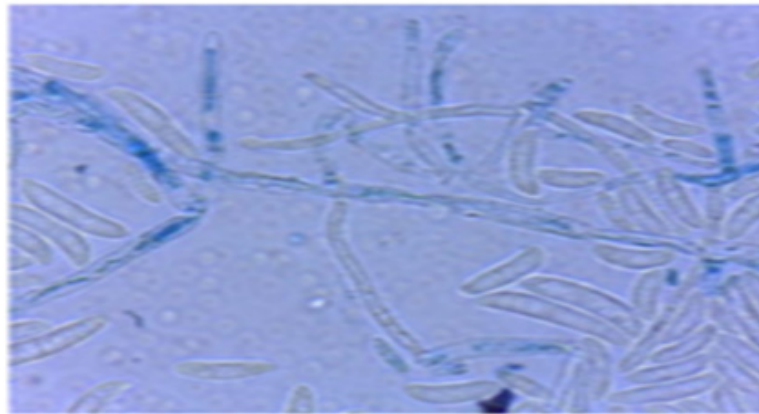


Figure 14: Forme microscopique de *Fusarium spp* (GX40)

V1.B. *Verticillium spp*

- **Mycélium** : cloisonné ; ramifié ; hyalin.
- **Conidiophores** : verticillés.
- **Conidies** : ovoïdes ou cylindriques

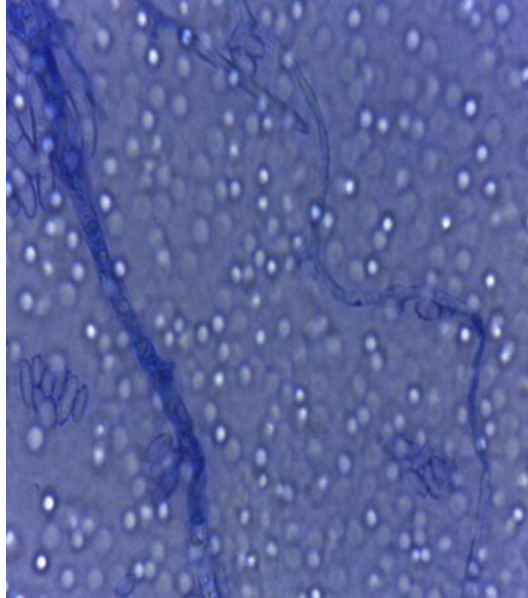


Figure 15: Forme microscopique de *Verticillium sp* (GX40)

V.1.C. *Alternaria sp* :

- Thalle à mycélium cloisonné portant de nombreuses chaînes de conidies.
- Conidies sont des spores asexuées pluricellulaires, elles sont divisées par des cloisons) transversales et/ou longitudinaux.
- Conidiophores simples, lisses, parfois ramifiées, courts ou allongés.

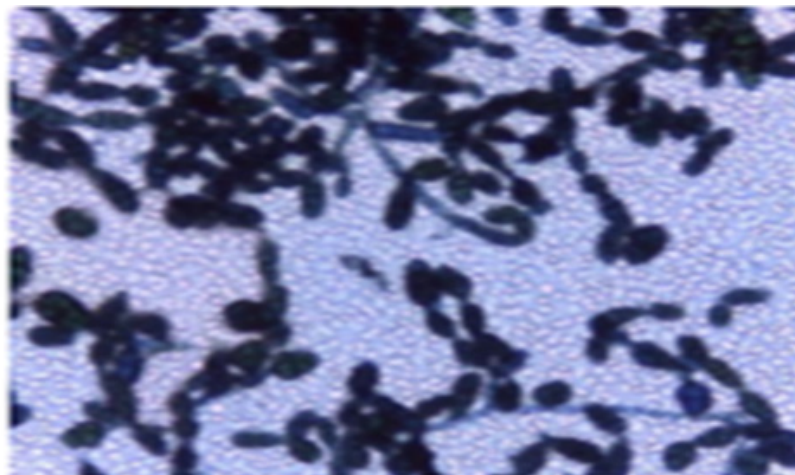


Figure 16: Forme microscopique d'*Alternaria sp* (GX40).

V.1.D. *Aspergillus niger* :

Les *Aspergillus* sont caractérisés par la présence de conidiophores dressés, terminés par une vésicule supportant, soit une seule rangée de phialides (structure unisériée), soit une rangée de phialides et une rangée de cellules sous-jacentes appelées métules (structure bisériée) L'ensemble stipe et vésicule constitue le conidiophore et l'ensemble vésicule, phialides et conidies forme la tête aspergillaire. Les phialides produisent des spores ou conidies qui caractérisent le mode de reproduction asexuée du champignon, Ces phialospores sont regroupées en panache.

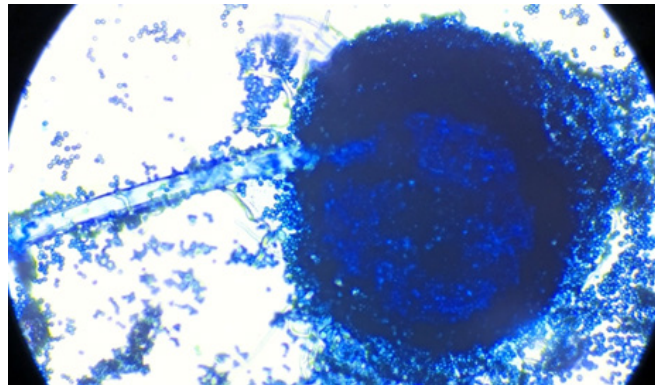


Figure 17: Forme microscopique d'*Aspergillus niger* (GX40)

V.1.E. *Penicillium spp*

Les hyphes hyalins septés (1,5-5 μm de diamètre) portent des conidiophores ramifiés ou non ramifiés. La première cellule du conidiophore est appelée cellule pied ; les branches secondaires sont connues sous le nom de métules. Les métules sont plus ou moins cylindriques, à parois lisses, portant de trois à six phialides en forme de bouteille {816, 412, 724}. Les phialides produisent de longues chaînes sèches de petites spores rondes à ovales

(2,5-5 μm). Les souches peuvent être classées en quatre catégories selon le type de ramification des conidiophores.

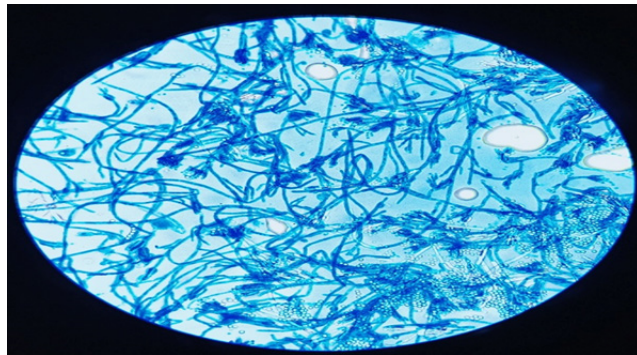


Figure 18: Forme macroscopique de *Penicillium spp* (Gx40)

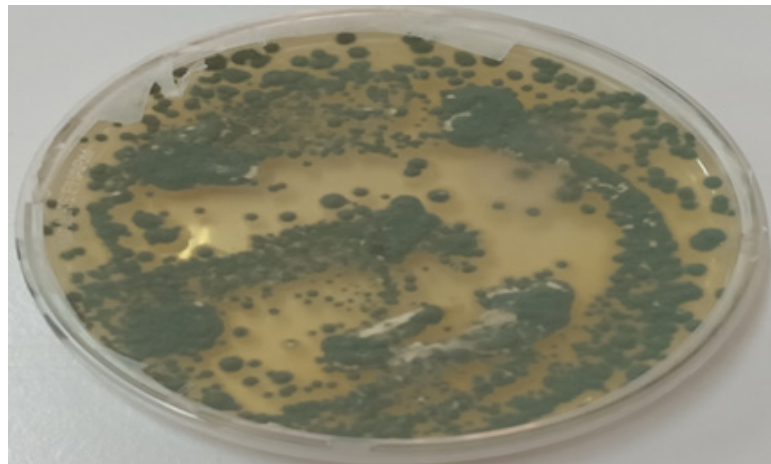


Figure 19: Forme macroscopique de *Penicillium spp* (Gx40)

V.1.F . *FUSARIUM SOLANI*

- - Mycélium cloisonné
- - Présence de macro et micro conidies
- - Chlamydozoospores fréquentes
- - Conidiophores ramifiés portant des monophialides

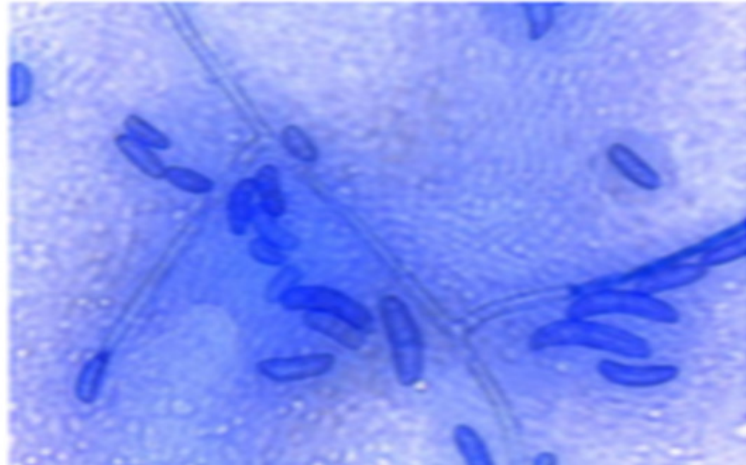


Figure 20: Forme microscopique de *Fusarium Solani* (Gx40)

V.1.G . *Acremonium sp*

- Mycélium cloisonné
- Longues phialides minces
- Conidies ellipsoïdales ou cylindriques formées en faisceaux visqueux à
- extrémité des phialides

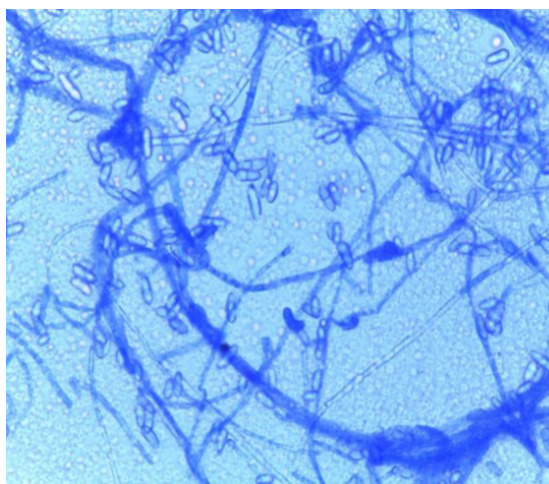


Figure 21: Forme microscopique de *Acremonium sp* (GX40)

V.1.H . *Absidia spp*

- Mycélium, avec quelques cloisons au niveau des sporangiophores ou des stolons.
- Les sporangiophores s'élargissent sous le sporange pour former une apophyse en forme d'entonnoir.
- Présence de stolons et de rhizoïdes, les sporangiophores sont formés sur l'entre noeud des stolons.
- Les stolons sont souvent terminés par un gros sporange.

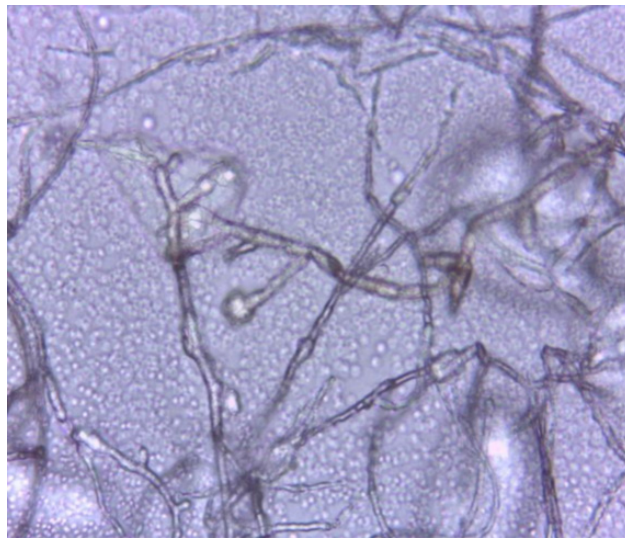


Figure 22: Forme microscopique de *Absidia Spp* (Gx40)

V.1.I. *cladosporium sp*

- Des hyphes cloisonnés et ramifiés
- Les conidiophores sont, peuvent être cloisonnés et présentent également des ramifications arborescentes.
- Conidies alvéolaires sont rondes à ovales.

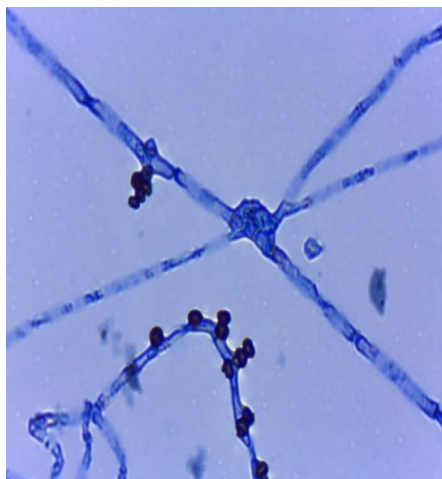


Figure 23: Forme microscopique de *cladosporium sp* (Gx40)

V.2.Discussion

Selon les études microscopique il y'à l'identification des isolats dont les genres sont présentés comme suit.

- *Alternaria alternata*
- *Aspergillus niger*
- *Absidia sp*
- *Acremonium sp*
- *Penicillium spp*
- *Verticillium spp*
- *Fusarium solani*
- *Fusarium spp*
- *Cladosporium sp*

L'espèce *Aspergillus niger* présente une fréquence élevée de 25%, suivie par *Acremonium* qui présente 18.75%, puis *Penicillium spp* et *Verticillium spp* avec un pourcentage 12.5%, et enfin les espèces *Absidia*, *Alternaria alternata*, *Fusarium spp* et *solani*, et *Cladosporium* qui présentent 6.25% de fréquence chacune (figure 24).

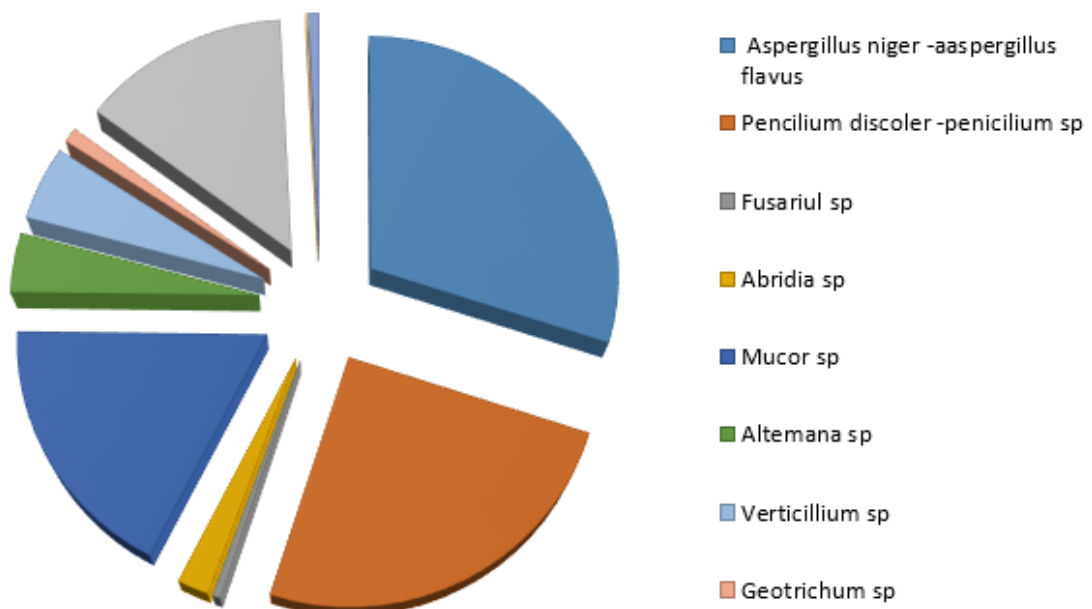


Figure 24 : Répartition des fréquences des espèces fongiques obtenues.

La majorité des espèces identifiées appartiennent à la même division *Ascomycota*, mais elles font partie de différentes classes qui sont : *Eurotiomycetes* (*Aspergillus niger* 25%, *Penicillium* 12.5%), *Sordariomycetes* (*Verticillium spp*

6.25%, *Fusarium spp* 6.25%, *Fusarium solani* 6.25%), Dothideomycetes (*Alternaria alternata* 6.25%, *Cladosporium* 6.25%). Et donc la classe dominante est celle des Eurotiomycetes. En ce qui concerne *Absidia*, elle fait partie de la division Zygomycota, la famille des Zygomycètes. Ces résultats ne concordent pas avec celles trouvées par Djamaa et al.,(2017) dont les espèces identifiées appartiennent à différentes classes qui sont : Ascomycota (*Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Fusarium Spp*, *Geotrichum candidum*) et Basidiomycota (*Rhizoctonia solani*).

Ces espèces appartiennent aux classes suivantes : Agaricomycetes (*Rhizoctonia solani*), Dothideomycetes (*Alternaria solani*), Sordariomycetes (*Fusarium oxysporum*, *F.solani*, *F.spp*), Saccharomycetes (*Geotrichum candidum*).

En comparant nos résultats avec d'autres travaux (CEE-ONU, 2014), on a parvenu à un constat similaire , après l'identification macroscopique et microscopique des espèces prélevés et recensées ; à savoir : Boughedid et al., (2015), Djamaa et al., (2017), Rousselle (1996), Oukala(2014) , Hamid (2015) , Guellel Moulai Aouadi(2017), ainsi que Ladjel (2012) et Si Amar, (2017) sur d'autres spéculations

CONCLUSION

Conclusion

Au terme de ce travail, nous pouvons dire que notre recherche bibliographique est une synthèse de l'ensemble de travaux réalisés par plusieurs chercheurs sur le problème et notre ébauche d'étude. Ainsi que, l'importance nutritionnelle et économique de la culture de la pomme de terre, qui impose une qualité supérieure, d'où la nécessité de déterminer les différentes phytopathologies qui l'infecte.

En effet ; Notre travail, nous a permis, de connaître, In situ, l'importance de la culture, *In vitro*, et système Aéroponique chez la pomme de terre, ainsi que d'identifier les espèces fongiques qui attaquent la pomme de terre, au niveau de vito plants : 13 espèces, ont été identifiées, à savoir ; *Alternaria sp.*, *Aspergillus niger et Aspergillus flavus.*, *Absidia sp.*, *Acremonium sp.*, *Penicillium discolor et Penicillium sp.*, *Verticillium sp.*, *Fusarium sp.*, *Beauveria sp.*, *Cladosporium sp.*, *Geotrichum sp.*, et *Mucor sp.*

Certaines de ces espèces sont des phytopathogènes et d'autres non phytopathogènes ; à origines primaires ou secondaires.

Ceci nous permettra d'économiser en ;

- Évitant le gaspillage par rapport les milieux de cultures utilisés et ces différentes contamination au moment des différentes manipulations au laboratoire ;
- Prémunir et prévenir les différents risques de contamination notamment fongique ;
- Avoir une idée sur la qualité microbiologique a au niveau des locaux et le type de personnels à recruter.

Donc, ceci va constituer un encouragement et une incitation pour accentuer les recherches dans ce domaine non seulement pour la culture de la pomme de terre, la culture, *In vitro*, et système Aéroponique ainsi d'élargir cette étude sur d'autres micro-organisme tel que les bactéries, afin d'arriver à sélectionner dans des conditions locales du matériel végétal de sains avec moins de dépenses.

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Références Bibliographique

1. Alissa et al, 1986 ; Azpiroz et al, 1987. Alissa A., Jonard R., Serieys H., Vincourt P. (1986). La culture d'embryons isolés in vitro dans un programme d'amélioration du tournesol. C R AcadSc Paris Série III 302, 161-164.
2. Andre et al., 2003 . André L., Coelho Da Silva., Cecília S., Caruso., Renato D., AzevedoMoreira., Ana C., Góeshorta. (2003). In vitro induction of callus from cotyledon and hypocotyls explants of glycine wighti (wight&arn.) Verdc. Cienc. Agrotec., lavras 27,6, p.1277-1284.
3. Angela , 1995 . Angela K. (1995). Somaclonal variation as a tool for crop improvement. Euphytica 85, 295-302.
4. Anonyme 2002. Anonyme., 2000. Histoire de la pomme de terre, Fédération des producteurs de pomme de terre de Québec CFPPTQ : www.fpptq.aq.ca
5. Anonyme, 2000 . Anonyme., 2000. Histoire de la pomme de terre, Fédération des producteurs de pomme de terre de Québec CFPPTQ : www.fpptq.aq.ca
6. Anonyme, 2010. Anonyme., Note technique : La culture hors sol., Département de la Recherche Agronomique Appliquée 2010
7. Arakawa et al., 1999. Arakawa T., Yu J., Langridge W.H., 1999. Food plant-delivered cholera toxin B subunit for vaccination and immunotolerization. AdvExp Med BioI464:161- 178
8. Auge et al., 1989. Auge A., Boccon-Gibod J., 1989. La culture in vitro et ses applications horticoles. Chapitre 5 . les applications à l'horticulture. Pages 63-89. Ed : lavoisier tec et doc J.B.Bailliere. 225 pages.
9. Bernhards, 1998 . Bernhards U., 1998. La pomme de terre Solanum tuberosum L. Monographie .Institut National Agronomique Paris – Grignon.
10. boccon-gibod et jalouzot, 1989 . Boccon-Gibod J. et Jalouzot R. (1989). Les biotechnologies en horticulture : possibilités et perspectives. In La culture in vitro et ses applications horticoles, 3ème édition revue, corrigée et augmentée (pp. 91-131).
11. BOUTHERIN et BRON, 2002. Boutherin B., Bron G., 2002. Multiplication des plantes horticoles. Ed : tec et doc. 248 pages.
12. Bretaudeau A., 2006. Les techniques de culture in vitro et la micropropagation des espèces végétales ., IPR/Kolibougou Koulikoro B P 06
13. CEE-ONU., 2014- Guide de la CEE-ONU sur les maladies, parasites et défauts

- des plants de pomme de terre.
14. Charlotte et al., 1987. Charlotte H., Hanisch T.C. and SreeR.k. (1987). Callus growth, Tumor development and polyploidization in the tetraploid potato cultivar bintje, *Plant science* 49, 209-216.
 15. Chawla, 2002. Chawla H.S. (2002). *Introduction to Plant Biotechnology*. Published by Science Publishers, Inc. Enfield,
 16. CIP 1995 . Centre International de la Pomme de terre, 1995. *La Papa en Cifras*. Produccion, Uso, Consumo y Comercializacion.
 17. CIP, 1998 . Centre International de la Pomme de terre, 1998. *La Papa en Cifras*. Produccion, Uso, Consumo y Comercializacion.
 18. Cottier et Guerry, 2000. Cottier et Guerry, (2000), *Génie Génétique et Clonage* www.unifr.ch/nfp37 Organismes Transgéniques.
 19. Cure et Mott, 1978. Wernicke et al., 1982 . Cure W. W. et Mott R. L. (1978). A comparative anatomical study of organogenesis in cultured tissues of maize, wheat and oats. *Physiologia Plantarum*, 42(1), 91-96.
 20. Darpoux et Debelley, 1967 .Darpoux R., Debelley M., 1967. *Les plantes sarclées*. Edition. J.B. Baillière et fils France. Collection d'Enseignement Agricole. 307p
 21. Davey et al., 2005. Davey M. R., Anthony P., Power J. B. et Lowe K. C. (2005). Plant protoplasts: status and biotechnological perspectives. *Biotechnology advances*, 23(2), 131-171.
 22. Demarly et Sibi, 1996. Demarly Y., Sibi M. (1996). *Amélioration des plantes et biotechnologie*. Edition J.L
 23. EL Hamdouni et al, 1999 . El hamdouni E. M., Lamarti A., Badoc A. (1999). La régénération in vitro du fraisier (*fragaria x ananassa* Duch.), ii - les possibilités offertes par la culture in vitro, *bull. Soc. Pharm. Bordeaux* 138, 49-74.
 24. Ellisseche (2008). Ellissèche, D. 2008. *Production de pomme de terre ; quels défis pour aujourd'hui et pour demain ?*
 25. Espinosa et al., 1992 . Espanoza N., Lizzarraga R., Siguna S. C., Brayn J., Dodds H. (1992). *Tissu culture : Eurotexte*, pp 99-111.
 26. Ferry et al., 1998 . Ferry M., Bouguedoura N., El Hadrami I. (1998). Patrimoine génétique et techniques de propagation in vitro pour le développement du palmier dattier. *Spécial Oasis. Sécheresse* 9(2) :139-146.

27. Gallais et Bannerot, 1992 .Gallais A., Bannerot H., 1992. Amélioration des espèces végétales cultivées ; objectifs et critères de sélection. INRA, Paris, 768 p
28. Gleba et Hoffmann, 1980). Gleba Y. Y. et Hoffmann F. (1980). "Arabidobrassica" : A novel plant obtained by protoplast fusion. *Planta*, 149(2), 112-117.
29. Griffiths et al, 1990. Griffiths H. M., Slack S.A., Dodds J. H. (1990). Effect of chemical and heat therapy on virus concentration in in vitro plantlets. *Can. J. Bot.* 68:1515-1521.
30. Idowu et al., 2009 . Idowu P. E., Ibitoye D. O. et Ademoyegun O. T. (2009). Tissue culture as a plant production technique for horticultural crops. *African Journal of Biotechnology*, 8(16).
31. Kole , 2006 . Kole P.C. (2006). Variability, Correlation and regression analysis in third somaclonal generation of barley, *Barley genetics newsletter* 36, 44-47.
32. Larkin, P.J. 1987. Somaclonal variation: history, method and meaning. *Iowa State Journal of Research*, v.61, p.393-434.
33. Margara, 1984 . Margara J., 1984. Base de la multiplication végétatives .Les méristèmes et l'organogénèse. Institut National de la recherche Agronomique (INRA), 262p.
34. Meziane d, 1991. Meziane D., 1991. Histoire de la pomme de terre . *De titre n°25 pp : 29.*
35. Morel (2000), Morel Ph., Poncet L., Rivière L.M., 2000. Les supports de culture horticoles. INRA Editions. 87p
36. Murashige (1974). Murashige T. (1974). Plant propagation through tissue cultures. *Annual review of plant physiology*, 25(1),
37. Nowbuth L., C L LE., Agroscope RAC changines., 2005. Teneur non- conforme en ADN comme indicateur de variation soma clonale chez la pomme de terre . *suisse agric .37 (6):257 266*
38. Palmer et Shields, 1984. Palmer J. D. et Shields C. R. (1984). Tripartite structure of the *Brassicacampestris* mitochondrial genome. *Nature*, 307(5950), 437-440.
39. Peron, 2006 . Péron J Y., 2006. Références productions légumières, 2ème édition. *Synthèse Agricole* p 538-547.
40. Razdan, 2003 . Razdan M. K. (2003). Introduction to plant tissue culture, science publishers, 375p.

41. Reust W., 1982. Contribution à l'appréciation de l'âge physiologique des tubercules de pommes de terre (*Solanum tuberosum* L.) et étude de son importance sur le rendement (thèse de doctorat). Zurich : Ecole Polytechnique Fédérale, 113 pp.
42. Rousselle et al., 1996 . Rousselle P., Robert Y., Crosnier J C., 1996. La pomme de terre – Production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations. 1 éd. Paris : INRA Editions. P278
43. Rousselle et al., 1992 ; Dore et al., 2006 . Rousselle P., Rousselle B., Ellisseche D ., 1992 .La pomme de terre in Amélioration des espèces végétales cultivées .Gallais A ,Bammerot H .1992.
44. Sangwan et Sangwan-Norrel, 1987. Maraschin et al., 2005. Sangwan R. S. et Sangwan-Norreel B. S. (1987). Biochemical cytology of pollen embryogenesis. In International review of cytology (Vol. 107, pp. 221-272). Academic Press
45. Soltner, 2005 . Soltner D., 2005a. Les grandes productions végétales, phytotechnie spéciale-céréales-plantes sarclées-prairies .Collection Sciences et Techniques Agricoles 20eme édition 472P.
46. Tabti, 2009 . Tabti D. (2009). Régénération in vitro de plants sains à partir d'apex caulinares d'olivier *Olea europaea* L. Var. CHEMLAL. Thèse de Magister en Sciences agronomiques. EL HARRACH – ALGER (ENSA), P.35.
47. Verhees, 2002. Verhees J., 2002. Cell cycle and storage related gene expression in potato tubers (Thèse de doctorat). Wageningen : Wageningen Agricultural University, 133 p.
48. Vinterhalter D., Vinterhalter B., Calovic., 1997. The relationship between sucrose and cytokinins in the regulation of growth and branching in potato cv Désiree shoot cultures.
49. Yeoman, 1986 . Yeoman M. (1986). Plant cell culture technology, Botanical monograph. 23, Ed. Blackwell scientific publications, Pp. 1-51.
50. Zryd J P., 1988. Culture de cellules, tissus et organes végétaux. Fondements théoriques et utilisations pratiques. Lausanne, Suisse : Presses Polytechnique Romandes, 305 p

ANNEXE

Annexe

Annexe 1 : Le matériel utilisé en laboratoire

L'appareillage



Figure 1 : Autoclave



Figure 2 : : PH-mètre

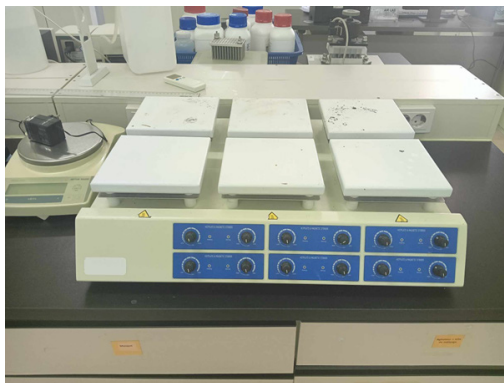


Figure 3 : Plaque chauffante



Figure 4 : Distillateur



Figure 5 :Hotte a flux lumineaire



Figure 6 :Stérilisateur



Figure 7 :Spectrophotomètre

Annexe 2 : Matériel Nécessaire Pour le bon déroulement de l'expérimentation ; il est nécessaire de se procurer le matériel Suivant :

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">- L'étuve- La hotte- L'autoclave- Plaque chauffante- Balance de précision- Appareil de PH mètre- Solution de NaOH et HCl (1 fois normale)- Pipettes graduées de 10 ml et 25 ml- Bêchers de 25 ml, 50 ml, 100 ml, 250 ml, 500 ml et 1000 ml- Fioles de 100 ml, 250 ml, 500 ml et 1000 ml- Erlenèes de 200 ml- Boîtes de Pétri en verre ou en plastiques stériles- Un agitateur et un barau magnétique- Des tubes en verre de 25 x 75 mm et de 25 x 150 mm | <ul style="list-style-type: none">- Des bocaux en verre autoclavables- Du coton hydrophile- Papier filtre- Parafilm- Papier aluminium- Grandes pinces en acier- Spatules- Scalpels et bistouris- Boite pour rangement et stérilisation des outils- Lampe à alcool- Pissettes- 2 Becs benzènes- Filtre micropore à 0,2 µm- Appareil de filtration- Alcool 75° et 95°- Hypochlorite de calcium ou hypochlorite de sodium- Eau distillée |
|---|---|