



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الإخوة منتوري قسنطينة
كلية علوم الطبيعة و الحياة

قسم :بيولوجيا و فسيولوجيا النبات
Département :Biologie et Physiologie végétale

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : biologie et physiologie végétale

Spécialité : Bases biologiques de la production végétale

Intitulé :

**La micropropagation de deux variétés de pomme de terre
Solanum tuberosum L. (*spunta* et *désirée*) sous stress salin**

Présenté et soutenu par : Mr BOUDERSA Nabil
Mr BENLARIBI Mouad

Soutenu Le : 22/06/2016

Jury d'évaluation :

Présidente du jury : Mme BOUDOUR Leila Prof - UFM Constantine.

Rapporteur : Mme LARIT Sabah Maître-assistante - Université de Skikda

Examineurs : Mme CHAIEB Ghania Maître de conférences – UFM Constantine.

*Année universitaire
2015- 2016*



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الإخوة منتوري قسنطينة
كلية علوم الطبيعة و الحياة

قسم: بيولوجيا و فسيولوجيا النبات
Département : Biologie et Physiologie végétale

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : biologie et physiologie végétale

Spécialité : Bases biologiques de la production végétale

Intitulé :

**La micropropagation de deux variétés de pomme de terre
Solanum tuberosum L. (*spunta* et *désirée*) sous stress salin**

Présenté et soutenu par : Mr BOUDERSA Nabil
Mr BENLARIBI Mouad

Soutenu Le : 22/06/2016

Jury d'évaluation :

Présidente du jury : Mme BOUDOUR Leila Prof - UFM Constantine.

Rapporteur : Mme LARIT Sabah Maître-assistante - Université de Skikda

Examineurs : Mme CHAIEB Ghania Maître de conférences – UFM Constantine.

*Année universitaire
2015- 2016*

DEDICACES

Je dédié ce modeste travail à :

Ma mère, en témoignage de ma reconnaissance.

Et ma profonde affection.

Mon père, à qui je dois tout.

A ma chère épouse pour son soutien sans faille.

A ma petite ange aya

Mes frères et sœurs qui ont partagé mes joie et mes

Reines et n'ont

Pas cessé d'être à mes cotés.

Mes amies

Mes profs et mes collègues de la promotion 2016

B.Mouad

DEDICACES

Ce travail est un Hommage à ma regretté mère

*Elle était un pilier solide et incontournable pour ma personne et mon parcours
estudiantin, qu'il se repose en paix du Dieu, amen !!!*

A mon père

*...pour leur sacrifice et leur effort consenti, qu'il
Trouve ici l'expression de ma profonde affection.*

A mes Frères et sœurs

*...pour leurs compréhensions et leurs encouragements,
Qu'ils trouvent ici l'expression de ma sincère amitié.*

*Ma profonde reconnaissance à ma chère épouse Ouhiba pour son soutien sans faille,
sa grande indulgence, sa compréhension.**

A ma petite ange Zahra Katr Nada

A mes amis (es).

En reconnaissance de leur aide, gentillesse et leur agréable compagnie.

Boudersa Nabil

Remerciements

Avant tout, nous remercions notre dieu de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience de réaliser ce modeste travail.

*Nous tenons vivement à exprimer notre profonde reconnaissance et gratitude à notre encadreur **Mme LARIT Sabah**, qui a bien voulu, par son aimable bienveillance, diriger cette étude, qui a fait preuve d'une grande patience. Ses conseils, ses orientations*

***Mme BOUDOURE Leila**, Professeur à l'université Mentouri Constantine, pour l'honneur qu'il nous a fait d'avoir accepté de présider le jury de ce mémoire et aussi pour sa gentillesse et sa simplicité et sa sympathie qu'elle trouve ici notre profond respect.*

*Nos remerciements les plus chaleureux et fraternels vont aussi **Mme CHAIEB Ghania**, Maître de conférences à l'université Mentouri, Nous sommes très reconnaissant pour sa disponibilité, sa bienveillance et pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de juger ce travail.*

*Nous tenons à remercier également **Mr M. Benlaribi**, Professeur à l'université Mentouri Constantine, pour ses conseils ses qualités scientifiques et son aide durant la réalisation de ce mémoire, Qu'il trouve ici notre sincères sentiments de gratitude et de respect.*

Nous adressons nos remerciements aux personnels du laboratoire de Biochimie R.D.C de l'université Mentouri Constantine, pour leurs aides et ses grandes disponibilités.

*Nous n'oublions pas de remercier **Mr Mokrani el hassen**, **Mr Houcine boumala**, **Mr Nabil ghanai**, **Mr Ibrahim chebel**, **Mme Teniou soumia**, **Melle chorfia Radia**, **Melle klïbet Fahima** pour leur précieuses aides.*

*Enfin, nos vifs remerciements aux personnels de société **SAGRODEV**, **Mme Saadoune karima**, **Mr kasi**, **Melle Tounes**, qui ont contribué beaucoup d'une manière ou d'une autre, durant tout la période de l'expérimentation.*

Nos remerciements vont également à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la préparation de ce document.

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des annexes

Liste des abréviations

Introduction01

Chapitre 1 : Revue bibliographique

Partie 1: pomme de terre

1.1 .Historique de la pomme de terre (<i>Solanum tuberosum</i> L.).....	03
1.2. Taxonomie et origine génétique.....	03
1.3 .Description botanique.....	06
1.3.1. Description de la partie aérienne.....	07
1.3. 2. Description de la partie souterraine.....	07
1. 4. La pomme de terre dans le monde.....	08
1.5. La pomme de terre en Algérie.....	09
1.5. Le mode de reproduction pomme de terre.....	11
1. 6.Reproduction classique.....	11
1. 6. 1. Reproduction in vitro.....	12
1. 7. Règlementation de la production en Algérie.....	14
1. 8 .Différentes variétés cultivées en Algérie	14
1. 9. Les maladies et les ennemies de la pomme de terre.....	16

Partie 2 : la salinité

2.1. Définition.....	17
2.2. Origine et genèse des sels.....	17
2.3. Répartition géologique et importance des sols salés.....	17
2.4. Classification des sols salés.....	18
2.5. Effets de la salinité sur les propriétés physico-chimiques du sol.....	18
2.5.1. Effet de la salinité sur les propriétés physiques du sol.....	18
2.5.2. Effets de la salinité sur les propriétés chimiques du sol.....	18
2.6. Effets de la salinité sur les propriétés microbiologiques du sol.....	19
2.7. Effets de la salinité sur les végétaux	19
2.7.1. Effets de la salinité sur les processus physiologiques de la plante.....	19
2.7.2. Effets de la salinité sur les processus biochimiques.....	20
2.8. Mécanismes d'adaptation des plantes à la contrainte salin.....	20
2.8.1. Mécanismes de résistance à la salinité chez les végétaux.....	20
2.8.2. Mécanismes d'adaptation des plantes à la salinité.....	21
2.8.3. Adaptations physiologiques.....	21
2.8.4. Adaptations métabolique et accumulation des solutés organiques.....	22

Partie 3 : culture in vitro

3. 1. Définition de la culture in vitro.....	23
3. 1.1. La totipotence.....	23
3. 1.2. La différenciation.....	23
3. 1.3. La dédifférenciation.....	24
3. 2. Historique.....	24
3. 3. Les applications de la culture <i>in vitro</i>	25
3. 3.1. Micropropagation.....	26
3. 3. 2. Culture de méristème.....	26
3. 3. 3. Embryogénèse somatique.....	28
3. 4. Organogenèse.....	28
3. 4. 1. Caulogenèse.....	28
3. 4. 2. Rhizogenèse.....	29
3. 5. Les facteurs de la régénération.....	29
3. 5. 1. Effet de l'explant.....	29
3. 5. 2. Influence du génotype.....	30
3. 5. 3. Effet du milieu de culture.....	31
3. 5. 4. Les régulateurs de croissance.....	31
3. 5 .6. Influence de la source carbonée.....	32

3. 5. 6. Les vitamines.....	33
3. 5. 7. La lumière et la photopériode.....	33
3. 5. 8 .La température.....	33

Chapitre II : Matériels et méthodes

1. Présentation de la structure d'accueil.....	34
2. Matériel.....	34
2. 1.Matériel végétal.....	34
2. 2. Les traitements appliqués.....	35
2. 3. Milieu de culture.....	36
2. 3. 1. Solution mère de milieu de culture.....	36
2.3.2. Composition du milieu de culture.....	38
2. 4. Stérilisation.....	38
2. 4. 1. Stérilisation de milieu de culture.....	38
2. 4. 2. Stérilisation des instruments de travail.....	38
3. Méthodes.....	39
3. 1. Mise en culture.....	39
3. 1 .1 . Zone de travail.....	39
3. 1. 2. Régénération des vitroplants.....	39
3. 1. 3. Micropropagation.....	40
3. 2. Mesures effectuées.....	40
3. 3. Analyse statistique des résultats.....	41

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Résultats.....	42
1.1. Effet de la salinité sur le nombre de feuilles.....	42
1.2. Effet de la salinité sur la longueur de la tige.....	45
1.3. Effet de la salinité sur le nombre de racines.....	52
1.4. Effet de la salinité sur la longueur de la racine la plus développée.....	55
1.5. Effet de la salinité sur la ramification des vitro plantes.....	60
2. discussion.....	71
Conclusion.....	77
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

Liste des abréviations

- **APG**: Angiosperms phylogeny group.
- **C0** : témoin (0 Mmol de NaCl).
- **C1** : 25 Mmol de NaCl/1 litre de milieu MS.
- **C2** : 100Mmol de NaCl/1 litre de milieu MS.
- **C3** : 150 Mmol de NaCl/1 litre de milieu MS.
- **FAO**: Food and Agriculture Organization.
- **MS** : Muraschige et Skoog.
- **LR** : longueur des racines.
- **LT** : longueur de la tige.
- **NF** : nombre des feuilles.
- **NR** : nombre des racines.
- **RAM** : ramification de la tige.
- **S1** : 1^{er} semaine.
- **S2** : 2^{eme} semaine.
- **S3** : 3^{eme} semaine.
- **S4** : 4^{eme} semaine.

Liste des annexes

- **Annexe 01** : Valeur Nutritionnelle de la pomme de terre.
- **Annexe 02** : Les avantages et les inconvénients de la culture in vitro.
- **Annexe 03** : Courbe de croissance et de développement des vitroplants en fonction de concentration et temps.

Liste des tableaux

- Tableau 1:**Liste des variétés de pommes de terre autorisées à la production et à la commercialisation en Algérie.....P15
- Tableau 2:**Les principales maladies de la pomme de terre (Bernhards, 1998 ;Cirad et GRET,2002).....P16
- Tableau 3:** classification des sols salés.....P18
- Tableau 4:**représentation des caractéristiques des variétés : *désirée* et *spunta* de l'espèce *Solanum tuberosum* L.....P34
- Tableau 5:**constituants du milieu MS (Murashigue et Skoog1962).....P36
- Tableau 6:**l'analyse de la variance à trois facteurs : la concentration en NaCl, du temps d'exposition à ce stress et des deux variétés de *S.tuberosum*L.P43
- Tableau 7:** comparaison des moyennes de nombre de feuilles en fonction du temps et des variétés *spunta* et *désirée*.....P44
- Tableau 8:**comparaison des moyennes de nombre de feuilles selon la variété.....P44
- Tableau 9 :** comparaison des moyennes de nombre de feuilles selon la concentration de NaCl.P... 44
- Tableau 10 :**L'influence de la concentration de NaCl sur les deux variétés *spunta* et *désirée* au court du temps.....P45
- Tableau 11:**Pourcentage de la longueur de la tige des différentes concentrations de NaCl en fonction du témoin.....P46
- Tableau 12:** l'analyse de la variance à trois facteurs : la concentration en NaCl, du temps d'exposition à ce stress et des deux variétés de *S.tuberosum*L.....P47
- Tableau 13 :** comparaison des moyennes de la hauteur des tiges en fonction du temps et des variétés *spunta* et *désirée*.....P47
- Tableau 14 :** comparaison des moyennes de la hauteur des tiges selon la variété.....P48
- Tableau 15:**comparaison des moyennes de hauteurs des tiges selon la concentration de NaCl pour les variétés *spunta* et *désirée*.....P48

Tableau16 :L'influence de la concentration de NaCl sur les deux variétés <i>spunta</i> et <i>désirée</i> au court du temps.....	P49
Tableau17 :L'influence de la longueur des tiges en fonctions de la variété et la concentration....	P49
Tableau18 : l'analyse de la variance à trois facteurs : la concentration en NaCl, du temps d'exposition à ce stress et des deux variétés de <i>S.tuberosum</i> L....	P53
Tableau19 : comparaison des moyennes de nombre de racines en fonction du temps et des variétés <i>spunta</i> et <i>désirée</i>	P53
Tableau20 :comparaison des moyennes de nombre de racines selon la variété	P54
Tableau21 : comparaison des moyennes de nombre de racines selon la concentration de NaCl..	P54
Tableau22 :L'influence de la concentration de NaCl sur les deux variétés <i>spunta</i> et <i>désirée</i> au court du temps.....	P55
Tableau23 : Pourcentage de la longueur de la tige des différentes concentrations de NaCl en fonction du témoin.....	P55
Tableau24 :l'analyse de la variance à trois facteurs : la concentration en NaCl, du temps d'exposition à ce stress et des deux variétés de <i>S.tuberosum</i> L.....	P57
Tableau25 : comparaison des moyennes de la longueur des racines en fonction du temps et des variétés <i>spunta</i> et <i>désirée</i>	P57
Tableau26 : comparaison des moyennes de la longueur de racine selon la variété.....	P58
Tableau27 :comparaison des moyennes de la longueur de racine selon la concentration de NaCl pour les variétés <i>spunta</i> et <i>désirée</i>	P58
Tableau28 :L'influence de la concentration de NaCl sur les deux variétés <i>spunta</i> et <i>désirée</i> au court du temps.....	P59
Tableau29 :L'influence de la longueur des racines en fonctions de la variété et la concentration.....	P59
Tableau30 : l'analyse de la variance à trois facteurs : la concentration en NaCl, du temps d'exposition à ce stress et des deux variétés de <i>S.tuberosum</i> L.....	P61
Tableau31 : comparaison des moyennes de nombre des ramifications en fonction du temps et des variétés <i>spunta</i> et <i>désirée</i>	P61
Tableau32 :comparaison des moyennes de nombre des ramifications selon la variété.....	P62

Tableau33 : comparaison des moyennes de nombre de ramification selon la concentration de NaCl pour les variétés *spunta* et *désirée*.....P62

Tableau 34 :La formation des ramifications de la partie aérienne des deux variétés au cours de Temps d'incubation.....P63

Tableau35: L'influence de la concentration de NaCl pour la formation des ramifications des deux variétés *spunta* et *désirée* au court du temps.....P63

Tableau 36:L'influence de la formation des ramifications en fonctions de la variété et la concentration.....P64

Liste des figures

- Figure 1:** Origine des espèces cultivées de pomme de terre (*Solanum* sp). (D'après HAWKES, 1981 in ROSS, 1986).....P5
- Figure 2:** Morphologie de la plante P la pomme de terre (Oswaldo, 2010).....P6
- Figure 3 :** La production mondiale de la pomme de terre de 2000 à 2013 (Rolot et Vanderhofstadt, 2014).....P9
- Figure 4 :** Les productions de la culture pommes de terre durant la période 2000 – 2012 (CNIFPT, 2013).....P10
- Figure 5:** Le cycle végétatif moyen de la plante de pomme de terre (Rolot et Vanderhofstadt, 2014).....P12
- Figure 6:** la production des semences pré-base de la pomme de terre à partir de la micropropagation in vitro (Rolot et Vanderhofstadt, 2014).....P13
- Figure 7 :** voies de la culture in vitro (Rven *et al.*, 2000).....P27
- Figure 8:** influence des équilibres hormonales sur l'organogénèse.....P32
- Figure 9 :** photo des deux variétés utilisées à l'expérimentation.....P35
- Figure 10 :** matérielles utilisées lors l'expérimentation.....P41
- Figure 11:** nombre de feuilles chez les deux variétés étudiées après 7, 15, 21 et 28 jours (A, B, C et D).....P42
- Figure 12:** longueur de tige chez les deux variétés étudiées après 7, 15, 21 et 28 jours (A, B, C et D).....P46
- Figure 13 :** croissance et développement des vitro plants de la variété *spunta* après 28 jours.....P50
- Figure 14 :** croissance et développement des vitro plants de la variété *désirée* après 28 jours.....P51

Figure15 : nombre de racines chez les deux variétés étudiées après 7, 15, 21 et 28 jours (A, B, C et D).....	P52
Figure16 : longueur de la racine la plus développée chez les deux variétés étudiées après 7, 15, 21 et 28 jours (A, B, C et D).....	P56
Figure 17 : nombre de ramification chez les deux variétés étudiées après 7, 15, 21 et 28 jours (A, B, C et D).....	P60
Figure 18 : Développement des microboutures de la variété <i>désirée</i> sur des différentes concentrations de NaCl après 7 jours.....	P65
Figure 19 : Développement des microboutures de la variété <i>spunta</i> sur des différentes concentrations de NaCl après 7 jours.....	P66
Figure20 : Développement des microboutures de la variété <i>désirée</i> sur des différentes concentrations de NaCl après 15 jours.....	P67
Figure21 : Développement des microboutures de la variété <i>spunta</i> sur des différentes concentrations de NaCl après 15 jours.....	P68
Figure22 : Développement des microboutures de la variété <i>désirée</i> sur des différentes concentrations de NaCl après 21 jours.....	P69
Figure23 : Développement des microboutures de la variété <i>spunta</i> sur des différentes concentrations de NaCl après 21 jours.....	P70
Figure24 : Evolution de la longueur moyenne de la tige durant la période de culture chez les deux variétés <i>spunta</i> et <i>désirée</i>	P71
Figure25 : Evolution du nombre moyen de feuilles formées durant la période de culture chez les deux variétés <i>spunta</i> et <i>désirée</i>	P72
Figure 26 : Evolution du nombre moyen de racines formées durant la période de culture chez les deux variétés <i>spunta</i> et <i>désirée</i>	P73
Figure 27 : Evolution du nombre moyen de ramifications formées durant la période de culture chez les deux variétés <i>spunta</i> et <i>désirée</i>	P74
Figure 28 : Croissance et développement des vitro plants de deux variétés au cours de 28 jours.....	P75

Introduction

Introduction

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) est une plante herbacée tubéreuse originaire d'Amérique latine. Dans la pratique agricole, le cycle de production de la pomme de terre est principalement végétatif ; les tubercules produits constituent à la fois un organe de reproduction asexuée et la partie alimentaire de la plante (Delaplace, 2007).

Selon (Alloy, 2009), la pomme de terre occupe une place très importante dans l'alimentation humaine. La consommation de pomme de terre dépasse les 35 Kg par personne et par an, primeurs comprises, auxquels s'ajoutent en moyenne plus de 25 Kg sous forme de produits transformés (chips, frites, poudres et flocons destinés à la préparation de purées ou de potage).

La pomme de terre est une culture stratégique de part sa position dans le monde où elle occupe la quatrième place après les cultures de blé, de riz et de maïs. La production mondiale a été évaluée en 2013 à plus de 368 millions de tonnes sur 19,4 millions d'hectares (Rolot et Vanderhofstadt, 2014).

En Algérie, l'érosion des terres, la salinisation, ainsi que la désertification menacent 3,2 millions d'hectares de terres, de parcours et le couvert forestier de la région Nord, (Akesbi *et al.*, 2007). C'est le cas également : d'un million d'hectare au niveau de la steppe, 400 000 hectares dans la région Ouest, et 100 000 hectares dans le sud du pays où la culture de la pomme de terre est pratiquée sous pivot notamment à Oued Souf (Ministère de l'Agriculture, 2005). Cette salinisation des zones arides ou semi-arides est due principalement à la forte évaporation des eaux qui favorise la concentration des sels totaux dans l'eau, et leur remontée à la surface des sols (IRD, 2008).

Dans les zones arides et semi arides, les fortes teneurs en sel sont des facteurs essentiels limitant la production végétale, notamment celle de la pomme de terre qui est largement utilisé dans l'alimentation humaine de par le monde d'où les surfaces actuellement utilisables pour sa production sont insuffisantes. L'augmentation de cette production passe par le choix d'une technologie de création d'un matériel végétal tolérant aux sels et précisément au chlorure de sodium (NaCl) pour permettre d'étendre les aires de cultures et d'assurer une meilleure suffisance alimentaire (Bajji *et al.*, 2001).

Dans ce contexte les techniques de biotechnologies végétales et plus particulièrement la culture *in vitro* des tissus peuvent jouer d'importants rôles dans la sélection de nouveaux cultivars en complément de la sélection classique aux champs. Pour cela, différentes voies biotechnologiques sont utilisées pour augmenter la diversité et les capacités des plantes à tolérer les stress, sachant que dans une population naturelle c'est la plante entière qui fait face aux pressions sélectives où le criblage est effectué à un niveau global. Par contre, *in vitro*, c'est la cellule, libérée des contraintes rencontrées dans la plante

entière, qui constitue la cible des pressions sélectives afin d'arriver à une gamme de variant ainsi générés qui diffèrent de ceux issus de la sélection classique (Sibi, 1996, Cattevoli *et al.*, 2002). L'application la plus importante est la micropropagation à travers cette technique que porte notre travail de mémoire de master qui consiste à suivre le comportement de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) *in vitro* sous des conditions salines.

L'objectif de notre travail consiste donc à chercher l'effet de la salinité sur des variants de pomme de terre *in vitro* chez deux variétés : *spunta* et *désirée* qui sont les deux variétés les plus cultivées actuellement.

Pour cela deux étapes ont été réalisées :

- Dans un premier temps nous avons réalisé la technique de culture des vitroplants sur nos échantillons « *spunta* et *désirée* ».
- Dans un deuxième temps, nous avons suivi la micropropagation des vitroplants dans différentes concentrations de NaCl.

Chapitre I : Revue bibliographique

Partie 1 : pomme de terre

1.1. Historique de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*L.)

La pomme de terre est une plante annuelle d'origine sud-américaine. Elle a été découverte au Pérou pour la première fois en 1533 par l'espagnole Pedro de Cieza. Ainsi, depuis les Andes péruviennes où les Incas l'employaient comme aliment, elle fut ramenée en Europe (Espagne) par les navigateurs espagnols en 1534 où elle est cultivée par les moines de Seville en 1573, sous le nom de Papa. Depuis lors, la pomme de terre va conquérir l'Europe, d'abord l'Espagne où elle prendra le nom de patata, puis l'Italie où elle est désignée taratoufli, l'Irlande (potato), l'Allemagne puis la France.

C'est en 1716 que l'ingénieur français Antoine Augustin Parmentier employa le terme (Pomme de terre) pour ainsi désigner les tubercules. En France, cette espèce doit surtout sa renommée au pharmacien Augustin Parmentier qui la proposa comme aliment de substitution en cas de disette, notamment après la famine de 1769-1770 (Sidikou, 2002). Depuis lors, la production progressa de façon spectaculaire et en une génération elle acquit le statut d'aliment parmi les plus importants en Europe.

En Afrique, la pomme de terre a été introduite à la fin du 19^e siècle par le colonisateur européen. Aujourd'hui, on la rencontre très fréquemment en zones arides où elle alimente le marché des produits agricoles. La production est très importante dans certains pays dont entre autres: l'Égypte avec 2600000t; le Malawi:2200000t; l'Afrique du Sud: 1972391t; l'Algérie:1900000t; le Nigéria: 843000t, ...(FAOSTAT, 2007).

En Algérie, la pomme de terre a probablement été introduite une première fois auXVI^{ème} siècle par les Maures andalous qui ont propagé les autres cultures dans la région telles que :tomate, poivron, maïs, tabac puis elle est tombée dans l'oubli n'ayant pas suscité d'intérêt.

Dans la deuxième moitié du XIX^{ème} 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).

1. 2.Taxonomie et origine génétique

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

la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) appartient à la famille des Solanacées. Cette famille réunit en plus de la pomme de terre plusieurs plantes cultivées ou spontanées, entre autres : la tomate, le tabac, l'aubergine, le datura. Le genre *Solanum* comprend 1000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses (Hawkes, 1990 ; Doré *et al.*, 2006). On pensait autrefois que la pomme de terre était issue d'une plante sauvage unique, l'espèce *S. tuberosum* L. Dès 1929, les botanistes avaient 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 ; Doré *et al.*, 2006).

La **figure 1** représente l'origine génétique des espèces cultivées de pomme de terre. (Hawkes, 1990) propose une hypothèse qui donne à *S. tuberosum* une nature allo-tétraploïde issue d'un amphidiploïde entre *S. sparsipilum* et *S. stenotomum*. Mais d'autres auteurs pensent qu'il s'agit d'un autotétraploïde compte tenu de son comportement cytogénétique. Iwanga et Peloquin (1982) expliquent que l'espèce serait apparue grâce à la présence de diplogamètes chez les ancêtres.

Selon Rousselle *et al.*, 1996, au cours du XVI^{ème} siècle, la pomme de terre avait plusieurs dénominations scientifiques :

Archidna papas peruanorum

Deleclu (1601)

Papus orbiculatus

John Gerard (1596)

Battata virginiana John Gerard (1597)

Papus orbiculatus John Gerard (1599)

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

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Asteridae

Ordre : Solanales

Famille : Solanaceae

Sous-famille : Solanoideae

Genre : *Solanum*

Espèce : *Solanum tuberosum* L.

Selon la classification cladistique APG III (2009) :

Clade : Angiosprmes

Clade : Dicotylédones vrais

Clade : Noyau des cotélydones

Clade : Asteridées

Clade : Lamildées

Ordre : Solanales

Famille : Solanacées

Genre : *Solanum*

Espèce : *Solanum tuberosum* L.

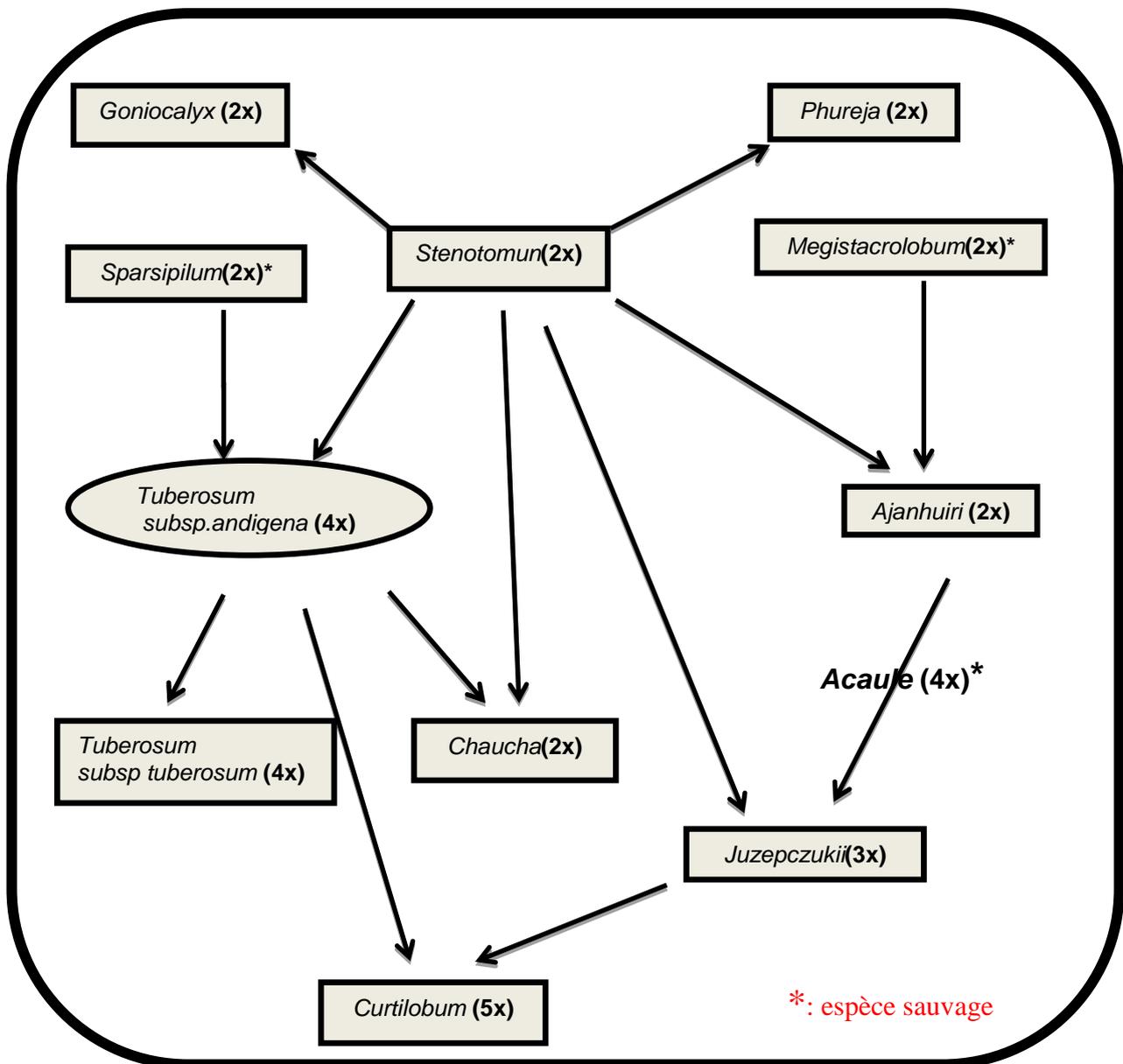
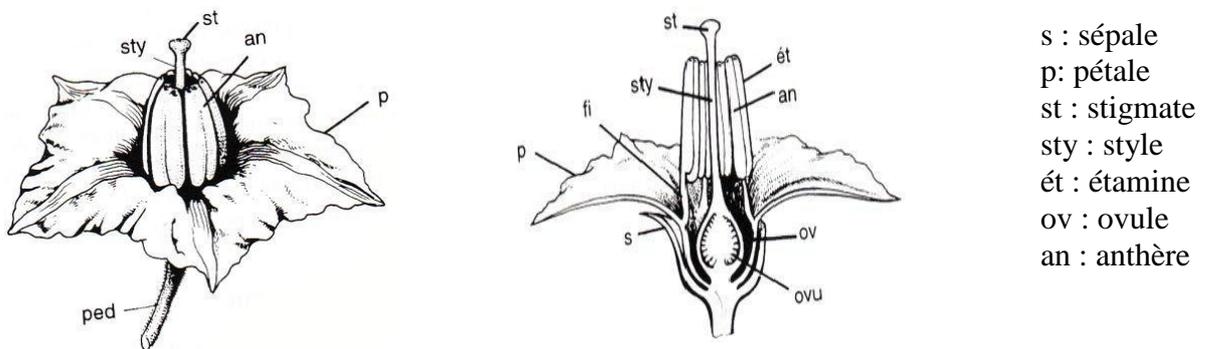


Figure 1: L'origine génétique des espèces cultivées de pomme de terre D'après Hawkes ,1990 in Rousselle *et al.*(1996).

1. 3. Description botanique

La plante est une espèce herbacée vivace par ces tubercules mais cultivée en culture annuelle selon (Rousselle *et al.*, 1996). Elle comporte à la fois des tiges aériennes et des tiges souterraines (Darpoux et Debelley, 1967). Les organes 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 sont une caractéristique variétale plus ou moins influencée par le milieu (Gallais et Bannerot, 1992).

Formule florale : $O : (5S), ((5P), 5E), (2C)$



s : sépale
 p : pétale
 st : stigmate
 sty : style
 ét : étamine
 ov : ovule
 an : anthère

La fleur

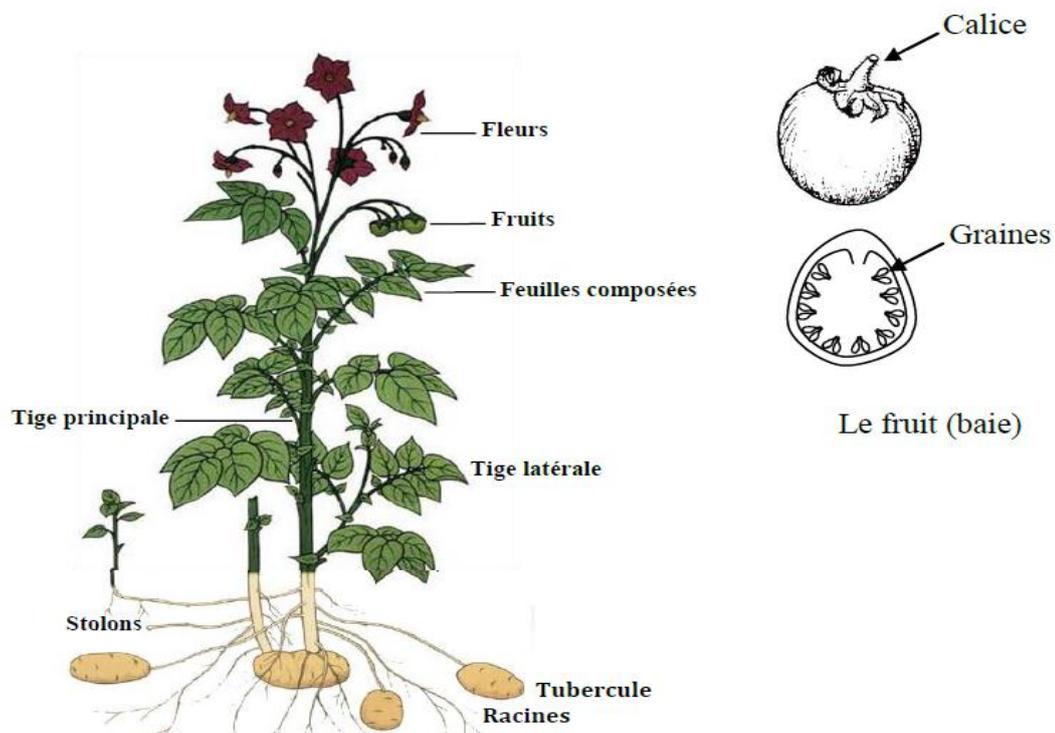


Figure 2 : Morphologie de la plante de la pomme de terre (Oswaldo, 2010).

Les différentes espèces et variétés de la pomme de terre ont des caractéristiques botaniques différentes **Figure 2**. C'est pour cela qu'il est important de bien connaître les différentes parties de la plante (Anonyme, 1999).

1. 3. 1. Description de la partie aérienne

Les tiges aériennes, de section quadrangulaire, renferme un alcaloïde toxique, la solanine qui peut aussi se former dans les tubercules lorsque ceux-ci sont longuement exposés à la lumière. Elles portent des feuilles, de type composé impari penné, constituées de grandes folioles dites primaires, implantées par paires (généralement trois ou quatre) sur un pétiole terminé par une foliole unique et de nombreuses petites folioles intercalaires (Crosnier, 1999).

Les fleurs regroupées en cyme son rarement fructifères, toutefois l'abondance de la fructification dépend de la variété. Les fleurs sont généralement de couleur blanche, rose, bleue ou lilas violacé. En général les variétés à peau blanche ont des fleurs blanches, tandis que les variétés à peau colorée ont des fleurs colorées (Nyabyenda, 2005). Elles sont composées de 5 sépales soudés à leur base, 5 pétales soudés également, 5 étamines libres, accolées les unes aux autres et un pistil à un seul style. Chez certaines variétés comme Bintje, les boutons floraux avortent (Crosnier, 1999). Ces fleurs donnent des fruits en forme de baie contenant des graines plates et blanchâtres, chaque baie peut contenir plusieurs dizaines de graines. Les graines de la pomme de terre ne sont utilisées qu'en amélioration génétique afin d'obtenir de nouvelles variétés (Anonyme, 1999).

1. 3. 2. Description de la partie souterraine

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).

Le tubercule de pomme de terre est une portion de tige à l'intérieur de laquelle se trouvent accumulées des réserves composée de :

- Eau 77,50 %
- Matière sèche 22,50 %
 - Glucides (amidon essentiellement) 19,40 %
 - Protides 2,00 %
 - Lipides 0,10 %
 - Sels minéraux 1,00 %

Le tubercule se présente sous les aspects les plus variés :

- de différentes formes (réniforme, claviforme, oblong, rond) ;
- de couleurs diverses (jaune-ocre, rose, rouge, violacé).

La peau du tubercule est lisse ou rugueuse et la chair peut être blanche, jaune, rose, exceptionnellement violet foncé.

Le tubercule porte un certain nombre de bourgeons appelés « yeux », disposés selon une spirale et plus concentrés du côté de la couronne. L'autre pôle est dénommé « talon » et c'est là que se situe le point d'attache du stolon (le hile).

En conditions favorables, les bourgeons se développent et donnent naissance à des germes de couleur variable selon les variétés (vert, rose, violacé). Si le tubercule germé est placé dans le sol, des pousses apparaissent à partir de chaque germe ; elles comprennent, d'une part, une partie aérienne composée de tiges, rameaux et feuilles, d'autre part, un réseau dense de racines adventices et des tiges sous terraines, appelées « stolons ». Au bout d'un certain temps de végétation, ceux-ci se renflent à leur extrémité et différencient des ébauches de tubercules (Crosnier, 1999).

1.4. La pomme de terre dans le monde

La pomme de terre est une culture stratégique de part sa position dans le monde où elle occupe la quatrième place après les cultures de blé, de riz et de maïs. La production mondiale a été évaluée en 2013 à plus de 368 millions de tonnes sur 19,4 millions d'hectares.

Les évaluations de production de ce site démontrent également que, depuis dix ans, c'est dans les pays en voie de développement que l'accroissement de la culture est le plus marqué alors que, dans les pays développés, on observe une stabilité (Amériques) ou une diminution de la production (Europe). C'est en Afrique que la culture a connu ces dix dernières années l'accroissement le plus élevé, à hauteur de 180 %. L'Asie suit avec une progression de 133 % (Rolot et Vanderhofstadt, 2014).

En bordure de la mer Méditerranée, on retrouve les deux principaux producteurs africains ; l'Égypte (4,8 millions de tonnes) où une partie de la production (primeur) part à l'exportation, et l'Algérie (4,4 millions de tonnes) où le produit est classé comme « aliment stratégique » de par son importance pour nourrir la population. Les autres pays d'Afrique du Nord sont également des producteurs et consommateurs importants (Maroc, Tunisie). Sous les mêmes latitudes mais dans l'hémisphère sud, on notera également une production importante en Afrique du Sud, classée en Afrique en 3^e position (2,2 millions de tonnes). Dans toutes ces régions, la pomme de terre, qui peut être cultivée deux fois par an, a pris une place importante dans l'agriculture (Rolot et Vanderhofstadt, 2014) **figure 3**.

Cependant, si la culture de la pomme de terre compte parmi les plus prometteuses en Afrique, son développement reste entravé par différentes contraintes, parmi lesquelles on peut citer :

- un accès limité à des semences de qualité,
- un déficit de connaissances techniques parmi les promoteurs,
- des infrastructures de stockage inexistantes ou peu performantes,
- un manque des variétés robustes bien adaptées aux différentes conditions de culture,
- un accès difficile aux crédits.

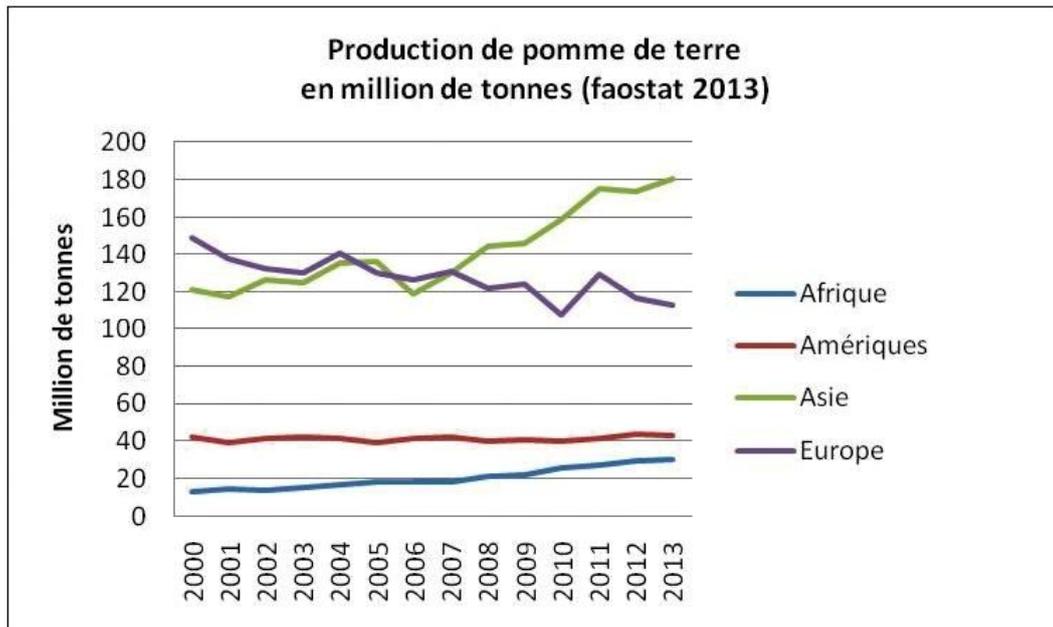


Figure 3 : La production mondiale de la pomme de terre de 2000 à 2013 (Rolot et Vanderhofstadt,2014).

Aujourd'hui, la culture de la pomme de terre prend une importance économique et géostratégique majeure, car elle peut contribuer à apporter une réponse à la pénurie des denrées alimentaires dans certaines régions du monde. Cette culture, présente un rendement à l'hectare très élevé. Elle est également utilisée dans d'autres domaines comme celui de la chimie, la pharmacie ou la papeterie.

1. 5.La pomme de terre en Algérie

La culture fut introduite en Algérie au milieu du XIXème siècle, l'essentiel de la production était expédié vers la France. En 1962, lorsque le pays acquit son indépendance, il produisait 250 000 tonnes par an et en exportait environ le tiers (FAOSTAT, 2008).

Selon Amrar (2013), en Algérie, la production en 2012/2013 toute catégorie de cultures de pommes de terre confondues se situe autour de 4,5 millions de tonnes dont 0,45 millions de tonnes de semences

pour une superficie de l'ordre de 125 000 hectares. Le rendement moyen en Algérie toute tranche de culture confondue se situe autour de 28 tonnes par hectares, avec des records pouvant atteindre 60 tonnes par hectare.

Les wilayas les plus productrices sont : la wilaya d'El Oued avec 11,7 millions de quintaux (24%), la wilaya d'Ain Defla avec 7,3 millions de quintaux (15%) et la wilaya de Mostaganem avec 3,7 millions de quintaux (8%).

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

De 2010 à 2013 la production a augmenté de 29% **figure 4**, alors les superficies n'ont augmenté que de 19,41%, ce qui montre que ces gains de production découlent plus de l'amélioration des rendements.

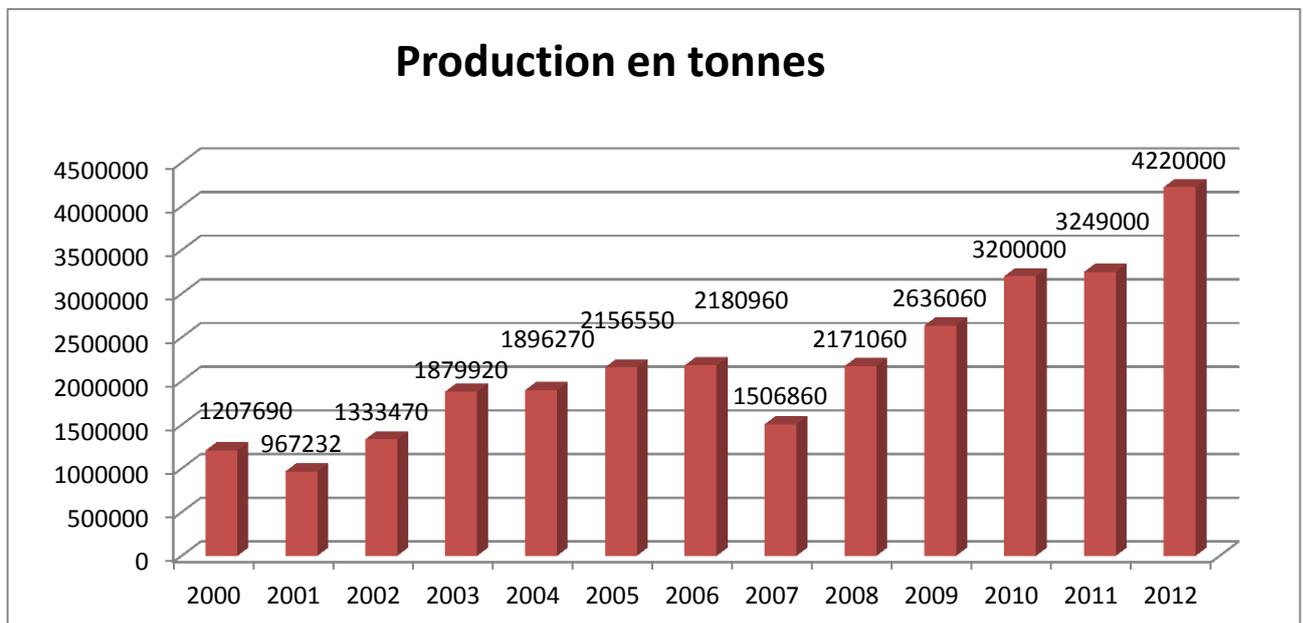


Figure 4 : Les productions de la culture pommes de terre durant la période 2000 – 2012 (CNIFPT, 2013).

1.6. Le mode de reproduction pomme de terre

1. 6. 1. Reproduction classique

Elle peut être sexuée : 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, 2005a).

Elle peut être végétative: Selon (Anonyme, 2003), en partant de stade tubercule germé, le cycle végétatif de la pomme de terre comprend 4 étapes **figure 5**. Un tubercule germé est planté en terre, ses germes se transforment en tige feuillée dont les bourgeons axillaires donnent au-dessus du sol des tiges, au-dessous des stolons : c'est la place de croissance végétative.

Au bout d'un certain temps, variable selon la variété et le milieu, les extrémités des stolons cessent de croître et se renflent pour former en une ou deux semaines les ébauches des tubercules : c'est la tubérisation, qui se prolonge jusqu'à la mort de la plante par la phase de grossissement. Sur les organes aériens, rien ne permet d'indiquer le moment de cette ébauche de tubercules.

A la mort de la plante soit naturellement, soit artificiellement provoquée, les tubercules sont incapables de germer même dans les conditions optimales de température et d'humidité : c'est le repos végétatif ou dormance.

Ces différentes phases sont sous la dépendance de substances chimiques (Hormones) agissant à faible dose, transmissibles par greffe et élaborées à la fois par les feuilles et le tubercule-mère (substance de tubérisation et substance de croissance). L'élaboration de ces substances par le feuillage est variable avec la température, la photopériode et la variété (Crosnier, 1999).

Il faut mentionner que la phase du développement de la masse des tubercules est décalée par rapport au développement de la végétation. Les tubercules continuent donc à croître pendant la phase de sénescence (Rolot et Vanderhofstadt, 2014).

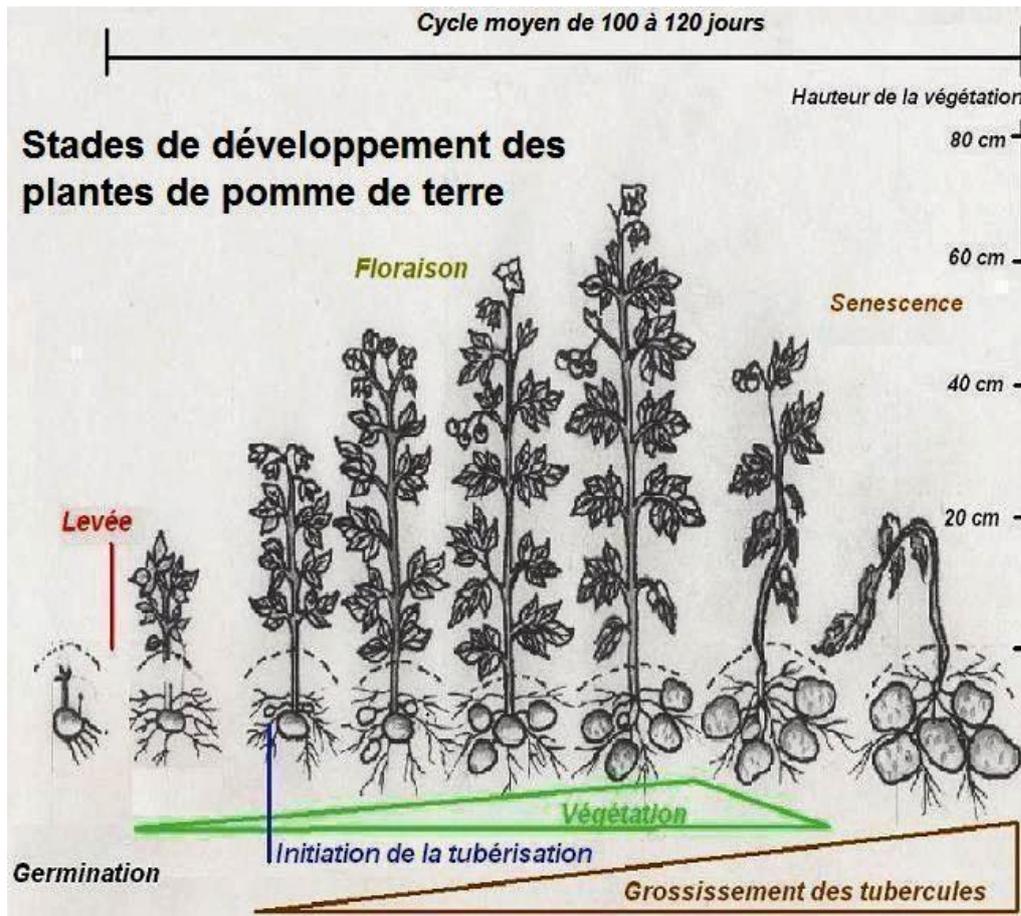


Figure 5: Le cycle végétatif moyen de la plante de pomme de terre (Rolot et Vanderhofstadt, 2014).

1. 6. 2. Reproduction *in vitro*

Au niveau du laboratoire, la culture de germe issu de tubercule sain en milieu aseptique en conditions de culture *in vitro* **figure 6** :son développement donnera une première plantule (étape 1). Celle-ci, une fois développée, va être multipliée par bouturage : on découpe la tige en autant de boutures qu'elle possède de nœuds puis les repiqué dans le milieu de culture (étape 2). Les vitro plants se développent et produisent des microtubercules (étape 3). Ces petits tubercules ont un calibre variant de 3 à 8 mm, c'est pourquoi on les appelle communément des microtubercules (étape 4). Les plantules *in vitro* peuvent être acclimatées en serre (étape 5) et produire en serre des minitubercules d'un calibre de 8 à 20 mm (étape 6) ou peuvent être uniquement acclimatées en serre jusqu'à un stade de 10 à 15 feuilles, ensuite transplantées en plein champ (étape 7). La tubérisation en plein champ donnera des calibres normaux de 28 à 45 mm (étape 8) (Rolot et Vanderhofstadt, 2014).

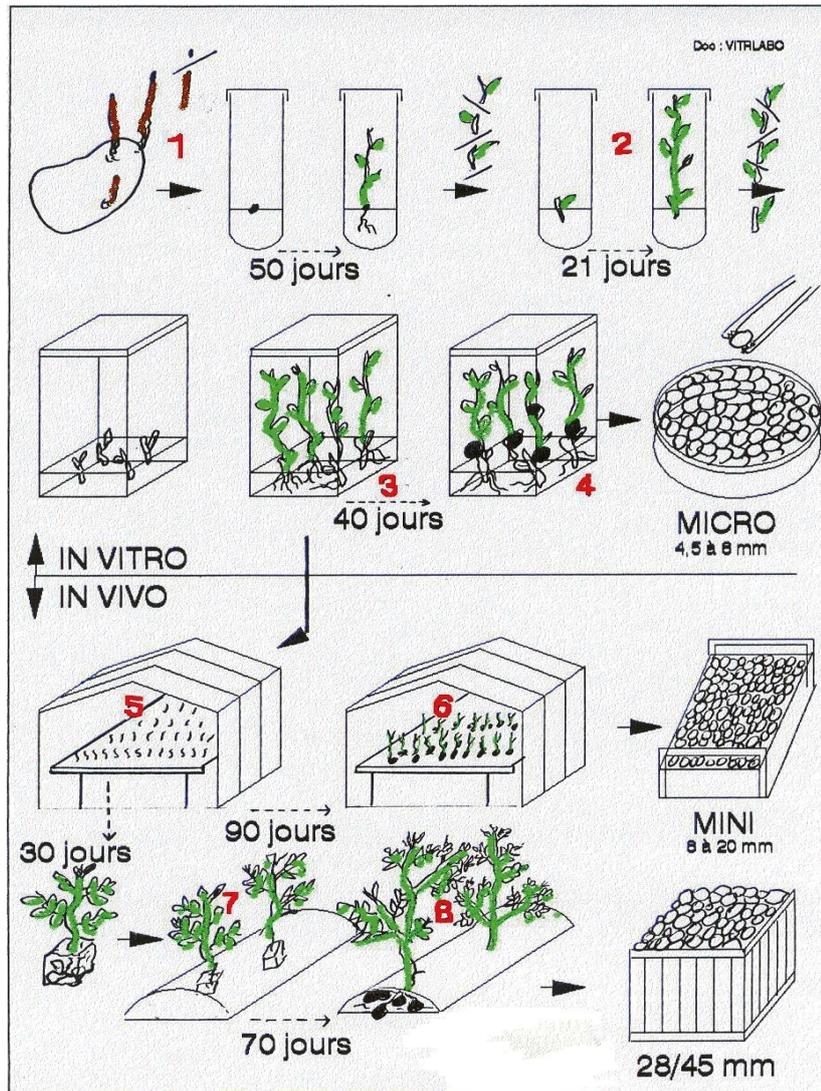


Figure 6: la production des semences pré-base de la pomme de terre à partir de la micropropagation in vitro (Rolot et Vanderhofstadt, 2014).

Récemment, la production de la G0 se fait en culture hydroponique, par l'utilisation d'une solution nutritive, régulièrement oxygénée. Les vitroplants sont disposés par-dessus la solution, pour produire par la suite des microtubercules. Lors de la levée de la dormance, ces microtubercules sont cultivés en serre hors-sol pour obtenir la G1 puis la G2. Par la suite, cette dernière est cultivée dans le champ pour avoir la SE (semence Super Elite).

Cette méthode a l'avantage d'être rapide quantitativement (500 000 à un million de plants) en conditions contrôlés (INRAA, 2013).

1. 7.Règlementation de la production en Algérie

L'autorité responsable du contrôle est le Centre National du Contrôle et Certification des plants et semences (CNCC). Il est sous l'autorité du Ministère de l'Agriculture. Créé seulement en 1992, sa mission est de proposer la réglementation technique relative aux procédures d'inscription et/ou la radiation des espèces et variétés cultivées.

Le conseil d'orientation est composé par les représentants des Ministères de l'Agriculture (président), Finance, Commerce, Planification, des personnels techniques et administratifs des Centre et des Organismes opérateurs dans les filières des semences et plants (CNCC, 1995).

L'arrêté N°250 du 03 octobre 1995, fixe le règlement technique spécifique relatif à la production, au contrôle et à la certification des plants de pomme de terre ; le CNCC est chargé d'assurer les contrôles :

- La présence d'un minimum de pureté variétale ;
- La présence d'un bon état physiologique et sanitaire des tubercules.

Les agréments et admissions au contrôle peuvent être prononcés séparément ou simultanément pour les catégories d'établissements producteurs de plants de : pré-base, de base (E et SE), et plants certifiés (class A et B).

1.8 .Différentes variétés cultivées en Algérie

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

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

Tableau 1: Liste des variétés de pommes de terre autorisées à la production et à la commercialisation en Algérie. (Arrêté du 9 Ramadhan 1427 correspondant au 2 octobre 2006 fixant la liste provisoire des espèces et variétés de pommes de terre autorisées à la production et à la commercialisation)

Variétés oblongues allongées	Autres variétés		
<i>1 - alaska</i>	<i>1 - accent</i>	<i>30 - cosmos</i>	<i>59 - obelix</i>
<i>2 - aida</i>	<i>2 - adora</i>	<i>31 - dai fla</i>	<i>60 - oléva</i>
<i>3 - allegro</i>	<i>3 - agria</i>	<i>32 - désirée</i>	<i>61 - oscar</i>
<i>4 - amorosa</i>	<i>4 - ailsa</i>	<i>33 - diamant</i>	<i>62 - ostara</i>
<i>5 - apolline</i>	<i>5 - ajiba</i>	<i>34 - ditte</i>	<i>63 - pamela</i>
<i>6 - arinda</i>	<i>6 - ajax</i>	<i>35 - escort</i>	<i>64 - pamina</i>
<i>7 - arnova</i>	<i>7 - akira</i>	<i>36 - fabula</i>	<i>65 - pentland</i>
<i>8 - ballade</i>	<i>8 - almera</i>	<i>37 - famosa</i>	<i>dell</i>
<i>9 - bellini</i>	<i>9 - ambo</i>	<i>38 - florice</i>	<i>66 - pentland</i>
<i>10 - cantate</i>	<i>10 - anna</i>	<i>39 - folva</i>	<i>square</i>
<i>11 - carmine</i>	<i>11 - apollo</i>	<i>40 - frisia</i>	<i>67 - provento</i>
<i>12 - ceasar</i>	<i>12 - argos</i>	<i>41 - granola</i>	<i>68 - raja</i>
<i>13 - coralie</i>	<i>13 - armada</i>	<i>42 - jaerla</i>	<i>69 - red cara</i>
<i>14 - cleopatra</i>	<i>14 - aranka</i>	<i>43 - kennebec</i>	<i>70 - red pontiac</i>
<i>15 - dura</i>	<i>15 - ariane</i>	<i>44 - kingston</i>	<i>71 - remarka</i>
<i>16 - elodie</i>	<i>16 - asterix</i>	<i>45 - kondor</i>	<i>72 - resy</i>
<i>17 - elvira</i>	<i>17 - atlas</i>	<i>46 - korrigane</i>	<i>73 - rosara</i>
<i>18 - estima</i>	<i>18 - atica</i>	<i>47 - kuroda</i>	<i>74 - rubis</i>
<i>19 - hanna</i>	<i>19 - balanse</i>	<i>48 - ilona</i>	<i>75 - sahel</i>
<i>20 - hermine</i>	<i>20 - baraka</i>	<i>49 - isna</i>	<i>76 - samanta</i>
<i>21 - idole</i>	<i>21 - barna</i>	<i>50 - labadia</i>	<i>77 - satina</i>
<i>22 - liseta</i>	<i>22 - bartina</i>	<i>51 - latona</i>	<i>78 - segura</i>
<i>23 - monalisa</i>	<i>23 - burren</i>	<i>52 - lola</i>	<i>79 - simply red</i>
<i>24 - nicola</i>	<i>24 - cardinal</i>	<i>53 - maradona</i>	<i>80 - slaney</i>
<i>25 - o.siréne</i>	<i>25 - carlita</i>	<i>54 - margarita</i>	<i>81 - stemster</i>
<i>26 - rodéo</i>	<i>26 - claret</i>	<i>55 - mirakel</i>	<i>82 - superstar</i>
<i>27 - safrane</i>	<i>27 - chieftain</i>	<i>56 - mondial</i>	<i>83 - symfonia</i>
<i>28 - spunta</i>	<i>28 - concurrent</i>	<i>57 - navan</i>	<i>84 - tulla</i>
<i>29 - terra</i>	<i>29 - cornado</i>	<i>58 - novita</i>	<i>85 - valor</i>
<i>30 - timate</i>			<i>86 - vivaldi</i>
<i>31 - ultra</i>			<i>87 - xantia</i>
<i>32 - voyager</i>			
<i>33 - yesmina</i>			

1.9. Les maladies et les ennemis de la pomme de terre

Tableau2: Les principales maladies de la pomme de terre (Bernhards, 1998 ; Cirad et Gret,2002).

Les maladies	La cause	Les symptômes
Mildiou de la pomme de terre	<i>Phytophthora infestant</i> ce champignon se transmet par le vent	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Brunissement de labase des tiges ou de portions de tige et de pétioles ✓ Taches jaunâtres devenant brunes sur les feuilles de la base
Virus X	Virus X .Ce virus transmet par frottement	Décoloration bénigne en forme de mosaïque légère entre les nervures.
Virus M	Virus M. Le vecteur de cette maladie sont les pucerons	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Faible décoloration des nervures, folioles apicales. ✓ Légère coloration rougeâtre des feuilles terminales. ✓ Une ondulation des bordset la formation de taches en mosaïque
Tache de rouille	Virus du ratte	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Une coupe des tubercules montre ✓ des tissus morts sous forme de tache rouge-brun
Cœur noir et Cœur creux	Bactéries de pourriture apparaît à cause du manque d'O2 Le brusque passage de période sèche à période humide et viceversa.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Les tissus de tubercules montrent une surface de tissus noirs. ✓ Excès de fumures azotées
Rhizoctone brun	Rhizoctonia. Maladie fongique.	Attaques sévères sur les tiges et les stolons et enroulement des feuilles
Bactéries pathogènes du genre Erwinia	Bactéries pathogènes du genre Erwinia, cette bactérie se transmet par la pluie, l'eau d'irrigation et les insectes.	Attaques sévères sur les tiges et les stolons et enroulement des feuilles
Nématodes	Globodera rostochiensis et Globodera pallida	Mauvaise croissance du végétal Nanisme
Puceron vert du pécher	Puceron vert du pécher	Déformation du limbe
PLRV (potato leafroll virus)	Virus d'enroulement de la pomme de terre, causé par l'accumulation d'amidon qui rend les feuilles dures	Enroulement des feuilles Le nanisme de la plante

Partie 2 : la salinité

2.1. Définition

Les sols salés se caractérisent par une accumulation de différents types de sels. Leur pédogenèse est influencée par la présence de sels solubles (chlorures, sulfates, carbonates, bicarbonates de sodium et/ou magnésium dont la teneur élevée peut les rendre apparents à l'examen visuel et provoque une modification importante de la végétation. (Khadraoui, 2005).

Au niveau du globe terrestre, il existe de vastes zones où une salinité élevée fait naturellement partie de l'environnement (Fitter et Hay, 1987). La salinisation des sols représente l'étape ultime et difficilement réversible de la dégradation des écosystèmes secs (Mainguer, 1995). Elle est liée à un excès d'évaporation par rapport aux précipitations ; lorsque le potentiel de rapport précipitation /évaporation est inférieure à 0.75 les risques sont élevés (Hopkins, 2003).

2.2. Origine et genèse des sels

La formation d'un sol salin résulte généralement de l'accumulation de sels dans les horizons de surface. Ce processus dépend essentiellement du régime hydrique du sol et des sources de sel (Keren, 2000, Levy, 2000 ; Brady et Weil, 2002, Essinyton, 2004).

L'accumulation des sels dans les sols a pour origine plusieurs facteurs dont les principaux sont : les eaux d'irrigations, les roches parentales plus ou moins salées, la très forte évaporation et surtout la concentration des sels dans le temps en l'absence de drainage (Khadraoui ,2005).

2. 3. Répartition géologique et importance des sols salés

A l'échelle mondiale, les sols salés occupent des surfaces étendues et constituent un grand problème pour l'agriculture. De l'ensemble des sols cultivés du monde 23% sont affectés par des problèmes de salinité (Keren, 2000).

En Algérie, les sols agricoles sont dans leur majorité, affectés par la salinité ou susceptibles de l'être (Durand, 1983).

Les sols salins sont très répondeus dans les basses plaines d'Oranie dans la vallée de Mina préside Relizane, sur les hautes plaines au sud de Sétif et de Constantine et aux bords des chotts. Ils ont aussi une grande extension dans les régions sahariennes au sud de Biskra jusqu'à Ouargla et au-delà (Durand, 1983).

2. 4. Classification des sols salés

Pour la classification des sols salés, les auteurs utilisent des paramètres de salinité et de sodicité pour obtenir des classes des sols salés basées sur la CE et le ESP

Tableau 3 : Classification des sols salé

	Sols salins (Solontchaks)	Sols Salés à alcalins (Solontchaks Solonetz)	Sols alcalins (Solonetz)
CE ds/m (à 25 °c)	>4 ds/m	>4 ds/m	<4 ds/m
pH	<8,5	<8,5	>8,5
ESP (% CEC)	< 15 %	> 15 %	>15 %

2. 5. Effets de la salinité sur les propriétés physico-chimiques du sol

2.5.1. Effet de la salinité sur les propriétés physiques du sol

C'est par leurs cations que les sels solubles affectent les propriétés du sol. Il s'agit essentiellement de l'ion sodium. L'action défavorable de cet ion à l'état échangeable se traduit par la dispersion des colloïdes du sol, ce qui peut conduire à une :

- Structure dégradée ;
- Réduction de la perméabilité et de l'aération ;
- Faible disponibilité de l'eau à la plante (Halitim, 1973, Duchuffour, 1976, Hunin, 1981 *et al*).

2. 5. 2. Effets de la salinité sur les propriétés chimiques du sol

✓ **pH réaction du sol**

La réaction du sol (pH) est influencée par la nature des sels. Alors que certains sels sont acidifiants (CaSO_4 , HCl , MgSO_4), d'autres sont alcalinisant (NaHCO_3 , CaCO_3 , Na_2CO_3).

✓ **ESP : (taux de sodium échangeable)**

Le taux de sodium échangeable a une grande importance dans les sols alcalins, vu que ces derniers retiennent de faibles concentrations en sels solubles et la grande quantité de sodium se trouve

sous la forme échangeable. Tandis que, dans le cas des sols salés la grande partie de sodium se trouve dans la solution du sol.

2. 6. Effets de la salinité sur les propriétés microbiologiques du sol

La teneur excessive en sel présente dans les sols à un impact adverse sur les populations microbiennes et sur leurs activités. La concentration de la solution en sels entraîne une augmentation de la pression osmotique. Celle-ci inhibe le développement des micros organismes qui jouent un rôle très important dans la biologie des sols.

Toute fois la sensibilité du microorganisme à l'égard de la salinité est différentielle suivant des degrés de la salure. En effet la relation entre la salinité et l'activité microbienne n'est apparemment pas une fonction linéaire mais représente une valeur seuil de salinité au-delà de laquelle il y a une forte diminution Halitim et Dellal ,1992 in Oustani (2006).

2.7. Effets de la salinité sur les végétaux

2. 7. 1. Effets de la salinité sur les processus physiologiques de la plante

✓ Effet sur la germination

La germination des plantes qu'elles soient halophytes ou glycophytes est affectée par la salinité (Debez *et al.* 2001), en réduisant le nombre totale des graines germées et en accusant un retard dans l'initiation du processus de la germination (Ismail, 1990).

✓ Effet sur la croissance et le développement

La salinité constitue avec la sécheresse une des principales contraintes responsables de la perte du rendement des cultures et de la détérioration du couvert végétal (Messedi et Abdelly, 2004).

Le ralentissement de la croissance peut résulter de plusieurs facteurs à savoir :

- La perte de turgescence des cellules due au stress osmotique induit par le soluté externe (Serrano et Gaxiola, 1994) ;
- L'accumulation excessive d'électrolytes dans les tissus de la plante entraînant un effet de toxicité (Grouziset *al.* 1977) ;
- Le déséquilibre nutritionnel causé par l'absorption réduite des ions essentiels comme K^+ , Ca^{++} et NO_3^- en liaison avec une accumulation excessive de Na^+ et Cl^- . (Grouziset *al.* 1977 ; haouala *et al.*, 2007).

2. 7.2. Effets de la salinité sur les processus biochimiques

✓ **Effets sur la photosynthèse**

En générale la salinité intervient en diminuant la vitesse de la photosynthèse par unité de surface foliaire ainsi, que l'utilisation des photosynthétats pour la croissance (Asloum, 1990). Chez les glycophytes une concentration saline réduit l'assimilation du carbone. La réduction de l'assimilation du carbone est provoquée à la fois par une photosynthèse réduite et un maintien accru de la respiration (Hopkins, 2003).

Le stress salin cause des effets à long et à court terme sur la photosynthèse. Les effets à court terme se manifestent après quelques heures jusqu'à un à deux jours de l'exposition au stress, et la réponse est importante il ya un arrêt complet de l'assimilation du carbone. Les effets à long terme s'expriment après quelques jours de l'exposition au sel et la diminution de l'assimilation du carbone est due à l'accumulation du sel dans les feuilles en développement Munn et Termatt, 1986 in Parida et Das (2005).

✓ **Effet de la salinité sur les protéines**

La salinité freine la protéogénèse et augmente la protéolyse. Ces perturbations entraînent une accumulation d'amino-acides et d'amides libres (Asloum, 1990).

✓ **Effets de la salinité sur les sucres totaux**

Chez diverses espèces plus ou moins résistantes, on a observé une augmentation des sucres totaux résultant d'un blocage de la glycolyse ou du saccharose provenant d'une forte hydrolyse de l'amidon (Asloum, 1990).

2. 8. Mécanismes d'adaptation des plantes à la contrainte saline

2. 8. 1. Mécanismes de résistance à la salinité chez les végétaux

Les plantes développent plusieurs stratégies pour limiter les stress salins qui diffèrent selon la catégorie de la plante (Berthomieu *et al.* 2003). Chez les plantes sensibles à l'NaCl, le Na⁺ s'accumule dans les racines mais il est exclu des feuilles. Ces plantes sont dites **excluser**. A l'inverse les plantes tolérantes à NaCl sont dites **incluser** car elles ont en générale des feuilles plus chargées en Na⁺ que les racines, lorsqu'elles sont cultivées en présence de sel (Haoula *et al.* 2007).

✓ **Exclusion**

Les plantes peuvent empêcher l'absorption excessive de sels par exclusion du sel au niveau des racines et de la partie inférieure de la tige. Dans ce cadre, la sortie de Na⁺ des vaisseaux du xylème en

échange d'une entrée de K^+ avoisinant joue un rôle important dans la tige et les racines (Luttge et al., 2002).

✓ **Inclusion**

La plante capte le sel qui parvient aux feuilles au même titre que l'eau par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de pompes moléculaires. En fait, les vacuoles sont des compartiments fermés au sein de la cellule, le sel est ainsi isolé des constituants cellulaires vitaux (Berthomieu *et al.*, 2003).

3. 8. 2. Mécanismes d'adaptation des plantes à la salinité

✓ **Adaptations morphologiques**

De nombreux chercheurs ont étudié l'écologie, la morphologie et la physiologie de certaines halophytes (Lemme, 1978 ; Heller *et al.* 1998, Smail Saadoun, 2005). La morphologie et la structure de ces dernières sont adaptées dans le sens de l'économie d'eau (Saloum, 1990, Heller *et al.* 1998). En effet le sel dans la solution du sol gêne l'alimentation hydrique. Les caractères liés à cette adaptation sont :

- Une cuticule épaisse.
 - Des stomates rares Des cellules à grandes vacuoles permettant de stocker le NaCl.
- Une succulence des feuilles qui deviennent épaisses (Heller *et al.*, 1998).

✓ **Adaptations anatomiques**

Généralement les plantes répondent à de graves stress hydrique ou salin en fermant leurs stomates de façon à réguler la perte d'eau par la transpiration des feuilles sur la vitesse d'absorption de l'eau par les racines (Reinoso *et al.* 2004).

2. 8. 3. Adaptations physiologiques

La tolérance à la contrainte saline est associée à trois caractéristiques physiologiques essentielles :

- Une utilisation efficaces des ions Na^+ et Cl^- dans l'ajustement osmotique et le maintien de la turgescence ;
- Une bonne compartimentation vacuolaire de Na^+ et Cl^- au niveau des feuilles ;
- Une sélectivité d'absorption et de transport en faveur de K^+ malgré l'excès de Na^+ dans le milieu de culture (Tarchoune *et al.*, 2004).

2.8.4. Adaptations métabolique et accumulation des solutés organiques

L'une des réponses les plus communes des plantes aux stress est la production de différents types de solutés dites solutés compatibles. Ces derniers sont de petites molécules très solubles habituellement non toxiques à hautes concentrations dans les cellules (Nedjimi *et al.*, 2006, Asahraf et Foolad, 2007). Ils sont qualifiés de compatibles car ils ne perturbent pas les interactions entre les macromoléculaire et le solvant (Calu, 2006). Ces composés par leur concentrations assurent l'ajustement osmotique entre le cytosol et la vacuole (Heller *et al.* 1998 ; Calu, 2006).

➤ **Acides aminés et dérivés**

Les tissus des plantes halophytes accumulent de grandes quantités d'acides aminés et leurs dérivés dans le cytosol mais aussi dans la vacuole, la proline la B-alanine et la taurine sont les plus connus (Hasegawa *et al.* 2000).

➤ **Proline**

La proline est souvent citée comme l'osmoticum le plus largement distribué et accumulé sous des conditions environnementales variées (Lepoivre, 2003). Son accumulation est l'une des manifestations les plus remarquables du stress salin et hydrique. Le précurseur privilégié de la proline dans les situations de stress est le glutamate alors qu'en situation normale, la voie de l'ornithose apporte aussi une contribution à la synthèse de cette acide amine (Yoshida *et al.* 1995). La synthèse a lieu dans le cytoplasme et fait intervenir deux enzymes, la pyrroline-5- carboxylate synthétase (P5CS) et la pyrroline-5-carboxylase réductase (P5CR) (Zhany *et al.* 1995).

➤ **Glucides solubles et acide organiques**

Les glucides solubles

Le stress salin induit chez plusieurs espèces de plantes des modifications dans les teneurs relatives des hydrates de Carbone avec une accumulation plus ou moins importante des sucres solubles totaux (saccharose, glucose et fructose) (Regragui, 2005). Ces derniers semblent jouer un rôle important dans l'ajustement osmotique (Poormo hammad Kiani, 2007). Ils participent au maintien de la balance de la force osmotique pour garder la turgescence et le volume cytosolique aussi élevé que possible et permettent également une préservation de l'intégrité des membranes ainsi qu'une protection des protéines (Zerrad *et al.* 2006).

Partie3 : culture in vitro

3. 1. Définition de la culture in vitro

La multiplication végétative *in vitro* est un mode de reproduction asexuée artificielle, elle comprend un ensemble de méthodes faisant intervenir, d'une part des éléments d'asepsie, et d'autre part la mise en place d'un environnement parfaitement contrôlé : milieu défini pour chaque végétale, conditions optimales de température, photopériode, l'humidité,..... Ces méthodes s'appliquent autant à des fragments de plante (tissus ou organes), qu'à des cellules isolées ou à des protoplastes (Dutuit et Gorenflot, 2008).

La culture *in vitro* doit toute son extension à la **totipotence** cellulaire des végétaux. Toute cellule d'une plante peut, dans certaines conditions, se différencier pour devenir une cellule œuf, appelée cellule embryogène, capable de générer un nouvel individu. Ainsi peut-on obtenir à partir d'un fragment végétal plusieurs dizaines de milliers de plantules (Guyot *et al.*, 2003).

Chez la pomme de terre, on peut repiquer des fragments de germes comportant un nœud, qu'on appelle explants, munis d'une petite feuille et d'un bourgeon adventif. La plante issue, appelée vitroplant, peut être à son tour fragmentée, et conduire à d'autres vitroplants. Un seul bourgeon permet de produire en moins d'un an, 2 millions de plants, toutes identiques à la plante mère sur des milieux nutritifs artificiels (Cevie, 1997).

Cette méthode repose sur trois aspects fondamentaux et spécifiques aux plantes.

3. 1. 1. La totipotence

C'est la capacité de n'importe quelle cellule végétale différenciée possédant l'information nécessaire à réorienter son développement. Succède ensuite la différenciation puis la croissance et la division cellulaire pour reconstituer toutes les parties d'une plante (Ducreux, 2002 ; Robert *et al.*, 1998).

3. 1. 2. La différenciation

C'est le processus de transformation d'une cellule méristématique en une cellule spécialisée pour assurer les fonctions permettant la vie de la plante (Ducreux, 2002).

La différenciation est placée sous le contrôle de signaux de position venant, au cours du développement des cellules voisines provoquant la perte progressive des caractères cytologiques et

physiologiques des cellules embryonnaires et l'acquisition des caractéristiques des cellules adultes (Peyecru *et al.*, 2007).

3. 1. 3. La dédifférenciation

Les cellules végétales capables de se dédifférencier en cellules méristématiques à condition qu'elles conservent l'intégrité de leur machine cellulaire. La dédifférenciation va se traduire par la réacquisition des différentes caractéristiques des cellules indifférenciées c'est-à-dire la reprise de l'activité mitotique qui va permettre le reclonement de la cellule de départ puis le retour à l'état méristématique (Ducreux, 2002).

3. 2. Historique

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

En effet le botaniste **Haberlandt** fut le premier, en 1902, à définir exactement le problème de la culture des tissus et l'a tenté avec des fragments de plantes très diverses Il obtenait une survie des cellules de quelque mois mais jamais de multiplication (Schmid et Keller, 1981).

En 1934 **Gautheret** l'idée d'utiliser le tissu cambial des arbres. Il avait aussi trouvé le matériel idéal mais pas encore le milieu nutritif optimal. Ce n'est qu'en 1932 que **White**, aux Etats – Unis, obtint des cultures indéfinies de cellules de tabac. Au même moment **Gautheret** **Nobecourt** publiaient leur résultats sur la culture indéfinie de tissus de carotte (Toute, 1998).

Le succès fut assuré lorsque, on commença à ajouter au milieu de culture de l'auxine. En 1946, partant d'apex, **Balax** USA obtint quelques plantes de lupin. Tandis que **Wetmore** et **Morel** régénèrent des fougères en 1949. A la même époque l'équipe de **Limasset** et **Cornuet** France démontrent l'absence de particules virales dans les apex de tabac (Zryd, 1988).

Ces dernières observations ont été mises à profil, vers les années 1952, par **Morelet** **Martinqui** ont réussi à obtenir, par culture *in-vitro* de méristèmes, des plantes saines (indemnes de viroses) à partir de dahlia (Chevre, 1985).

L'année 1955 été marqué par la découverte de la Kinétine par **Skoog** (substance dotée d'un grand pouvoir caulogène a permis de provoquer, presque à volonté, la néoformation de bourgeons adventifs qui, traités par de l'acide gibbérellique et des auxines, s'enracinaient pour donner des plantes entières (Toute, 1998).

En 1958, **Steward** et son équipe régénèrent les premiers embryons dits somatiques à partir de cellules de carotte et confirment que certaines plantes développées à partir de culture de cellules sont issues d'embryogenèse asexuée. Dès lors, les expériences s'accumulèrent avec des plantes aussi diverses que le tabac, la carotte, le trèfle, le pois, le soja,....etc. (Schmid et Keller, 1981; Margara, 1989; Toute, 1998).

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

En 1975, **Pandey** utilise du pollen irradié de tabac pour réaliser des croisements interspécifiques. Et en 1976, **San Noeum** et l'équipe du professeur **Demarly** à Orsay réussit la première culture d'ovaire d'orge non fécondé. Pendant la même année **Seibert** réussit à initier des pousses d'oreillettes à partir d'apex conservés par cryoconservation (Pouect, 2007).

En 1983, **Van Montaigne et al** créent en Belgique les premières plantes transgéniques transformées par *Agrobacterium tumefaciens*. Il s'agit d'un plant de tabac résistant à la kanamycine (Anonyme, 1996).

3. 3. Les applications de la culture *in vitro*

Les applications sont nombreuses aujourd'hui tant dans le domaine de l'horticulture que dans celui de la recherche (notamment en amélioration des plantes), ou encore pour conserver la diversité variétale (conservatoires) pour sauvegarder des espèces menacées (conservation *ex-situ*). Ces techniques exigent la connaissance des facteurs de l'environnement (température, lumière, composition du milieu....) du fragment de plante mis en culture afin de l'orienter vers un programme d'évolution déterminé (Dellaa, 2013).

La culture *in vitro*, peut être utilisée pour :

- Reproduire de façon identique, une espèce et la multiplier en grande quantité, et à moindre coût pour la mettre sur le marché dans les plus courts délais. On parle d'une micropropagation rapide ;
- Préserver des espèces anciennes et menacées, pour conserver la biodiversité ;
- Elaborer de nouvelles variétés de plantes plus rapidement ;
- Assainir des plantes virosées et conserver des plantes saines (Agnès *et al.*, 2013).

3. 3. 1. Micropropagation

Les plantes se multiplient par semis ou par multiplication végétative, ce dernier est indispensable quand on veut conserver les caractères d'une variété donnée. 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 *et al.*, 2005). La micro-propagation consiste en une prolifération des bourgeons axillaires préexistants sur l'explant mère. Ceci offre une bonne garantie de conformité génétique et une bonne stabilité des caractères au cours de repiquages successifs (Demol *et al.*, 2008). L'application de la technique de la micropropagation des plantes ligneuses, fruitiers forestiers, permet l'amélioration de leurs capacités d'enracinement notamment sur le porte greffe reconnue difficile (Soltner, 2005). Cette technique permet la multiplication végétative de plusieurs plantes alimentaires, médicinales, horticoles, agroforestières,..... (Bretaud, 2006).

Chez la pomme de terre, cette technique est actuellement utilisée pour la production de semences de base. Désormais les pommes de terre poussent aussi en pots et produisent des tubercules de la même manière que celles qui sont produites en terre.

D'un point de vue pratique, ce système de production de semences représente sans nul doute une alternative intéressante et efficace pour constituer rapidement un stock de matériel de qualité sanitaire irréprochable. Il peut être aisément intégré dans le cadre d'un approvisionnement en plants de base de haute qualité destiné à la production de semences certifiées (Chagin, 2011).

3. 3. 2. Culture de méristèmes

Les méristèmes qui sont des tissus de formation, en expansion continue, confèrent à la plante une organogenèse permanente chez les végétaux supérieurs. Ils représentent des petits massifs de cellules indifférenciées (0.1mm à 0,5 mm) et, conservent la capacité de se diviser activement. Ces zones méristématiques gardent jusqu'à leur mort le caractère juvénile. Elles jouent un rôle capital dans le développement végétal puisqu'elles édifient tous les organes (Camefort, 1977; Margara, 1989).

La culture de méristème est la méthode la plus généralisable et la plus sûre pour éviter l'apparition de plantes non conformes à la plante mère ou variant (Saadi, 1991). En multipliant le méristème prélevé au sommet d'une plante ou dans le bourgeon axillaire, le plus souvent indemne de maladies. On pourra très rapidement obtenir de vue génétique et débarrassées de maladies dont elles étaient affectées (Sama *et al.*, 1998).

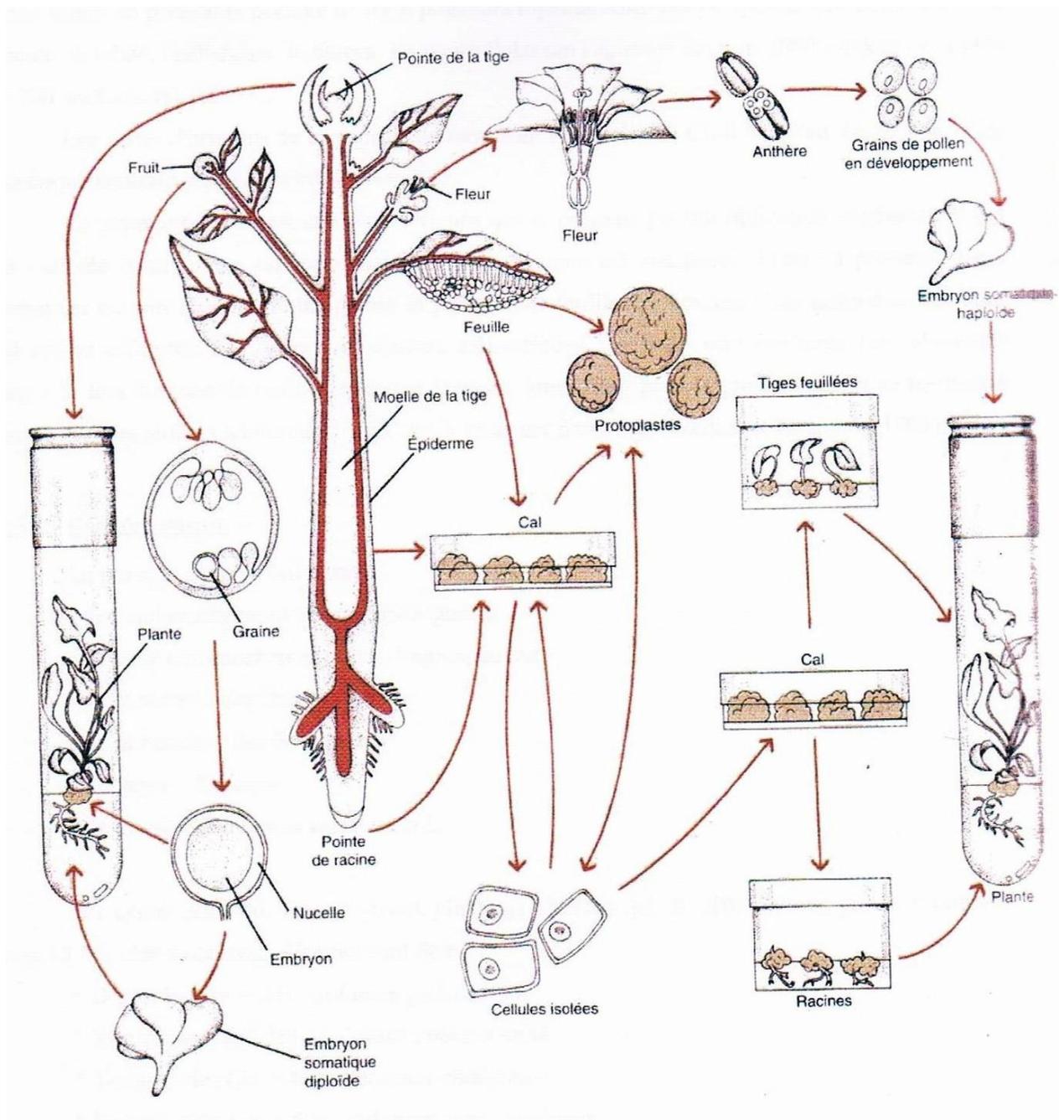


Figure 7 : voies de la culture in vitro (Rven *et al.*, 2000)

La culture de méristème est la méthode la plus généralisable et la plus sûre pour éviter l'apparition de plantes non conformes à la plante mère ou variant (Saadi, 1991). En multipliant le

méristème prélevé au sommet d'une plante ou dans le bourgeon axillaire, le plus souvent indemne de maladies. On pourra très rapidement obtenir de vue génétique et débarrassées de maladies dont elles étaient affectées (Sama *et al.*, 1998).

3. 3. 3. Embryogénèse somatique

L'embryogénèse somatique est une forme de multiplication végétative permettant d'obtenir des plantules génétiquement identique à la plante mère. Dans une graine, on trouve la future plante sous forme d'embryon (embryon zygotique) qui résulte de la reproduction sexuée. Cette technique consiste alors à provoquer l'apparition d'embryons à partir des tissus végétaux mis en culture *in vitro* qui provoquent de nombreuses divisions cellulaires. Cette embryogénèse somatique génère alors des embryons dans ces divisions cellulaires ou dans les cals, c'est-à-dire un amas de cellules indifférenciées (qui ont été dédifférenciées sur l'explant de la plante mère avec le phénomène de **totipotence** végétale). Sous certaines conditions, les cultures cellulaires s'organisent ensuite en nombreux petits massifs à structure bipolaire nommés embryons somatiques (avec un méristème de tige et un méristème de racine). Comme les embryons zygotiques (présents dans les graines), les embryons somatiques, obtenus à partir de cellules non sexuées (sans fécondation), se développent en un nombre illimité de plantes génétiquement identiques. C'est actuellement la technique la plus performante pour la multiplication végétative des conifères (Agnès *et al.*, 2013).

3. 4. Organogénèse

L'organogénèse est la base fondamentale de la multiplication végétative, laquelle s'appuie toujours sur la formation de méristèmes nouveaux (Margara, 1989). En partant d'un explant, elle aboutit à la formation d'un nouvel individu par l'élaboration de bourgeons (caulogénèse) et de racine (rhizogénèse).

3. 4. 1. Caulogénèse

La caulogénèse désigne à la fois l'initiation et le développement des bourgeons terminaux, axillaires, adventifs ou néoformés sur un cal. Les bourgeons terminaux dérivent de la gemmule de l'embryon. Les bourgeons axillaires sont produits généralement par les deux ou trois assises cellulaires superficielles de la tige. Les bourgeons adventifs à partir d'organes différenciés de la plantes (entre nœuds, tubercules, racines). Ils peuvent avoir pour origine des massifs cellulaires restés méristématiques ou bien provenir d'une différenciation de certaines cellules (Caraglio, 2012).

Les bourgeons néoformés *in vitro* peuvent apparaître sur l'explant initial ou sur un cal, ils peuvent être considérés comme un cas particulier de bourgeons adventifs (Boxus, 1995). Ils sont induits sur tout type d'organe ou de tissu y compris sur ceux qui ne les produisent pas dans les conditions naturelles (Margara, 1989).

3. 4. 2. Rhizogenèse

La rhizogenèse désigne la néoformation et la croissance de racines. Les méristèmes de racines se répartissent en plusieurs catégories selon leurs origines. En culture *in vitro*, de fortes concentrations en auxines accompagnées ou non à de faibles concentrations en cytokinines, nous permettent d'obtenir l'enracinement des tiges feuillées (Cedevit, 2013).

La rhizogenèse est un phénomène complexe, il comporte différentes phases : la dédifférenciation, formation d'amas de cellules méristématiques, différenciation et organisation des amas méristématiques en primordium racinaire qui se développeront en jeunes racines (Margara, 1989 ; Boxus, 1995). L'assise génératrice libéro-ligneuse (cambium) donne des tissus de bonne aptitude callogène. Le cal est formé essentiellement de cellules de type méristématique secondaire, qui incorporent certaines cellules voisines parenchymateuses. Les cellules méristématique se différencient par la suite et s'organisent pour donner naissance à une nouvelle racine (Boxus, 1995).

3. 5. Facteurs de la régénération

Les facteurs influant sur la régénération *in vitro* peuvent être répartis en 2 groupes :

- 1- Les facteurs internes, liés à la plante, et concerne, et d'une part, le génotype, la nature et l'âge ontogénique de l'explant, et d'autre part, l'état physiologique de la plante mère sur laquelle, l'explant a été prélevé ;
- 2- Les facteurs externes qui englobent, les milieux de cultures (notamment leur composition en régulateurs de croissance et les sucres) et les conditions de la mise en cultures.

3. 5. 1. Effet de l'explant

Un des atouts majeurs de la culture *in vitro* est de montrer que, les cals pouvaient produire soit des embryons somatiques, soit à des bourgeons et dont le développement permet de régénérer des plantes conformes à la plante mère. Pratiquement, n'importe quel organe (bourgeon, racine, feuille, anthère, etc.) ou fragment d'organe (explant), prélevé sur celle-ci, peut être cultivé isolément sur milieu

nutritif synthétique, mais le choix de celui-ci est d'une importance primordiale. On retiendra cependant que la réponse *in vitro* est sous la dépendance de nombreux facteurs (Saadi et Hamdani, 2007).

➤ **L'âge physiologique et ontogénique de l'organe**

Généralement dans les cultures *in vitro*, les explants les plus jeunes (embryons immatures, jeunes feuilles, méristèmes etc.) sont les plus privilégiés. Leur état juvénile favorise plus de possibilités de régénération (Vidalis *et al.*, 1989). Souvent, ce sont les tissus provenant d'embryons qui expriment le plus souvent, d'une manière nette et reproductible, l'aptitude à la régénération, suivis de loin par les cotylédons (Saadi et Hamdani, 2007).

➤ **L'époque du prélèvement**

Ce problème se pose surtout pour les espèces vivaces, on peut distinguer un stade de vie active et un stade de vie ralentie de la plante ce qui conduit les explants à développer des réactions différentes en culture *in vitro*. Cette différence peut être expliquée par la modification des équilibres internes des régulateurs de croissance (auxines, cytokinines, gibbérellines ...) lors des différentes saisons (Vidalis *et al.*, 1989).

➤ **La taille de l'explant**

Plus la taille est importante et plus les équilibres endogènes sont déterminants et les conditions extérieures seront influentes. La taille choisie variera selon la nature de l'explant. Si l'explant est de nature reproducteur, le prélèvement devrait engendrer l'organe en sa totalité (un nœud, un apex, ou un bourgeon entier) mais dans le cas d'un tissu différencié (feuilles, tige, racines, inflorescence..) des fragments de 5 à 10 mm suffiront (Vidalis *et al.*, 1989 ; Saadi et Hamdani, 2007).

D'une manière générale, il existe des tissus privilégiés appelés «tissus cibles » qui répondent à un stimulus indicateur qui orientera son programme morphogénétique vers une voie particulière de développement, contrairement à certains tissus récalcitrants aux manipulations *in vitro*, dues essentiellement à un manque de compétence cellulaire (Webb *et al.*, 1989 ; Wheeler *et al.*, 1985).

3. 5. 2. Influence du génotype

La plupart des plantes montrent une régénération génotypique spécifique liée à l'espèce. A l'intérieur d'une même espèce, un génotype donne des bourgeons tandis qu'un autre ne peut fournir que des embryons (Boxus, 1989). Cependant, plusieurs auteurs mentionnent que seulement certains

génotypes paraissent posséder la capacité d'induire une embryogenèse somatique. Cette capacité, chez beaucoup d'espèce semble être génotypiquement contrôlé (Isac *et al.*, 1994 ;Vidalis *et al.*, 1985 ; Caraglio, 2012) .

3. 5. 3. Effet du milieu de culture

Avec le développement des cultures de tissus, divers milieux de base comprenant des sels inorganiques, des composés organiques (sucres, vitamines et régulateurs de croissance) ont été progressivement utilisés. Les milieux de culture sélectionnés doivent être adaptés aux besoins nutritifs de la plante soumise à l'étude, afin de laisser s'exprimer pleinement son potentiel génétique.

Les principaux constituants d'un milieu de culture sont généralement représentés par :les macro et les micro-éléments, source carbonée et azotée, vitamines et des régulateurs de croissance (Vidalis *et al.*, 1989).

Dans 70% des cultures, le milieu Murashigue et Skoog (MS) est utilisé comme milieu de base pour tous types de culture *in vitro*. Ce milieu est essentiellement conseillé pour le déclenchement de l'organogenèse, en particulier pour la néoformation de bourgeons, il s'est révélé nettement supérieur à d'autres milieux (Margara, 1989).

Le milieu de Murashigue et Skoog est caractérisé principalement par une très forte teneur en sels minéraux, en particulier en potassium et par une concentration élevée en azote (sous forme de nitrate et d'ammonium) dont 1/3 apporté sous forme réduite (ions NH_4^+). Le rapport nitrate/ammonium, dans ce milieu est très favorable à l'induction de l'embryogenèse somatique (Del Vesco et Guerra, 2001).

3. 5. 4. Les régulateurs de croissance

Un régulateur de croissance, appelé également «phytohormone », est défini comme étant, une substance qui, suivant sa concentration absolue ou relative dans le milieu, peut supprimer, permettre ou modifier sous certaines conditions les processus de différenciations (Vidalis *etal.*, 1989).

L'influence de ce rapport hormonal n'est, cependant, pas une règle générale pour toutes les espèces végétales. En effet, il suffit, dans certains cas, d'ajouter au milieu de culture l'un ou l'autre des deux régulateurs précités pour parvenir à une réponse morphogénétique (Dal Vesco et Guerra, 2001).

Principe et bases biologiques de la culture in vitro.

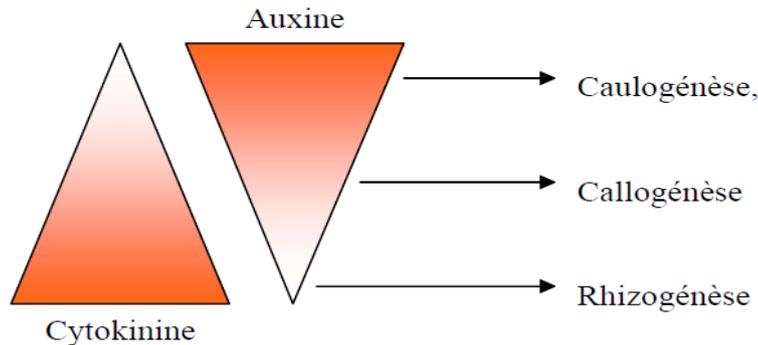


Figure8: influence des équilibres hormonales sur l'organogénèse

3. 5. 5. Influence de la source carbonée

Les tissus en cultures *in-vitro* sont largement hétérotrophes vis à vis du carbone en raison de l'absence ou de l'insuffisance de l'assimilation chlorophyllienne. Il est donc indispensable d'ajouter une source carbonée (des glucides) au milieu de culture. Les glucides remplissent deux fonctions principales dans les milieux de culture ; ils fournissent de l'énergie nécessaire pour la croissance des tissus et maintiennent une pression osmotique donnée du milieu de culture (Zryd, 1988). Cette pression osmotique, appelée aussi effet osmoticum, peut avoir diverses actions sur les tissus. Elle agit, dans certains cas, sur l'orientation ou l'expression morphogénétique des tissus (Belaizi et Boxus, 1995; Charniere*et al.*, 1999), dans d'autres , sur la maturation des embryons somatiques produits (walker et Parrott, 2001) .

Les glucides, les plus généralement utilisés sont le saccharose et le glucose (Margara, 1989; Druart et Samyn, 1995). Selon certains auteurs, le maltose peut constituer une bonne source carbonée puisqu'il permet, dans certains travaux portant sur l'embryogénèse, d'améliorer à la fois, et la qualité et la quantité des embryons somatiques produits (Saadi, 1991).

L'organogénèse ou l'embryogénèse somatique ne semblent pas être influencées uniquement par la nature des sucres mais aussi, et pour un même sucre, par sa concentration dans le milieu de culture. Généralement, selon Piatti, 1988, les doses employées oscillent entre 2 et 12 %.

L'effet dose peut avoir, comme nous l'avons signalé ultérieurement, une grande influence sur le devenir morphogénétique des cultures. Dans ce cas, l'exemple du tournesol est très significatif, l'usage d'une concentration de 12% en saccharose peut orienter le processus vers la voie de l'embryogénèse

somatique, alors qu'une concentration de 3% conduirait vers la néoformation de bourgeons (Charniere, 1999).

3. 5. 6. Les vitamines

En culture in vitro certaines vitamines sont favorables aux croissances des tissus, parmi les principales, citons : la thiamine, l'acide nicotinique, la pyridoxine, leurs concentrations sont fréquemment de l'ordre de 1mg/l (Teoule, 1999).

3. 5. 7. La lumière et la photopériode

La lumière est un facteur déterminant pour la culture in vitro des plantes. Elle a une grande influence de part la durée d'exposition (photopériode), selon Hussey et Stacey, (1981). D'autre part la longueur de jour qui affecte la vigueur et le développement des proliférations et la croissance des cals, cette dernière pourrait aussi contribuer à la formation des cals (Briggs, 1964), de façon général le début de croissance nécessite une faible intensité lumineuse (500 à 1000 lux) avec 12 à 16 heures de photopériodes (Bommeneni et Jauhar, 2003). Lorsqu'il s'agit de préparer la plantule au repotage en serre, il apparaît souvent préférable d'augmenter l'intensité de l'éclairage (par exemple 10000 lux) (Margara, 1984).

3. 5. 8. La température:

La température dans les chambres à culture est constante de l'ordre de 22 à 25°C (Margara, 1989) mais selon (Le, 1994) des faibles températures de 15 à 20°C stimulant la microtuberisation chez la pomme de terre, (Walali, 1993).

Chapitre II : Matériels et méthodes

1. Présentation de la structure d'accueil

Notre expérimentation est menée au niveau du laboratoire de culture *in vitro* de la société agro-développement SAGRODEV à Guellal Sétif. Ce laboratoire constitue une institution stratégique conçu par le ministère de l'agriculture dans le cadre de la coopération bilatérale avec le Canada. L'objectif assigné par cette infrastructure est l'accroissement de la production de semences certifiées de pré-base *in vitro* ce qui garantira un meilleur approvisionnement du marché en semences de qualité et à des prix réduits.

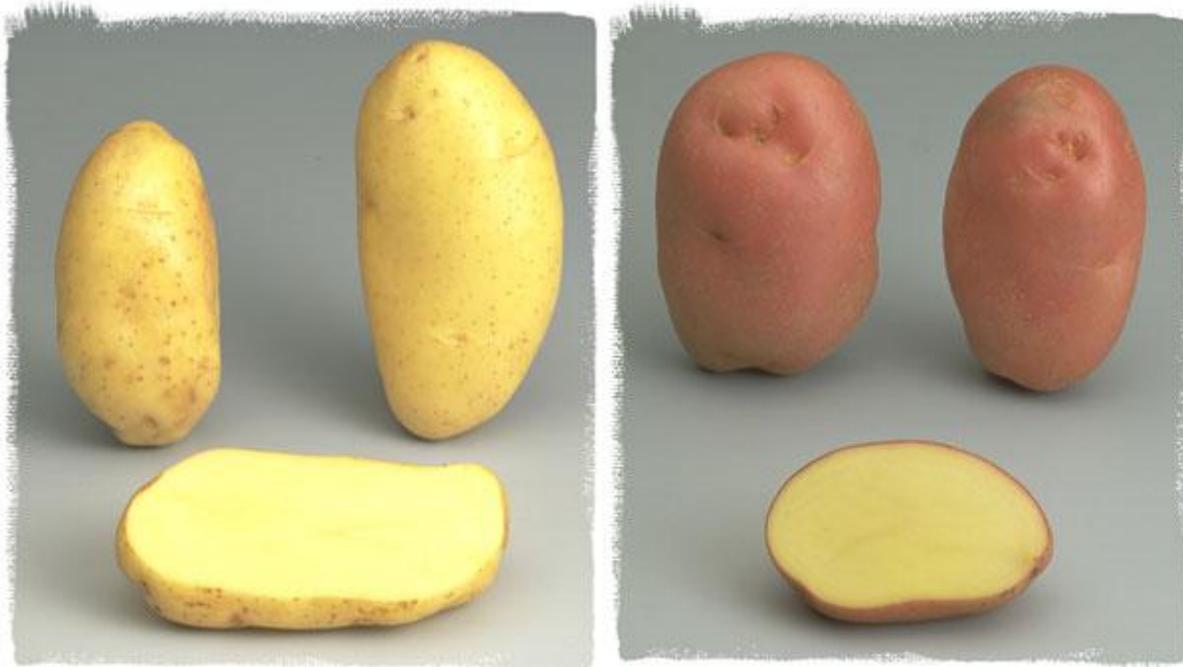
2. Matériels

2.1. Matériel végétal

Les explants utilisés lors de cette étude sont constitués de deux variétés à savoir : *désirée* et *spunta* de l'espèce *Solanum tuberosum* L.. **Le tableau 4** représente une description plus détaillée des variétés.

Tableau 4:représentation des caractéristiques des variétés : *désirée* et *spunta* de l'espèce *Solanum tuberosum* L.

variétés	<i>spunta</i>	<i>désirée</i>
caractéristiques		
Origine génétique	Béa X U.S.D.A. 96-56	Urgenta X Depesche
Obtenteur(s)	J. OLDENBURGER - (PAYS BAS)	Z.P.C (Pays Bas)
Maturité	Demi précoce	Moyenne à demi- tardive
Tubercule	Oblong allongé, régulier, peau jaune, chair jaune.	Oblong, assez régulier, Peau rouge, chair jaune.
Calibrage	Proportion de gros tubercules : très forte.	proportion de gros tubercules : forte.
Repos végétatif	Moyen.	très long.
Qualité culinaire	Bonne tenue à la cuisson, groupe culinaire B, très léger noircissement après cuisson, coloration à la friture : R.A.S.	Assez bonne tenue à la cuisson, groupe culinaire B-C, noircissement après cuisson : nul, moyenne à assez bonne coloration à la friture
Aptitude à la conservation	Assez faible.	Bonne.
Teneur en matière sèche	Très faible.	Assez élevée.



La variété *spunta*

la variété *désirée*

Figure 09 : photo de deux variétés utilisées à l'expérimentation.

2. 2. Les traitements appliqués

Les traitements appliqués sur cette expérience sont des concentrations différentes de NaCl à savoir :

- ✓ C0 : 0M mol de NaCl.
- ✓ C1 : 25M mol de NaCl.
- ✓ C2 : 100M mol de NaCl.
- ✓ C3 : 150 M mol de NaCl.

Chaque traitement a été répété dix fois dans cette expérimentation.

2. 3. Milieu de culture

Le milieu de culture utilisé dans notre travail est le milieu de base MS (Murashigue et Skoog, 1962).

Tableau 5 : constituants du milieu MS (Murashigue et Skoog 1962)

	Ingrédients	Solution mère Mg/l	Volume de prélèvement	
Macroéléments	NH ₄ NO ₃ KNO ₃ CaCl ₂ .2H ₂ O MgSO ₄ .7H ₂ O KH ₂ PO ₄	1650 1900 440 370 170	50ml	A
Micro-éléments	MnSO ₄ .H ₂ O ZnSO ₄ .7H ₂ O H ₃ BO ₃ KI Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O CuSO ₄ .5H ₂ O CoCl ₂ .6H ₂ O	22.3 8.6 6.2 0.83 0.25 0.025 0.025	10ml	B
Fe-EDTA	Na ₂ -EDTA FeSO ₄ .7H ₂ O	37.3 27.8	10ml	C
Vitamines et acides amines	Glycine Nicotinique Thiamine-Hcl Myo-inositol	0.2 0.5 0.1 100	10ml	D
Sucre	Saccharose	30000 Mg/l	30000mg	E
Agar	Agar	7 g/l	7g	F

2. 3 .1 . Solution mère des milieux de culture

Les solutions mères des macroéléments, micro-éléments, fer et vitamines sont préparées comme indiqué dans le tableau N°4, servant pour la préparation du milieu nutritif. Lors de la préparation des solutions mères, les différents éléments sont apportés dans l'ordre décroissant de leur concentration afin d'éviter tout risque de précipitation. Ensuite, toutes les solutions mères sont étiquetées, puis conservées au froid (4 °C) et à l'abri de la lumière.

➤ **Préparation de la solution mère de macroéléments**

Elle consiste à :

- verser 600ml d'eau d'ionisée dans un bécher de 1 litre.

Peser et dissoudre chacun des sels indiqués (A) en chauffant légèrement au besoin;

- transférer la Solution dans un flacon de 1 litre et compléter à 1 litre avec l'eau distillée.
- Identifier le flacon puis le ranger au réfrigérateur.

➤ **Préparation de la solution mère de micro-éléments**

La préparation de la solution mère consiste à :

- Verser 600 ml d'eau distillé dans un bécher de 1 litre
- Peser et dissoudre chacun des sels indiqués (B) en chauffant légèrement au besoin.
- Transférer la solution dans un flacon de 1 litre et compléter à 1 litre avec l'eau distillée.
- Identifier le flacon puis le ranger au réfrigérateur.

➤ **Préparation de la solution mère des vitamines**

Préparation de la solution mère consiste à :

- Verser 70ml d'eau distillé dans un bécher de 100ml,
- Peser et dissoudre les vitamines indiquées (D) ;
- Transférer la solution dans un flacon de 100ml et compléter à 100 ml avec l'eau distillé ;
- Identifier de flacon puis le ranger au réfrigérateur.

➤ **Préparation de la solution mère de Fe-EDTA**

Elle consiste à :

- Verser 600ml d'eau distillé dans un bécher de 1 litre.
- Ajouter quelques gouttes de NaOH et chauffer jusqu'à ébullition
- Couper la source de chaleur
- Ajouter le Na_2EDTA et mélanger jusqu'à dissolution
- Ajouter $\text{Fe SO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$.
- Transférer la solution dans un flacon de 1 litre et compléter à 1 litre avec l'eau distillé.
- Identifier le flacon puis le ranger au réfrigérateur.

2. 3. 2. Composition du milieu de culture

Le milieu de culture est préparé dans un bécher de 1 litre en agitation continue. Il consiste à mettre 500 ml d'eau distillé. Ensuite on ajoute dans l'ordre les éléments suivants :

- 50 ml de Macro-éléments.
- 10 ml de Micro-éléments.
- 10 ml de Fer.
- 10 ml de Vitamines.

Le PH du milieu est ajusté à $5,7 \pm 0.1$ avec du NaOH (base) ou du HCL (acide). Le milieu est ensuite complété avec de l'eau distillée à 1 litre sous agitation continue. Puis, on rajoute 30g du saccharose et 7g d'agar pour solidifier le milieu de culture. Le mélange est ensuite porté à ébullition jusqu'à dissolution de toutes les particules d'agar. En fin, le milieu ainsi préparé est transféré dans des tubes de 25x 75 mm à l'aide d'un distributeur automatique, à raison de 10 ml par tube tout en fermant hermétiquement les tubes avec des bouchons.

2 .4. La stérilisation

La réussite de la culture *in vitro* repose en grande partie sur les conditions strictes d'asepsie.

2 .4. 1. Stérilisation des milieux de culture

L'étape de stérilisation des milieux de culture de micropropagation ainsi préparés est indispensable. Elle consiste à l'autoclavage des tubes à 120 ° C avec une pression de 1 bar pendant 20 minutes afin de s'assurer de la destruction des bactéries.

En raison de leur sensibilité à la chaleur, les vitamines peuvent être ajoutées en conditions aseptiques au reste du milieu MS autoclavé et cela après leur stérilisation à l'aide de filtre micropore (des pièces de filtration avec un papier filtre 0.22micromètre stérile.). Cependant, concernant les vitamines du milieu MS après leur décomposition à l'autoclave, il a été observé que leurs produits de dégradation sont aussi actifs sur la croissance que les vitamines elles-mêmes (Boccongibod et Jalouzot, 1989).

2 .4. 2. Stérilisation des instruments de travail

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

comprenant du papier buvard, des pinces de 20 à 25 cm, des scalpels, des béchers et des erlènes. Tous ces instruments seront couverts avant leur utilisation. On les stérilise sous la hotte avec de l'éthanol (70%).

Au cours des manipulations les instruments métalliques sont plongés dans l'alcool (70%), puis passés au stérilisateur à billes afin de brûler l'alcool.

- Plusieurs types de solutions désinfectantes sont employés au niveau du laboratoire de culture *in vitro* de la société de « SAGRODEV » pour les instruments et les plans du travail ainsi que les mains manipulateurs (Dermanios, Surfanios, Hexanios, gele d'anios).

3. Méthodes

3. 1. Mise en culture

3. 1 .1 . Zone du travail

Pour réussir la culture *in vitro*, il est nécessaire de respecter les conditions d'asepsie totale. De ce fait, toutes les manipulations seront réalisées sous hotte à flux d'air laminaire stérile avec cependant quelques précautions à respecter à savoir :

- Porter des tenues spéciales et stérilisées avec des masques.
- Allumage de la hotte, au moins une demi-heure avant chaque manipulation.
- Désinfecter la hotte et son entourage avec un produit désinfectant puis avec de l'éthanol 70%, sans oublier de vaporiser de l'éthanol sur tous les instruments nécessaires au travail pendant toute la durée des manipulations.
- Allumage des stérilisateur à billes un quart d'heure avant chaque manipulation et durant toute la durée du repiquage.
- Les instruments de travail (scalpels et pinces) qui sont ainsi stérilisés par étuvage sont trempés dans l'éthanol 99% puis flambés et reposés sur un support métallique stérile. Il faut toujours avoir plusieurs instruments de travail pour permettre le refroidissement de l'un tandis que l'autre est en usage et permet d'éviter les mouvements entraînant des déplacements d'air ce qui augmente des risques de contamination.
- Les mains doivent être lavées soigneusement avec un produit désinfectant puis rincées.

3. 1. 2. Régénération des vitro plants

Les vitro plants utilisés dans la micro-propagation sont obtenus à partir d'un tubercule reconnu sain après application des analyses de détection de différent pathogènes. Sur les germes de ce tubercule on prélève le méristème qui est alors placé de manière aseptique sur milieu MS et incubés dans la chambre de culture dont les conditions de culture sont les suivantes :

- Photopériode : 16 heures de lumière / 8 heures d'obscurité.
- Température : 25 \pm 1°C. il régénère alors une plantule (une vitro plantule) après 8 semaines d'incubation.

3. 1 .3. Micropropagation

Sous la hotte horizontale à flux laminaire, chaque vitro plant est retiré du bocal à l'aide d'une pince stérile et déposé sur le papier buvard stérile puis fragmenté en autant de tronçons que de nœuds dont les tronçons sont de 0.5 cm à 1 cm (en éliminant cependant le bourgeon basal ou la partie racinaire) à l'aide d'un scalpel passé à la flamme afin d'obtenir du matériel homogène ou microbotures.

Le repiquage des microbotures sur le milieu de culture est effectué à l'aide d'une pince stérilisée et près du thermo-stérilisateur à billes. Les tronçons sont prélevés et plantés à raison d'un par tube dans le milieu de culture de façon à ce que le bourgeon et la feuille attenante soient situés à la surface du milieu « tête en haut ». Les ébauches foliaires étant en dehors du milieu de culture et les tubes sont ensuite fermés avec des bouchons en plastique stérilisés.

Les tubes sont ensuite placés dans la chambre de culture à une photopériode de 16 heures de lumière / 8 heures d'obscurité à 22°C pendant 4 semaines. L'éclairage est assuré par des lampes à néon disposées environ 40 cm au-dessus des tubes. Ceci permet de favoriser le développement végétatif.

3. 2. Mesures effectuées

Au cours de notre expérience, les paramètres retenus sont :

- Nombre des feuilles ;
- Nombre des racines ;
- Longueur des tiges ;
- Longueur des racines ;
- Ramification de la tige.

Ces mesures sont effectuées chaque semaine pendant 28 jours (mois).

3. 3. Analyse statistique des résultats

Afin de définir et de mettre en évidence l'effet de la salinité sur la pomme de terre et identifier la meilleure variété et le paramètre le plus performant vis-à-vis de la salinité, nous avons jugé utile de mener une analyse statistique à l'aide du programme de statistique (**EXCEL version 2014**). Les résultats obtenus sont ensuite représentés sous forme de graphe en fonction des variétés.



Distributeur électronique



Agitateur magnétique



PH- mètre



Matérielles de repiquage



Stérilisateur à billes



Organisation de matériels sous la hotte

Figure10: matériels utilisés lors l'expérimentation

Chapitre III : Résultats et discussions

1-Résultats

Les résultats dégagés de notre étude sur la micropropagation de la pomme de terre et se rapportant aux caractères morphologiques suivis : qui son nombre de feuilles, longueur de la tige, nombre de racines, longueur des racines et nombre de ramifications, sont consignés ci-dessous dans des histogrammes chacun de ces derniers représente une semaine.

1-1- Effet de la salinité sur le nombre de feuilles

Le suivi de la formation des feuilles des vitroplants en conditions salines renseigne sur le degré de tolérance des deux variétés au stress salin induit par NaCl. **La figure 12** a illustre le nombre moyen de feuilles formées après 7, 15, 21 et 28 jours de croissance en milieux de culture sous les quatre concentrations C0, C25, C100 et C150.

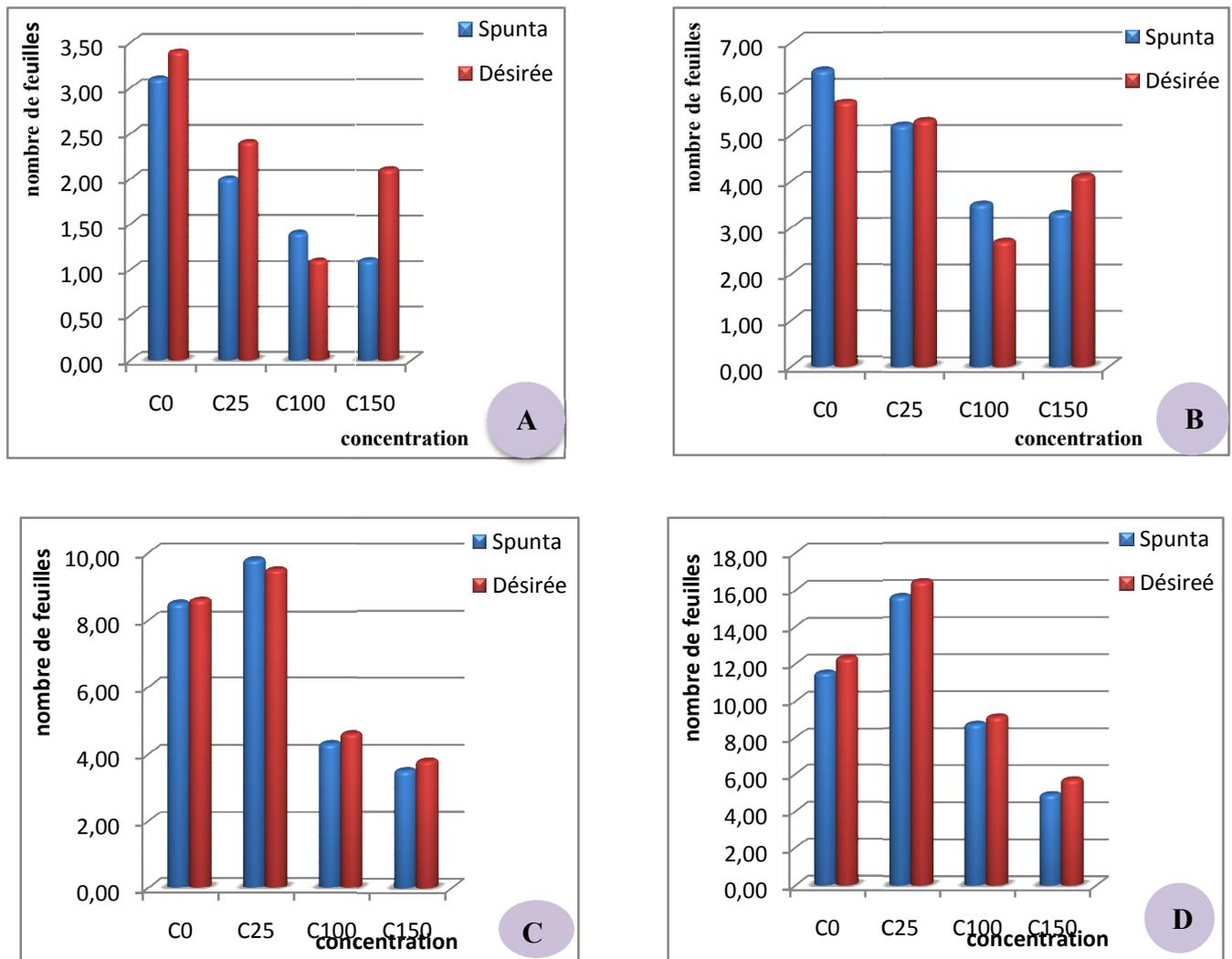


Figure 11: nombre de feuilles chez les deux variétés étudiées après 7, 15, 21 et 28 jours (A, B, C et D).

***Remarque :** les unités sont différentes d'une semaine à l'autre.

Pendant la première (7 jours) et la deuxième (15 jours) semaine (figures A et B), le nombre de feuilles formées diminue de la concentration C0 : 3,40 et 6,40 à C100 : 1,10 et 2,70 des deux figures respectivement chez les deux variétés. Ce paramètre augmente ensuite pour C150 : 2,10 et 4,10. Cette augmentation est en faveur de la variété *désirée*.

Alors que pendant la troisième et la quatrième semaine, la concentration C25 : 9,80 et 16,40 donne un meilleur résultat que le témoin au moment où les deux grandes concentrations (figure C et D) provoquent une diminution remarquable du nombre de feuilles particulièrement la C150 : 3,50 et 4,90.

Nous pouvons donc conclure qu'au démarrage, la présence de sel dans le milieu de culture réduit la formation des feuilles qui est favorisée par la suite par la concentration C25.

Des analyses des variances (ANOVA) de nombre de feuilles ont été effectuées par le logiciel EXCEL STAT, sont présentées dans les tableaux qui suivent :

Tableau 6 : l'analyse de la variance à trois facteurs : la concentration en NaCl, du temps d'exposition à ce stress et des deux variétés de *S.tuberosum* L..

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Temps d'incubation	3	3064,421	1021,474	71,503	< 0,0001
Variété	1	5,923	5,923	0,415	0,520
Conc	3	1242,780	414,260	28,998	< 0,0001
Temps*Variété	3	7,631	2,544	0,178	0,911
Temps *Conc	9	669,086	74,343	5,204	< 0,0001
Variété*Conc	3	7,101	2,367	0,166	0,919

L'analyse montre que les deux facteurs ; le temps d'incubation et la concentration de NaCl, présentent une interaction hautement significative, aussi le temps d'incubation liée significativement aux concentrations de NaCl, par contre le facteur variété présente une interaction non significative face au stress salin. Toutefois, la variété n'est pas significativement corrélée ni aux temps ni aux concentrations.

Test de Newman et Keuls à un seuil 5%

Les résultats ont été, par la suite, traités avec le test Newman et Keuls.

➤ **Facteur 1 : Temps d'incubation**

Le tableau 7, permet de classer les périodes en quatre groupes, selon la phase d'apparition de feuilles néoformées des vitroplants. Cela veut dire qu'il y a une augmentation considérable en nombre de feuilles chaque 7 jour.

Tableau 7 : comparaison des moyennes de nombre de feuilles en fonction du temps et des variétés *spunta* et *désirée*.

Libelles	Moyenne	Groupes			
7 J	2,075	A			
15 J	4,525		B		
21 J	6,556			C	
28 J	10,525				D

➤ **Facteur 2 : Variétés**

Le tableau 8, révèle que, le facteur variété à aucun influence sur le nombre de feuilles. La formation de feuilles presque la même chez les deux variétés.

Tableau 8 : comparaison des moyennes de nombre de feuilles selon la variété.

Libelles	Moyenne	Groupes
<i>spunta</i>	5,790	A
<i>désirée</i>	6,050	A

➤ **Facteur 3 : Concentration en NaCl**

Dans le tableau 9, les résultats montrent deux groupes de sensibilité distincte, les deux variétés possèdent les mêmes interactions avec C0 et C25 de part et avec C100 et C150 d'autre part.

Tableau 9: comparaison des moyennes de nombre de feuilles selon la concentration de NaCl.

Libelles	Moyenne	Groupes	
150	3,563	A	
100	4,425	A	
0	7,418		B
25	8,275		B

➤ **Interaction F2*F3 : Temps d'incubation- Concentration en NaCl**

Cette partie est particulièrement importante, compte tenu de l'interaction existante entre les facteurs résumés dans 6 groupes. Le tableau 10, permet d'identifier les meilleures concentrations favorables à la formation de feuilles par apport au temps. La concentration C25 reste les plus significatives face au temps.

Tableau 10 : L'influence de la concentration de NaCl sur les deux variétés *spunta* et *désirée* au court du temps.

Libelles	Moyenne	Groupes					
7 J*100	1,250	A					
7 J*150	1,600	A	B				
7 J*25	2,200	A	B				
15 J*100	3,100	A	B	C			
7 J*0	3,250	A	B	C			
21 J*150	3,650	A	B	C			
15 J*150	3,700	A	B	C			
21 J*100	4,450	A	B	C			
15 J*25	5,250		B	C			
28 J*150	5,300		B	C			
15 J*0	6,050			C			
21 J*0	8,473				D		
28 J*100	8,900				D		
21 J*25	9,650				D	E	
28 J*0	11,900					E	
28 J*25	16,000						F

1- 2-Effet de la salinité sur la longueur de la tige

Une des réponses des microboutures de *Solanum tuberosum* L. au milieu de culture est leur élongation. Cette dernière semble varier selon la variété et la concentration de NaCl dans le milieu.

Cette élongation reliée négativement avec la concentration de NaCl pendant toute la durée de l'essai et pour les deux variétés.

Cependant, l'effet salinité est plus accentué sur la variété *Spunta* que sur la variété *désirée* pendant les quatre semaines de l'essai.

Tableau 11 : Pourcentage de la longueur de la tige des différentes concentrations de NaCl en fonction du témoin.

	Concentration	7 JOURS	15 JOURS	21 JOURS	28 JOURS
Variété <i>spunta</i>	C0	100	100	100	100
	C25	22,32	28,95	38,32	42,00
	C100	7,54	8,13	11,17	12,00
	C150	5,66	5,79	7,48	6,00
Variété <i>désirée</i>	C0	100	100	100	100
	C25	82,71	87,25	89,30	87,17
	C100	40,33	35,92	28,67	40,28
	C150	7,79	12,03	15,22	13,18

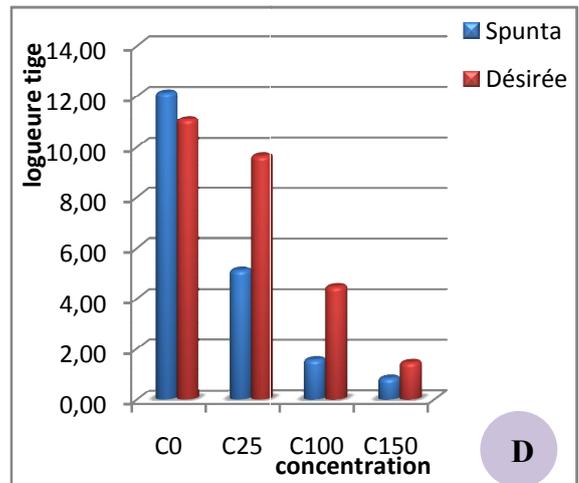
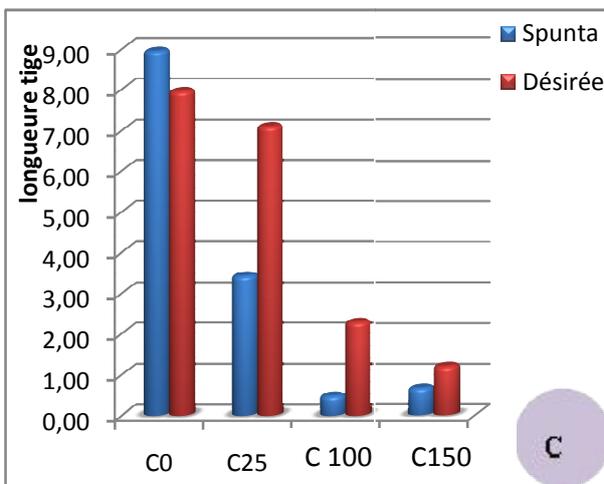
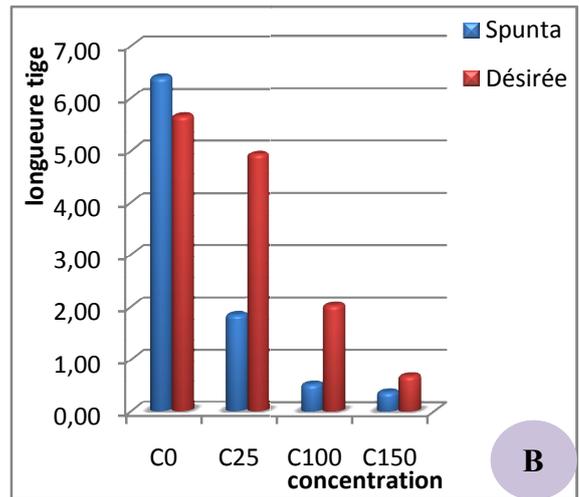
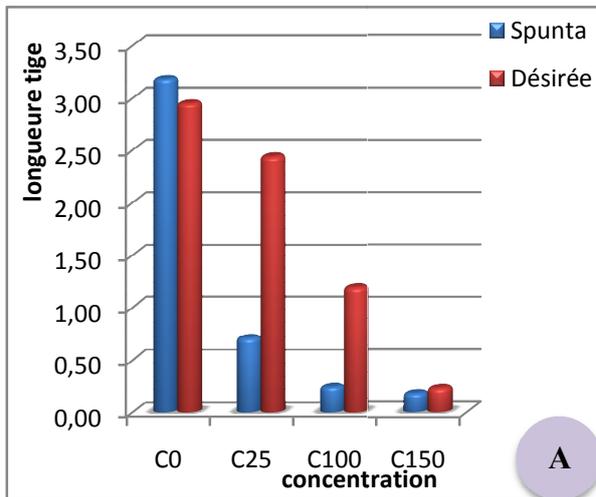


Figure 12: longueur de tige chez les deux variétés étudiées après 7, 15, 21 et 28 jours (A, B, C et D).

Les vitroplants repiqués ont présenté une croissance variable. Des analyse de variance ont été effectuées par le logiciel EXCEL STAT, sont présentées dans les tableaux qui suivent :

Tableau 12 : l'analyse de la variance à trois facteurs : la concentration en NaCl, du temps d'exposition à ce stress et des deux variétés de *S.tuberosum* L..

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Temps d'incubation	3	857,839	285,946	66,897	< 0,0001
Variété	1	114,684	114,684	26,830	< 0,0001
Conc	3	2107,562	702,521	164,354	< 0,0001
Temps *Variété	3	15,203	5,068	1,186	0,315
Temps *Conc	9	390,242	43,360	10,144	< 0,0001
Variété*Conc	3	181,741	60,580	14,173	< 0,0001

L'analyse montre que les trois facteurs présentent une interaction hautement significative face au stress salin. Toutefois, la variété n'est pas significativement liée aux temps, mais l'interaction entre les facteurs temps d'incubation et la variété, temps d'incubation et concentration est hautement significative.

Test de Newman et Keuls à un seuil 5%

Les résultats ont été, par la suite, traités avec le test Newman et Keuls.

➤ **Facteur 1 :** Temps d'incubation

Le tableau 13, permet de classer les périodes en quatre groupes, selon la phase de croissance des vitroplants. Cela veut dire que la croissance maximale se limite généralement à 28 jours.

Tableau 13: comparaison des moyennes de la hauteur des tiges en fonction du temps et des variétés *spunta* et *désirée*.

Libelles	Moyenne	Groupes			
7 J	1,390	A			
15 J	2,803		B		
21 J	4,008			C	
28 J	5,849				D

➤ **Facteur 2 : Variétés**

Le tableau 14, révèle que le facteur variété est une importance considérable sur la croissance des vitroplants. La variété *désirée* présente généralement, une croissance caulinaire plus importante que la variété *spunta* (caractère génétique variétal).

Tableau 14: comparaison des moyennes de la hauteur des tiges selon la variété.

Libelles	Moyenne	Groupes	
<i>spunta</i>	2,919	A	
<i>désirée</i>	4,106		B

➤ **Facteur 3 : Concentration en NaCl**

Dans le tableau 15, les résultats montrent quatre groupes de sensibilité distincte de manière linéaire. La liaison de ces résultats statistique avec celles des observations physiologiques met en évidence que C150 est une concentration létale, et C100 est une concentration sub-létale.

Tableau 15: comparaison des moyennes de hauteurs des tiges selon la concentration de NaCl pour les variétés *spunta* et *désirée*.

Libelles	Moyenne	Groupes			
150	0,705	A			
100	1,646		B		
25	4,415			C	
0	7,283				D

➤ **Interaction F1*F3 : Temps d'incubation- Concentration en NaCl**

Cette partie est particulièrement importante, compte tenu de l'interaction existante entre les facteurs résumés dans 5 groupes avec une dominance par le groupe A le moins significatif. Le tableau 16, permet d'identifier la meilleure concentration de NaCl favorable à la croissance des tiges par rapport au temps. La concentration C25 groupe D reste les plus significatives face au temps.

Tableau16 : L'influence de la concentration de NaCl sur les deux variétés *Spunta* et *Désirée* au court du temps.

Libelles	Moyenne	Groupes				
7 J*150	0,205	A				
15 J*150	0,525	A				
7 J*100	0,715	A				
21 J*150	0,940	A				
28 J*150	1,150	A				
15 J*100	1,275	A				
21 J*100	1,375	A				
7 J*25	1,575	A				
7 J*0	3,065		B			
28 J*100	3,219		B			
15 J*25	3,390		B			
21 J*25	5,265			C		
15 J*0	6,020			C		
28 J*25	7,430				D	
21 J*0	8,450				D	
28 J*0	11,595					E

➤ **Interaction F2*F3 :** Variété - Concentration en NaCl

Selon le tableau 17, les résultats de l'interaction existante entre les facteurs partagés en 4 groupes, la meilleure concentration de NaCl qui donne la meilleure croissance de la tige chez les deux variétés *spunta* et *désirée* c'est C25, mais on note que tous les résultats élevés en différents concentrations de NaCl est obtenue avec la variété *désirée*.

Tableau 17: L'influence de la longueur des tiges en fonctions de la variété et la concentration.

Libelles	Moyenne	Groupes			
<i>spunta</i> *150	0,515	A			
<i>spunta</i> *100	0,700	A			
<i>désirée</i> *150	0,895	A			
<i>désirée</i> *100	2,592		B		
<i>spunta</i> *25	2,800		B		
<i>désirée</i> *25	6,030			C	
<i>désirée</i> *0	6,905			C	D
<i>spunta</i> *0	7,660				D



Figure 13 : croissance et développement des vitro plants de la variété *spunta* après 28 jours.



Figure 14 : croissance et développement des vitro plants de la variété *désirée* après 28 jours.

1-3-Effet de la salinité sur le nombre de racines

L'enracinement est l'étape la plus importante dans la culture *in vitro* car assurant la réussite de l'acclimatation. D'ailleurs, le nombre de racines formées pendant 7, 15, 21 et 28 jours, diminue de la concentration C0 à C150 avec des moyennes mentionnées dans la figure.

L'analyse des histogrammes A et B montre que la variété *désirée* possède plus de racines que la variété *spunta*.

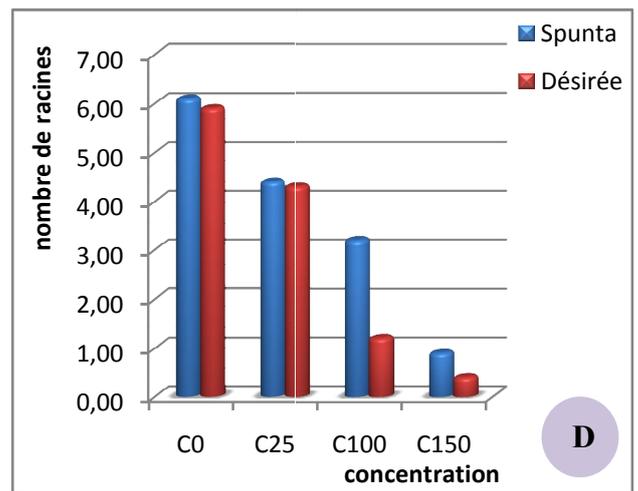
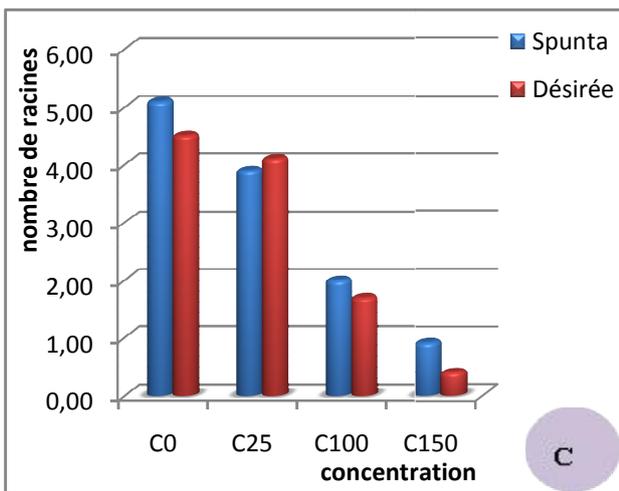
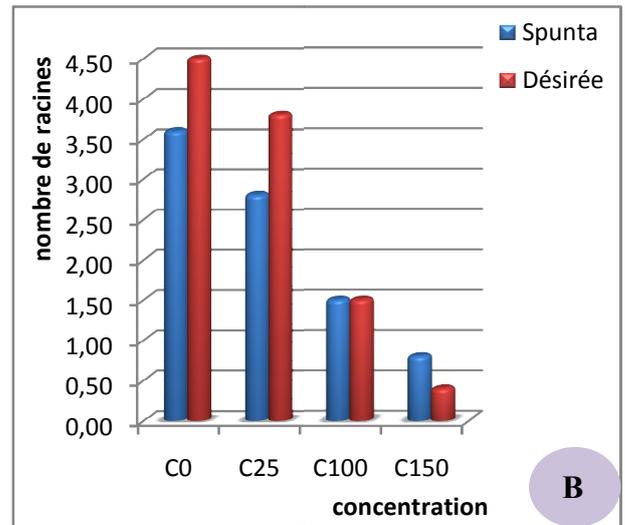
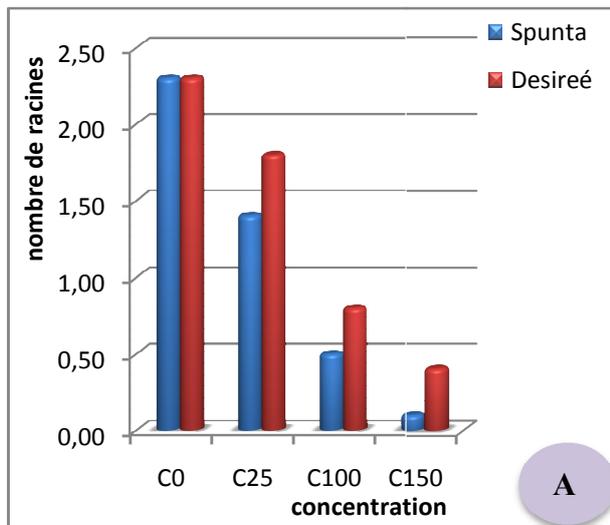


Figure 15: nombre de racines chez les deux variétés étudiées après 7, 15, 21 et 28 jours (A, B, C et D).

Des analyses des variances (ANOVA) de nombre de racines ont été effectuées par le logiciel EXCEL STAT, sont présentées dans les tableaux qui suivent :

Tableau 18: l'analyse de la variance à trois facteurs : la concentration en NaCl, du temps d'exposition à ce stress et des deux variétés de *S.tuberosum* L..

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Temps d'incubation	3	203,213	67,738	28,031	< 0,0001
Variété	1	0,285	0,285	0,118	0,732
Conc	3	677,179	225,726	93,410	< 0,0001
Semaine*Variété	3	12,089	4,030	1,668	0,174
Semaine*Conc	9	66,416	7,380	3,054	0,002
Variété*Conc	3	6,809	2,270	0,939	0,422

L'analyse montre que les deux facteurs ; le temps d'incubation et la concentration de NaCl, présentent une interaction hautement significative, aussi le temps d'incubation liée significativement aux concentrations de NaCl, par contre le facteur variété présente une interaction non significative face au stress salin. Toutefois, la variété n'est pas significativement corrélée ni aux temps ni aux concentrations.

Test de Newman et Keuls à un seuil 5%

Les résultats ont été, par la suite, traités avec le test Newman et Keuls.

➤ **Facteur 1 : Temps d'incubation**

Le tableau 19, permet de classer les périodes en trois groupes, selon la phase d'apparition de racines néoformées des vitroplants. Cela veut dire qu'il y a une augmentation considérable en nombre de feuilles des premier 7 jours et les dernier.

Tableau 19 : comparaison des moyennes de nombre de racines en fonction du temps et des variétés *spunta* et *désirée*.

Libelles	Moyenne	Groupes		
7 J	1,200	A		
15 J	2,363		B	
21 J	2,825		B	
28 J	3,363			C

➤ **Facteur 2 : Variétés**

Le tableau 20, révèle que le facteur variété à aucun influence sur le nombre de racines. La formation de racines presque la même chez les deux variétés.

Tableau20: comparaison des moyennes de nombre de racines selon la variété.

Libelles	Moyenne	Groupes
<i>désirée</i>	2,406	A
<i>spunta</i>	2,469	A

➤ **Facteur 3 : Concentration en NaCl**

Dans le tableau 21, les résultats montrent quatre groupes de sensibilité distincte de manière linéaire, les deux variétés possèdent un seuil limite représenté par et C25. C100 et C150 se rejoignent dans les deux derniers groupes. La liaison de ces résultats statistique avec celles des observations physiologiques met en évidence que C150 est une concentration létale, et C100 est une concentration sub-létale. Mais vue la présence des individus qui possèdent quelques racines avec les deux concentrations.

Tableau 21: comparaison des moyennes de nombre de racines selon la concentration de NaCl.

Libelles	Moyenne	Groupes			
150	0,537	A			
100	1,613		B		
25	3,313			C	
0	4,288				D

➤ **Interaction F1*F3 : Temps d'incubation - Concentration en NaCl**

Selon le tableau 22, les résultats de l'interaction existante entre les facteurs partagés en 6 groupes, comme permet d'identifier le milieu de culture contient une concentration de NaCl favorable à la formation de racines. On remarque que les interactions du temps avec C25 hautement significative, donc C25 nous donne les nombre de racine le plus élevé avec le temps.

Tableau 22: L'influence de la concentration de NaCl sur les deux variétés *spunta* et *désirée* au court du temps.

Libelles	Moyenne	Groupes						
7 J*150	0,250	A						
15 J*150	0,600	A	B					
28 J*150	0,650	A	B					
21 J*150	0,650	A	B					
7 J*100	0,650	A	B					
15 J*100	1,500	A	B	C				
7 J*25	1,600	A	B	C				
21 J*100	1,850		B	C				
7 J*0	2,300			C	D			
28 J*100	2,450			C	D			
15 J*25	3,300				D	E		
21 J*25	4,000					E	F	
15 J*0	4,050					E	F	
28 J*25	4,350					E	F	
21 J*0	4,800						F	
28 J*0	6,000							G

1-4-Effet de la salinité sur la longueur de la racine la plus développée

D'après les résultats, mentionnés dans la figure 15 semble varier selon la variété et la concentration de NaCl dans le milieu.

Cette élancement reliée négativement avec la concentration de NaCl pendant toute la durée de l'essai et pour les deux variétés.

Cependant, l'effet salinité est plus accentué sur la variété *spunta* que sur la variété *désirée* pendant les quatre semaines de l'essai.

Tableau 23: Pourcentage de la longueur de la tige des différentes concentrations de NaCl en fonction du témoin.

	Concentration	7 JOURS	15 JOURS	21 JOURS	28 JOURS
Variété <i>spunta</i>	C0	100	100	100	100
	C25	26,84	38,59	41,16	79,84
	C100	25,26	36,89	35,71	37,66
	C150	1,05	19,90	21,24	20,29

Variété désirée	C0	100	100	100	100
	C25	57,72	86,31	95,56	97,00
	C100	24,09	47,26	54,63	56,63
	C150	14,09	7,71	5,98	7,41

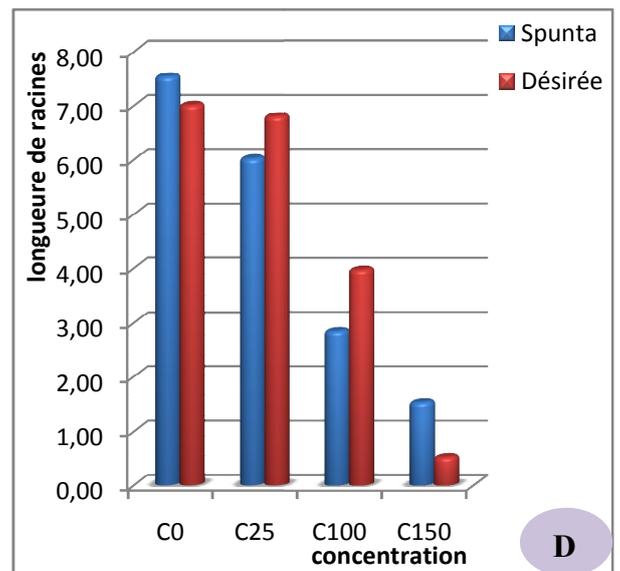
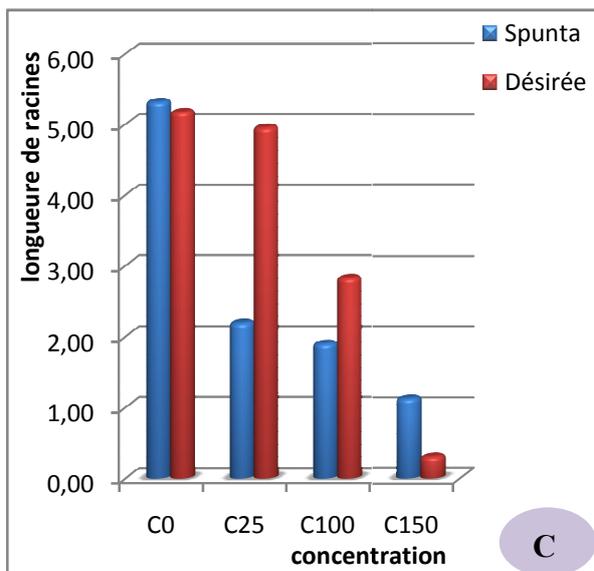
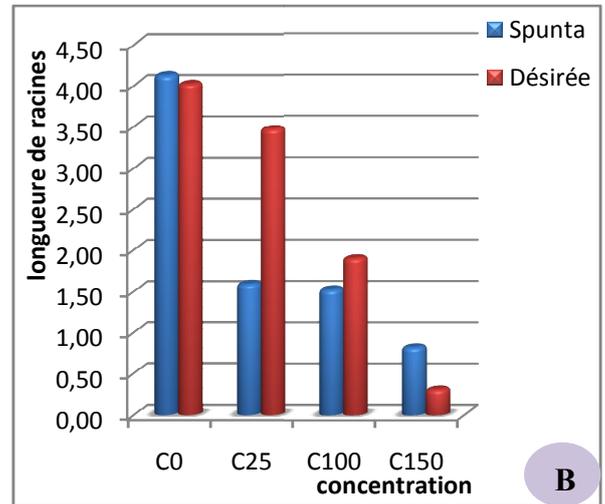
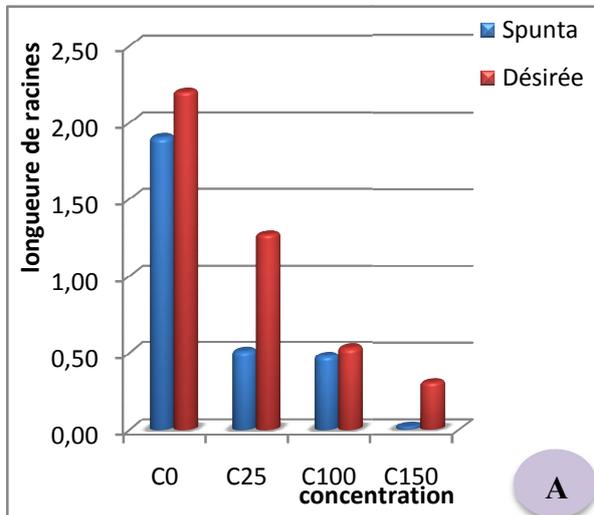


Figure 16 : longueur de la racine la plus développée chez les deux variétés étudiées après 7, 15, 21 et 28 jours (A, B, C et D).

Les vitroplants repiqués ont présenté une variable croissance de. Des analyse de variance ont été effectuées par le logiciel EXCEL STAT, sont présentées dans les tableaux qui suivent :

Tableau 24: Résultats de l'analyse de la variance à trois facteurs : la concentration en NaCl, du temps d'exposition à ce stress et des deux variétés de *S.tuberosum* L..

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Temps d'incubation	3	536,204	178,735	86,240	< 0,0001
Variété	1	10,800	10,800	5,211	0,023
Conc	3	723,955	241,318	116,437	< 0,0001
Temps *Variété	3	4,148	1,383	0,667	0,573
Temps *Conc	9	152,287	16,921	8,164	< 0,0001
Variété*Conc	3	48,516	16,172	7,803	< 0,0001

L'analyse montre que les deux facteurs ; le temps d'incubation et la concentration de NaCl, présentent une interaction hautement significative, et une interaction significative pour le facteur variété. Aussi, les deux facteurs le temps d'incubation et la variété sont liées significativement aux concentrations de NaCl. Toutefois, la variété n'est pas significativement corrélée aux temps d'incubation.

Test de Newman et Keuls à un seuil 5%

Les résultats ont été, par la suite, traités avec le test Newman et Keuls.

➤ **Facteur 1 :**Temps d'incubation

Le tableau 25, permet de classer les périodes en quatre groupes, selon la phase croissance et développement de racines des vitroplants. Cela veut dire qu'il y a une augmentation considérable à la longueur de racines chaque 7 jour.

Tableau 25: comparaison des moyennes de la longueur des racines en fonction du temps et des variétés *spunta* et *désirée*.

Libelles	Moyenne	Groupes			
7 J	0,903	A			
15 J	2,219		B		
21 J	2,976			C	
28 J	4,525				D

Facteur 2 : Variétés

Le tableau 26, révèle que le facteur variété est une importance considérable sur la croissance de racines des vitroplants. La variété *désirée* présente généralement, une croissance racinaire plus importante que la variété *spunta* (caractère génétique variétal).

Tableau 26 : comparaison des moyennes de la longueur de racine selon la variété.

Libelles	Moyenne	Groupes	
<i>spunta</i>	2,464	A	
<i>désirée</i>	2,847		B

➤ **Facteur 3 :** Concentration en NaCl

Dans le tableau 27, les résultats montrent quatre groupes de sensibilité distincte de manière linéaire. La liaison de ces résultats statistique avec celles des observations physiologiques met en évidence que C150 est une concentration létale, et C100 est une concentration sub-létale. Mais vue la présence des individus qui possèdent quelques racines un peut développées avec les deux concentrations.

Tableau 27 : comparaison des moyennes de la longueur de racine selon la concentration de NaCl pour les variétés *spunta* et *désirée*

Libelles	Moyenne	Groupes			
150	0,619	A			
100	1,996		B		
25	3,346			C	
0	4,661				D

➤ **Interaction F1*F3 :** Temps d'incubation - Concentration en NaCl

Selon le tableau 28, les résultats de l'interaction existante entre les facteurs partagés en neuf groupes, comme permet d'identifier le milieu de culture contient une concentration de NaCl favorable à la formation de racines. On remarque que les interactions du temps avec C25 hautement significative

groupe D, donc C25 nous donne la croissance et le développement de racine le plus élevé avec le temps.

Tableau 28 : L'influence de la concentration de NaCl sur les deux variétés *spunta* et *désirée* au court du temps.

Libelles	Moyenne	Groupes								
7 J*150	0,165	A								
7 J*100	0,505	A	B							
15 J*150	0,565	A	B							
21 J*150	0,720	A	B							
7 J*25	0,890	A	B	C						
28 J*150	1,025	A	B	C						
15 J*100	1,710		B	C	D					
7 J*0	2,050			C	D					
21 J*100	2,365				D	E				
15 J*25	2,530				D	E	F			
28 J*100	3,405					E	F	G		
21 J*25	3,570						F	G		
15 J*0	4,070							G		
21 J*0	5,250								H	
28 J*25	6,396									I
28 J*0	7,275									I

➤ **Interaction F2*F3 :** Variété - Concentration en NaCl

Selon le tableau 29, les résultats de l'interaction existante entre les facteurs partagés en quatre groupes, la meilleure concentration de NaCl qui donne la meilleure croissance et développement de racine chez les deux variétés *spunta* et *désirée* c'est C25, mais on note que tous les résultats élevés en différents concentrations de NaCl est obtenue avec la variété *désirée* sauf en concentration C0 (témoin).

Tableau 29: L'influence de la longueur des racines en fonctions de la variété et la concentration.

Libelles	Moyenne	Groupes			
<i>désirée</i> *150	0,362	A			
<i>spunta</i> *150	0,875	A			
<i>spunta</i> *100	1,685		B		
<i>désirée</i> *100	2,308		B	C	
<i>spunta</i> *25	2,578			C	

<i>désirée</i> *25	4,115				D
<i>désirée</i> *0	4,603				D
<i>spunta</i> *0	4,720				D

1-5-Effet de la salinité sur la ramification des vitro plantes

Pendant 7 jours, le nombre de ramifications le plus élevés formés en C25 puis en C0, suivit par une apparition de ramifications en C100 après 15 jours, après 21 jours nous observons l'apparition de ramification chez les deux variétés dans tous les milieux. Avec une dominance de *désirée* dans les trois milieux C0, C25, C100 (28 jours).

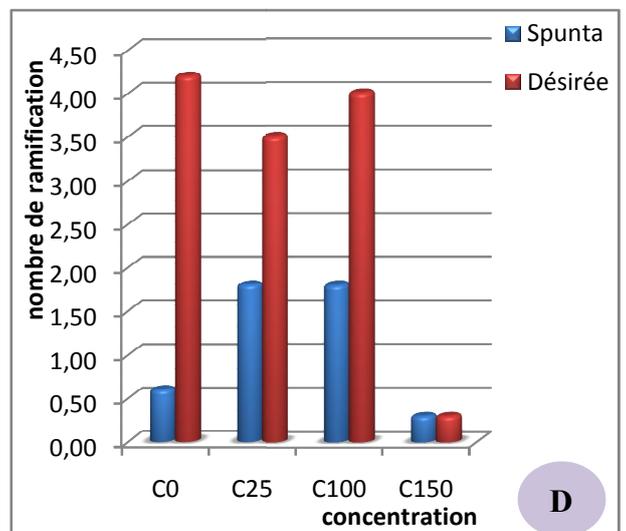
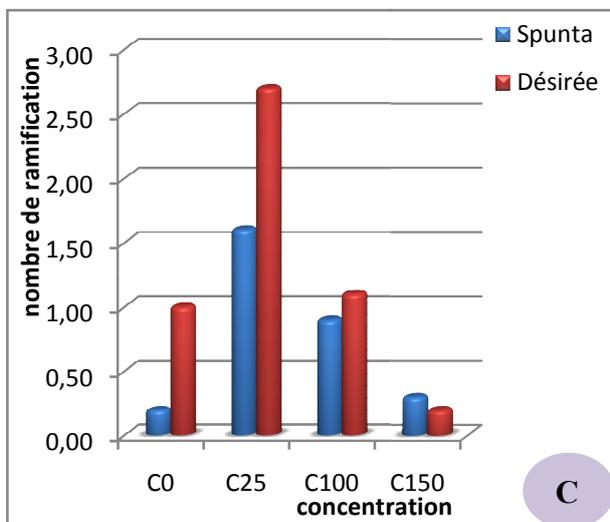
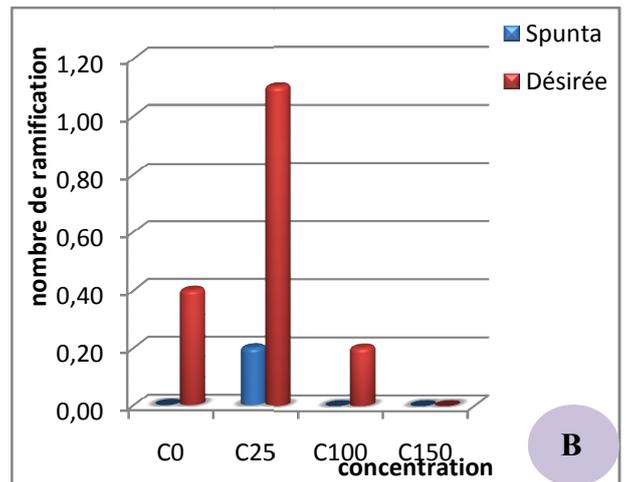
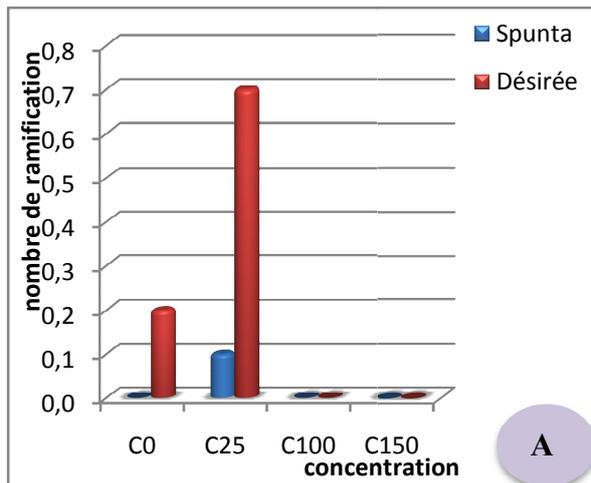


Figure 17 : nombre de ramification chez les deux variétés étudiées après 7, 15, 21 et 28 jours (A, B, C et D).

Les vitro plants repiqués ont présenté une croissance et développement des ramifications variable. Des analyse de variance ont été effectuées par le logiciel EXCEL STAT, sont présentées dans les tableaux qui suivent :

Tableau30 : l'analyse de la variance à trois facteurs : la concentration en NaCl, du temps d'exposition à ce stress et des deux variétés de *S.tuberosum* L..

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Temps d'incubation	3	190,784	63,595	43,954	< 0,0001
Variété	1	43,473	43,473	30,046	< 0,0001
Conc	3	72,676	24,225	16,744	< 0,0001
Temps*Variété	3	35,627	11,876	8,208	< 0,0001
Temps *Conc	9	60,645	6,738	4,657	< 0,0001
Variété*Conc	3	19,177	6,392	4,418	0,005

L'analyse montre que les trois facteurs ; le temps d'incubation, la concentration de NaCl et la variété présentent une interaction hautement significative. Aussi, le facteur temps d'incubation est lié significativement à la concentration de NaCl et à la variété. Toutefois, la variété est significativement corrélée à la concentration de NaCl.

Test de Newman et Keuls à un seuil 5%

Les résultats ont été, par la suite, traités avec le test Newman et Keuls.

➤ **Facteur 1** : Temps d'incubation

Le tableau31, permet de classer les périodes en quatre groupes, selon la phase croissance et développement des ramifications des vitroplants. Cela veut dire qu'il y a une augmentation considérable de nombre de ramification à partir de 15 jours.

Tableau31: comparaison des moyennes de nombre des ramifications en fonction du temps et des variétés *spunta* et *désirée*.

Libelles	Moyenne	Groupes		
7 J	0,125	A		
15 J	0,241	A		
21 J	1,000		B	
28 J	2,063			C

➤ **Facteur 2 : Variétés**

Le tableau 32, révèle que le facteur variété est une importance considérable sur la croissance et développement de ramifications des vitroplants. La variété *desirée* D présente généralement, un nombre de ramifications plus importantes que la variété *Spunta* groupe A (caractère génétique variétal).

Tableau 32: comparaison des moyennes de nombre des ramifications selon la variété.

Libelles	Moyenne	Groupes	
<i>spunta</i>	0,489	A	
<i>desirée</i>	1,225		B

➤ **Facteur 3 : Concentration en NaCl**

Dans le tableau 33, les résultats montrent trois groupes de sensibilité distincte. La liaison de ces résultats statistique avec celles des observations physiologiques met en évidence que C25 est une concentration favorable à la formation des ramifications, et même C100 est une concentration sub-létale. Mais vue la présence des individus qui possèdent quelques racines un peut développées avec les deux concentrations.

Tableau 33 : comparaison des moyennes de nombre de ramification selon la concentration de NaCl pour les variétés *spunta* et *desirée*.

Libelles	Moyenne	Groupes		
150	0,138	A		
0	0,825		B	
100	1,000		B	
25	1,466			C

➤ **Interaction F1*F2 : Temps d'incubation - Variété**

Selon le tableau 34, les résultats de l'interaction existante entre les facteurs partagés en trois groupes, les meilleurs résultats obtenus avec la variété *desirée* au cours des quatre semaines.

Tableau 34 : La formation des ramifications de la partie aérienne des deux variétés au cours de Temps d'incubation.

Libelles	Moyenne	Groupes		
7 j* <i>spunta</i>	0,025	A		
15 j* <i>spunta</i>	0,058	A		
7 j* <i>désirée</i>	0,225	A		
15 j* <i>désirée</i>	0,425	A		
21 j* <i>spunta</i>	0,750	A	B	
28 j* <i>spunta</i>	1,125		B	
21 j* <i>désirée</i>	1,250		B	
28 j* <i>désirée</i>	3,000			C

➤ **Interaction F1*F3 :** Temps d'incubation - Concentration en NaCl

Selon le tableau 35, les résultats de l'interaction existante entre les facteurs partagés en deux groupes, comme permet d'identifier le milieu de culture contient une concentration de NaCl favorable à la formation des ramifications. On remarque que les interactions du temps avec C25 hautement significative en groupe B, donc C25 nous donne la croissance et le développement des ramifications le plus élevé avec le temps.

Tableau 35 : L'influence de la concentration de NaCl pour la formation des ramifications des deux variétés *spunta* et *désirée* au court du temps.

Libelles	Moyenne	Groupes		
15 J*150	0,000	A		
7 J*100	0,000	A		
7 J*150	0,000	A		
15 J*100	0,100	A		
7 J*0	0,100	A		
15 J*0	0,200	A		
21 J*150	0,250	A		
28 J*150	0,300	A		
7 J*25	0,400	A		
21 J*0	0,600	A		

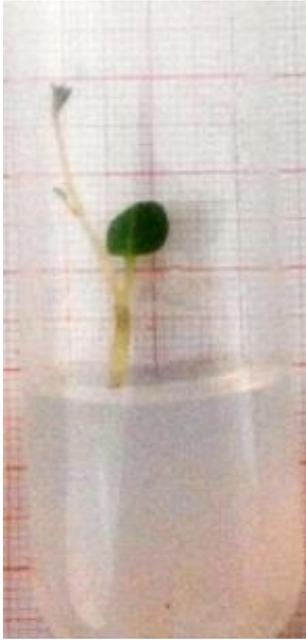
15 J*25	0,666	A	
21 J*100	1,000	A	
21 J*25	2,150		B
28 J*0	2,400		B
28 J*25	2,650		B
28 J*100	2,900		B

➤ **Interaction F2*₃ F3** : Variété - Concentration en NaCl

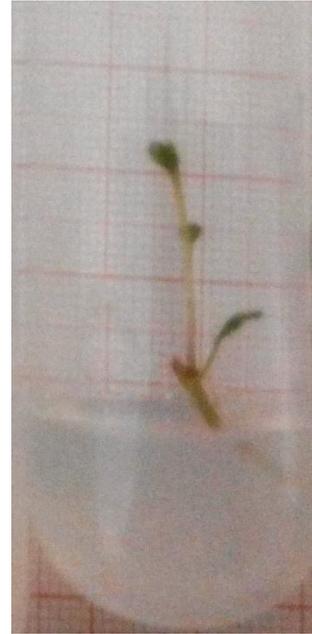
Selon le tableau 36, les résultats de l'interaction existante entre les facteurs partagés en quatre groupes, la meilleure concentration de NaCl qui donne la meilleure croissance et développement des ramifications chez les deux variétés *spunta* et *désirée* c'est C25, mais on note que tous les résultats élevés en différents concentrations de NaCl est obtenue avec la variété *désirée* sauf en concentration C150.

Tableau 36: L'influence de la formation des ramifications en fonctions de la variété et la concentration.

Libelles	Moyenne	Groupes			
<i>désirée</i> *150	0,125	A			
<i>spunta</i> *150	0,150	A			
<i>spunta</i> *0	0,200	A			
<i>spunta</i> *100	0,675	A	B		
<i>spunta</i> *25	0,933		B	C	
<i>désirée</i> *100	1,325			C	
<i>désirée</i> *0	1,450			C	
<i>désirée</i> *25	2,000				D



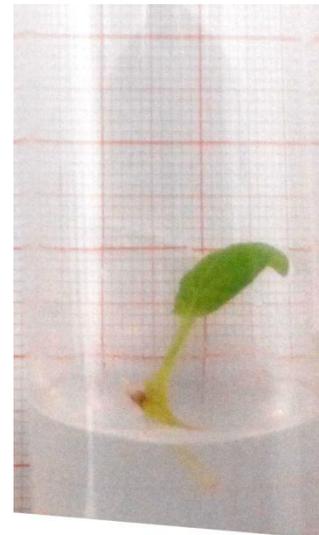
Témoin



25 MmolNaCl



100 MmolNaCl



150 MmolNaCl

Figure 18 : Développement des microboutures de la variété *désirée* sur des différentes concentrations de NaCl après 7 jours.



Temoin



25 Mmol NaCl

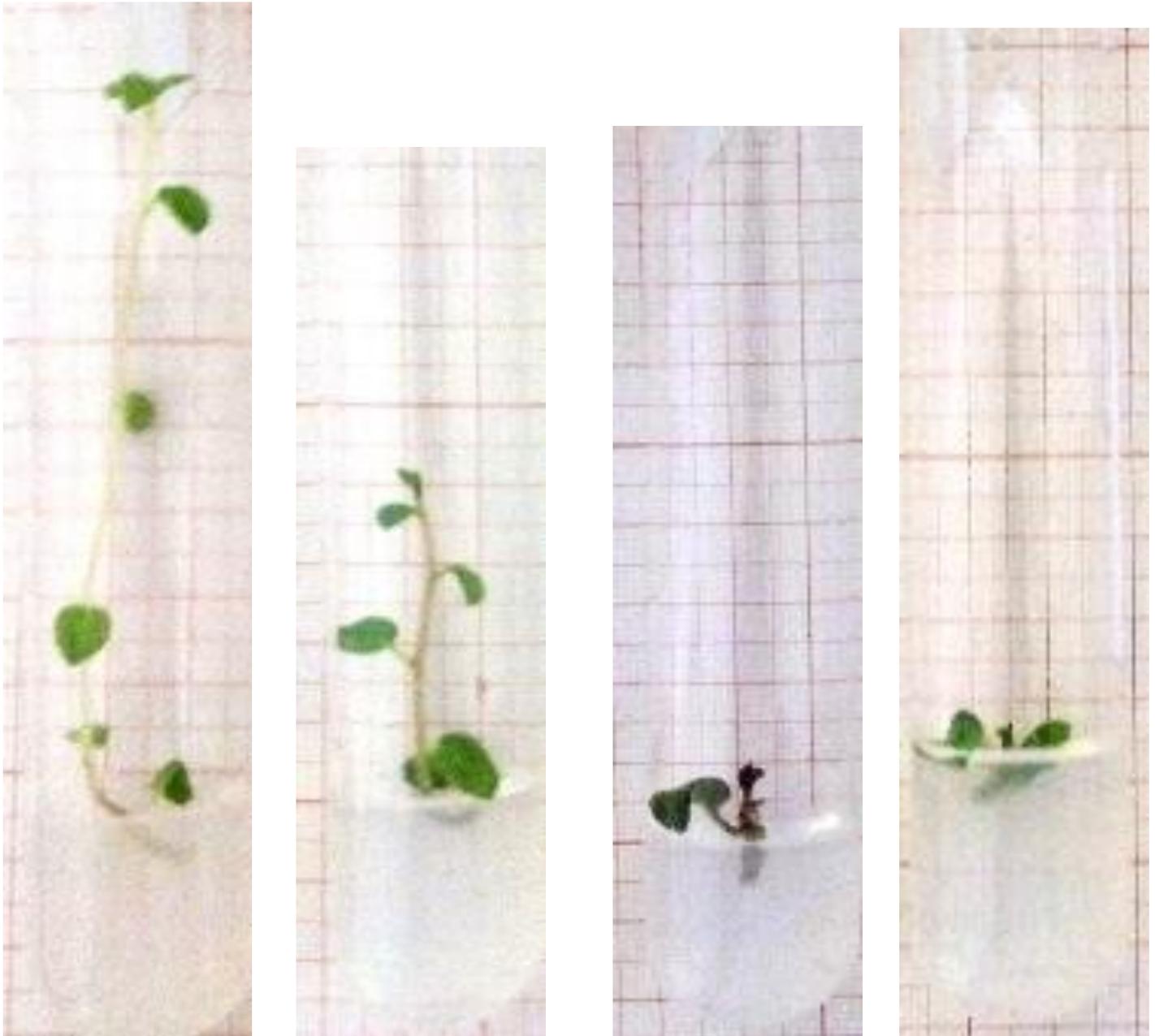


100 MmolNaCl



150 MmolNaCl

Figure 19 : Développement des microboutures de la variété *spunta* sur des différentes concentrations de NaCl après 7 jours.



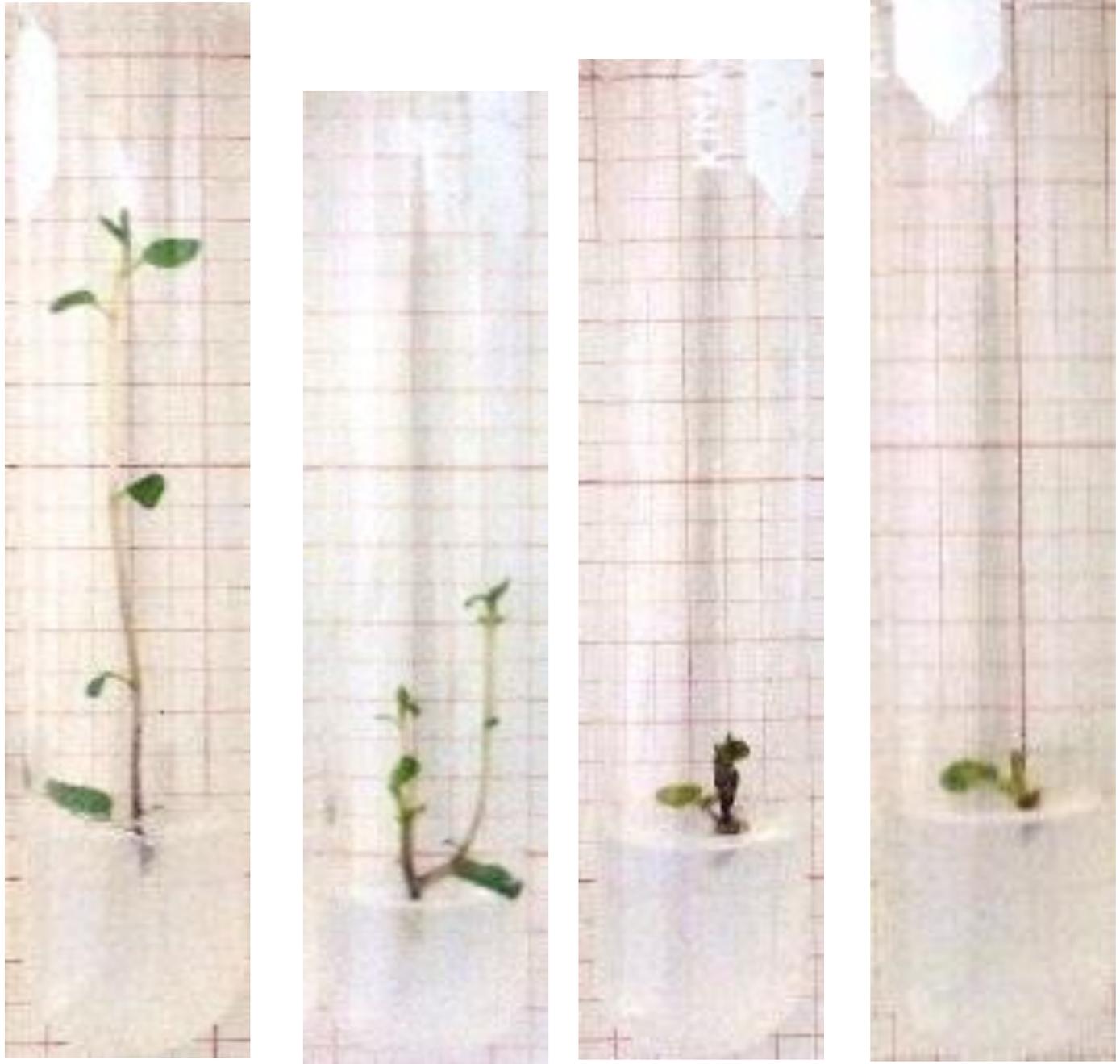
Témoin

25Mmol

100Mmol

150 MmolNaCl

Figure 20 : Développement des microboutures de la variété *désirée* sur des différentes concentrations de NaCl après 15 jours.



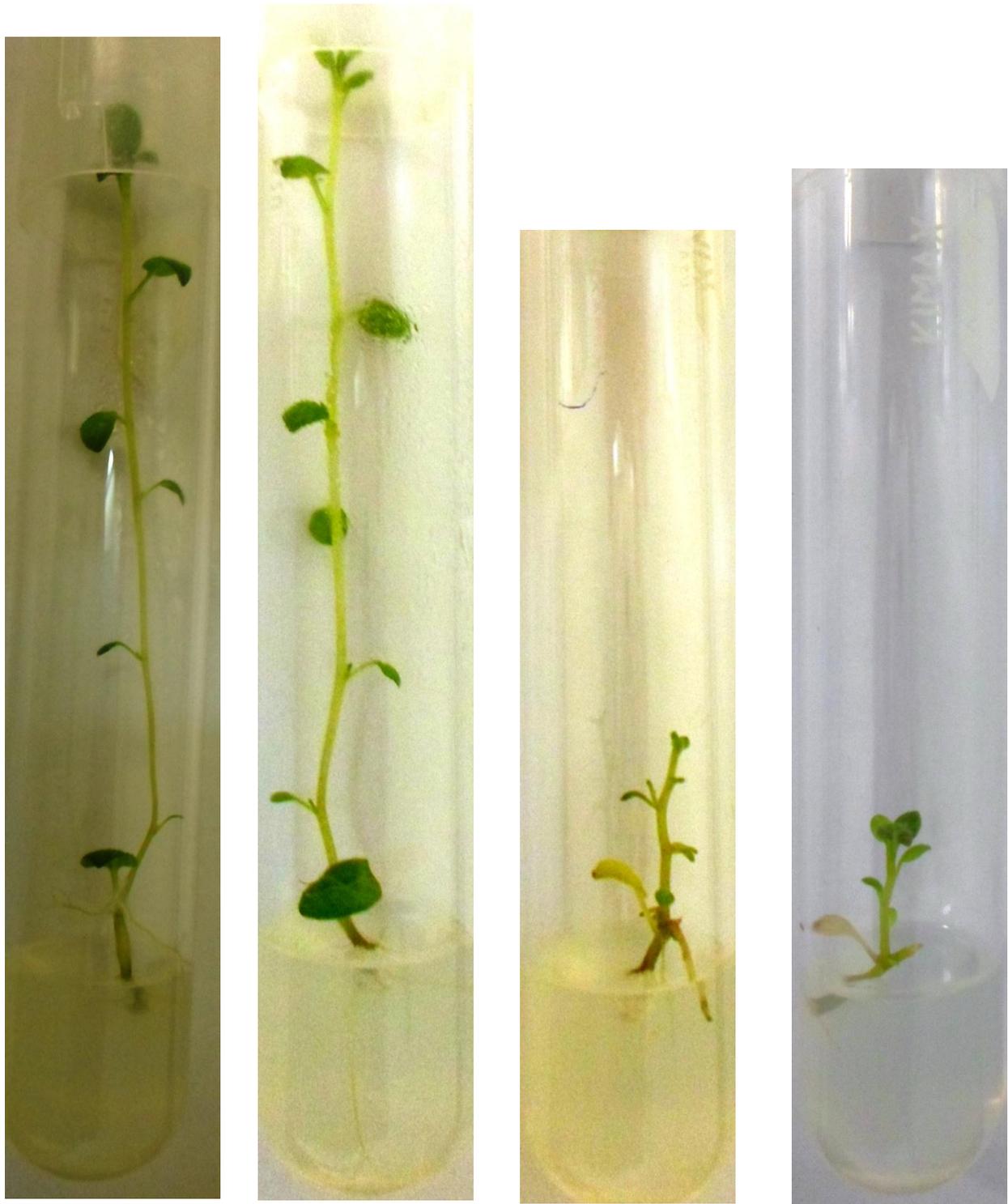
Témoïn

25Mmol

100Mmol

150 MmolNaCl

Figure 21 : Développement des microboutures de la variété *spunta* sur des différentes concentrations de NaCl après 15 jours.



Témoin

25Mmol

100Mmol

150 MmolNaCl

Figure 22 : Développement des microboutures de la variété *désirée* sur des différentes concentrations de NaCl après 21 jours.

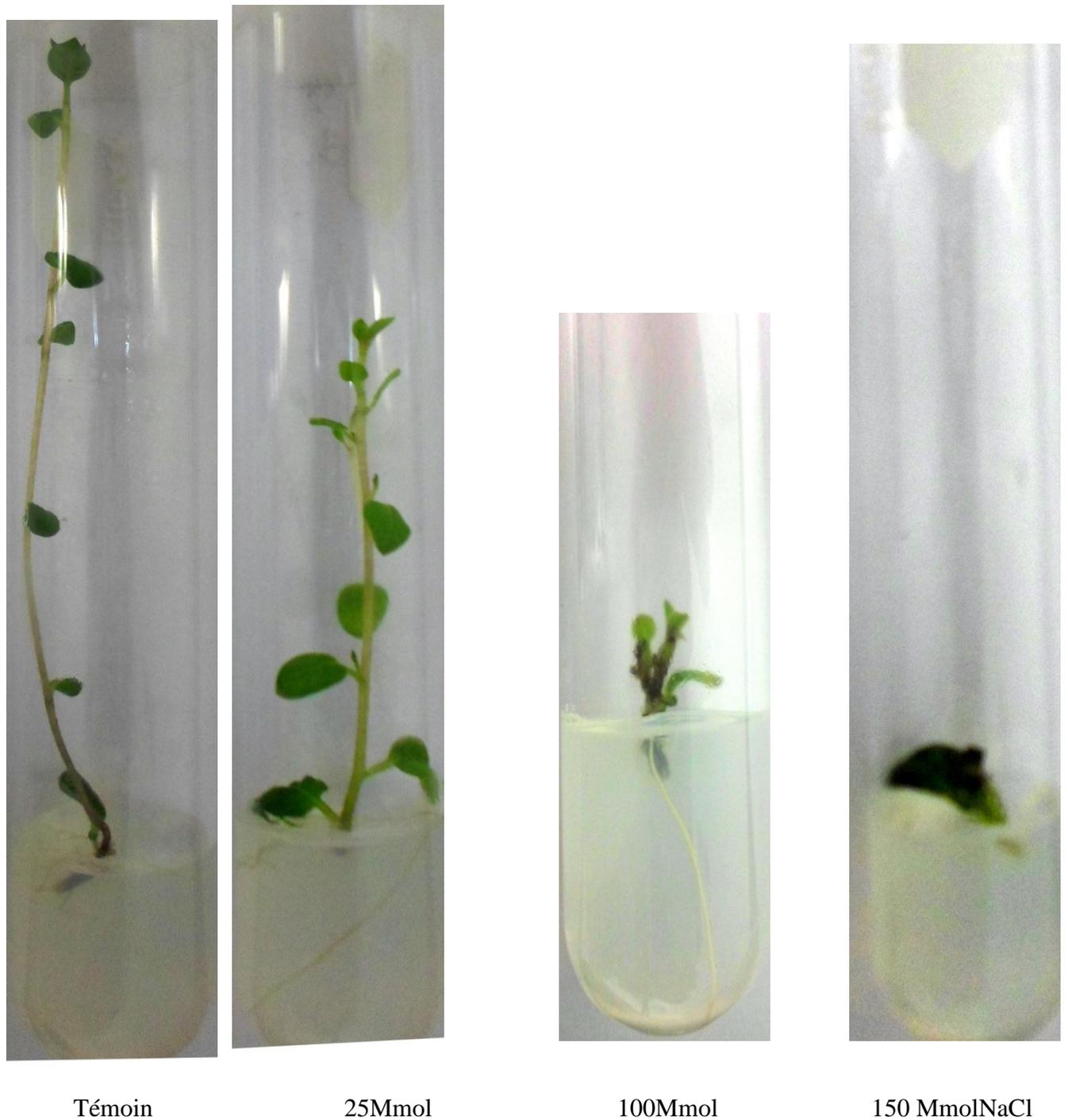


Figure 23: Développement des microboutures de la variété *spunta* sur des différentes concentrations de NaCl après 21 jours.

Discussion

A travers les résultats obtenus, nous remarquons un effet de salinité sur les deux variétés. Cependant la variété *désirée* semble moins affectée par les différentes concentrations de NaCl.

En effet, à travers les différents paramètres étudiés, on peut remarquer :

- ❖ Les résultats enregistrés avec la croissance et le développement de la partie aérienne corrélés négativement avec la concentration de NaCl, mais on remarque de bonnes croissances avec la concentration 25 Mmol/l par rapport au témoin. Taleisnik et Grunberg 1994 ont également montré que les faibles concentrations de NaCl, inférieures à 3 g.l⁻¹, peuvent stimuler la croissance des parties aériennes de certains cultivars de tomate (Marmande et la variété Edkawi). Ce phénomène est interprété comme étant le résultat d'une amélioration des relations hydriques, attribuée à une accumulation d'ions minéraux (Cuartero *et al.*, 1992, Munns *et al.*, 1986).
- ❖ La salinité affecte la croissance des tiges des jeunes plantules, d'après les valeurs de la figure 24, on note que lorsque le milieu est fortement salé (100, 150 Mmol), les vitroplants subissent une diminution agressive de croissance de la tige par rapport au témoin.

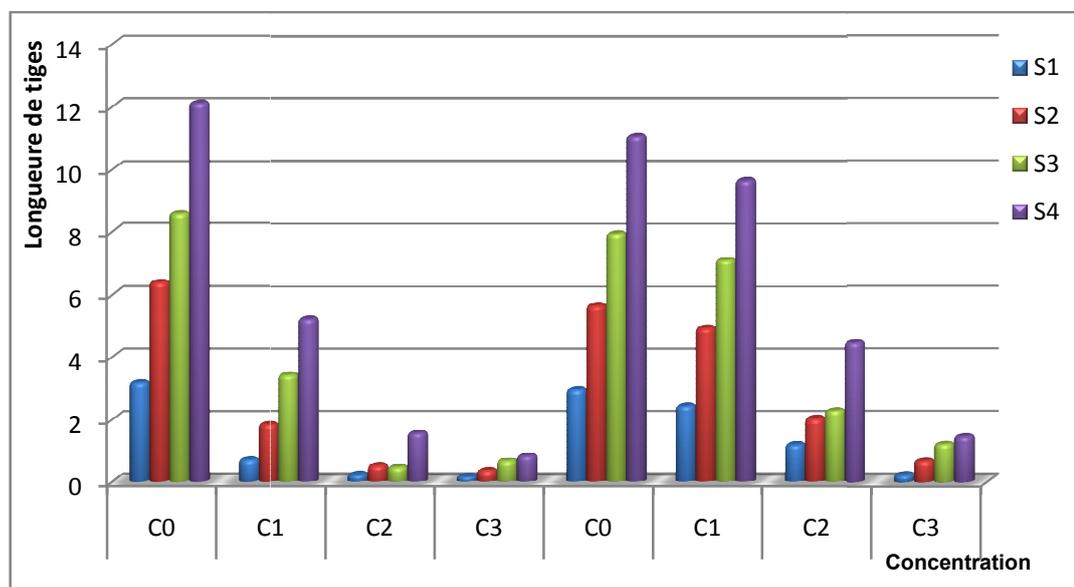


Figure 24: Evolution de la longueur moyenne de la tige durant la période de culture chez les deux variétés *spunta* et *désirée*

D'après Benmahioul *et al*, (2009), les fortes concentrations salines entraînent un déséquilibre ionique cellulaire et une toxicité chez les végétaux ; ce qui peut affecter certains processus métaboliques vitaux tel que la réduction de la croissance et la nécrose des cals sensibles. Wai *et al*,(2004)montre que la réduction de la hauteur de la plante due à l'effet du sel qui retarde les processus de la division cellulaires et de leur prolongation qui sont la base de la croissance. Toutefois, l'application de l'ANOVA indique qu'un milieu légèrement salée (25M mol) influe significativement sur la croissance en hauteur, conformément aux travaux de (Bouraoui *et al*, 1998).

❖ L'analyse de données obtenues au cours de la régénération des vitroplants montre que les différentes concentrations en NaCl ont une influence significative sur le nombre de feuilles formés. Les meilleures valeurs sont obtenues dans le milieu MS avec une concentration en NaCl égale à 25Mmol. Or, les fortes concentrations en NaCl provoquent une diminution remarquable du nombre de feuilles particulièrement la concentration 150 Mmol.

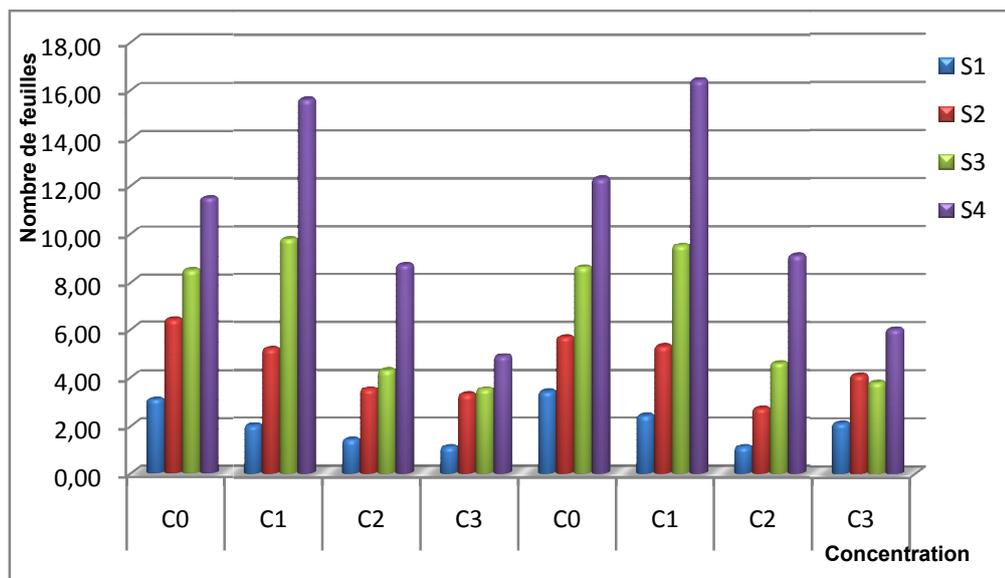


Figure 25:Evolution du nombre moyen de feuilles formées durant la période de culture chez les deux variétés *spunta* et *désirée*

Nos résultats sont en accord avec les résultats obtenus par Yeo *et al*, Neumann, (1994) et Ben yahmed, (2013),lors de ces études, les auteurs ont montré que l'effet primaire du stress salin dans beaucoup d'espèces végétales est la phase osmotique qui inhibe la croissance des jeunes feuilles, de taux de déclenchement et d'apparition de la feuille, et le développement global des pousses.

Comme les chercheurs Munns et Tester, (2008) montrent que l'activité photosynthétique sera dans l'incapacité de subvenir au besoin en carbohydrates des jeunes feuilles qui voient leur croissance

diminué. Il est donc généralement considéré que la diminution de croissance végétative, exprimée que ce soit par la réduction du nombre de feuilles ou bien par la surface foliaire, représente généralement la première réponse aux génotypes exposés au stress salin (Benmahioul *et al.*, 2009).

❖ Les résultats de l'étude du système racinaire est illustré par la figure 19 qui montre que, en condition du stress salin modéré en concentration de NaCl 25 Mmol, tous les plantules sont significativement affectées. Ce comportement particulier serait une forme de tolérance au stress salin modéré.

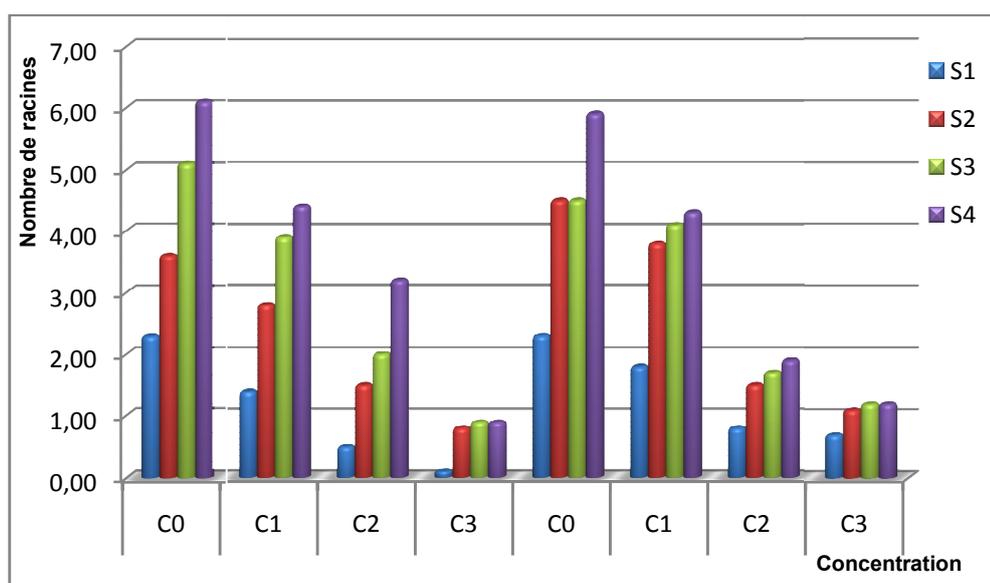


Figure26: Evolution du nombre moyen de racines formées durant la période de culture chez les deux variétés *spunta* et *désirée*.

Ce même comportement a été signalé par Mallek *et al.*, (1998) lors de l'étude de quelques variétés céréalières.

❖ Pour les deux concentrations de 100, et 150 Mmol de NaCl, toutes les plantes répondent négativement de la même manière jusqu'à l'absence totale de la rhizogenèse.

Une étude réalisée par Bouaouina *et al.*, (2000) a pu mettre en évidence que l'impact de la salinité est perçu en premier lieu au niveau des racines. Pour ces auteurs, la partie racinaire serait plus affectée par la salinité que la partie aérienne. Pour s'adapter au stress salin, la plante réduirait en premier lieu le développement de son système racinaire de manière à préserver la partie aérienne.

Suhayda *et al.*, (1992) a noté que chez l'orge, une diminution de l'élongation du système racinaire a été observée à des concentrations élevées de NaCl 100 à 200 Mmol. Guerrier, (1996) montrent que la

première réponse des glycophytes exposée à la salinité est un ralentissement de leur développement avec une croissance racinaire souvent moins affectée que la croissance foliaire.

Netondo, (1999) in Mwai *et al*, (2004) a montré que la réduction de la croissance de racine pourrait être attribuée à la réduction du taux de division et prolongation cellulaires, et donc la diminution du diamètre de la racine.

❖ D'après notre expérience réaliser sur les deux variétés de la pomme de terre *spunta* et *désirée* on peut noter que les meilleures moyennes de ramifications obtenus en C0, C25 et C100. Les forts degrés de salinité ont eu une grande influence sur la ramification de la partie aérienne et que le nombre de ramifications diminuent en milieu fortement salin 150Mmol.

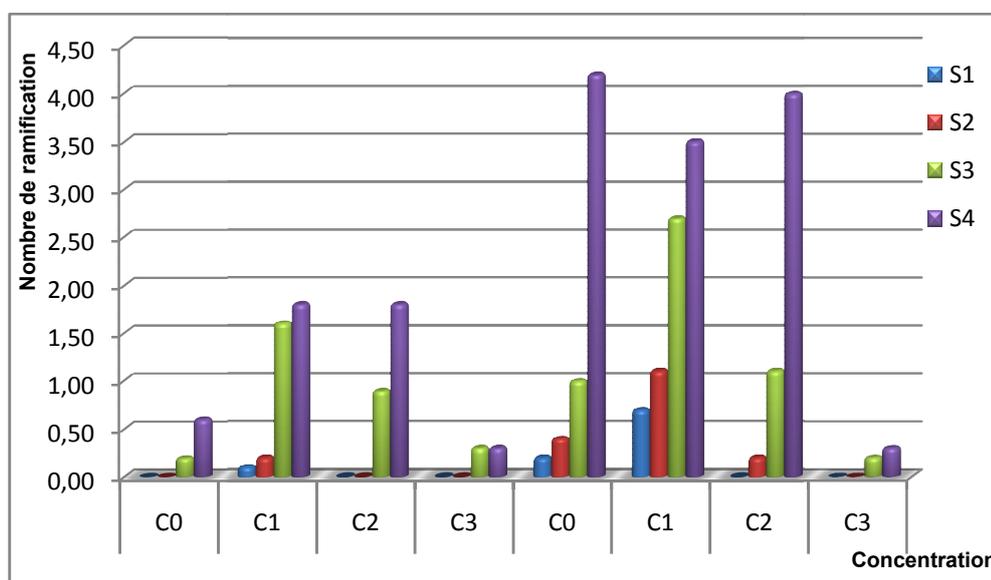


Figure 27 : Evolution du nombre moyen de ramifications formées durant la période de culture chez les deux variétés *spunta* et *désirée*.

Nos résultats sont en accord avec les résultats obtenus par Katerji *et al*,(2006) qui ont observé que l'effet du sel se traduit généralement par une réduction de la croissance en hauteur. Pour les céréales, l'effet majeur de la salinité sur la partie aérienne se traduit par une réduction du nombre de tiges et de feuilles.

D'après Termaat *et al*, (1985) et Kuiper *et al*, (1990), l'effet du stress salin peut aussi être lié à des perturbations de concentrations des régulateurs de croissance, notamment l'acide abscissique et des cytokinines.



Figure 28 : Croissance et développement des vitro plants de deux variétés au cours de 28jours.

❖ Les vitroplants peuvent tolérer la salinité jusqu'à 25 Mmol sans pertes la capacité de l'organogenèse (seuil de salinité). Quand le seuil de salinité est dépassé, le développement des plantes est réduit linéairement à mesure que la salinité augmente.

Ces résultats vérifient bien ceux de Alhag Dow *et al.*, (1999) sur la variété de pomme de terre Russet Burbank montrant que les vitroplants adaptés au NaCl et soumis au stress salin élaborent de la matière sèche et tubérisent au même titre que les vitroplants témoins, cultivés en absence du stress salin. Selon nos résultats, la possibilité de culture en milieu salé est attribuée à une tolérance au stress salin notée *in vitro* qui se caractérise par des teneurs élevées en Na⁺ et Cl⁻ (Hannachi, 1996). Ces deux ions sont généralement supposés être impliqués chez la pomme de terre dans l'ajustement osmotique, nécessaire au maintien du gradient de potentiel hydrique entre la cellule ou la plante et le milieu additionné de sels (Van Swaaij *et al.*, 1986 ; Sabbah, Tal, 1990 ; Sasikala *et al.*, 1993).

En note que La ramification de la tige chez les deux variétés est favorisée par la salinité, et dans les mesures où les ramifications portent des feuilles, il va y avoir une meilleure photosynthèse, donc une meilleure production.

Conclusion

A présent, l'utilisation de la technique de culture *in vitro* pour la production de semences chez la pomme de terre, constitue une alternative très importante qui ne cesse d'évoluer pour remplacer les techniques classiques engendrant des problèmes d'aspects divers. Sa généralisation se justifie principalement par son faible coût économique et son efficacité dans la production de plants de meilleure qualité phytosanitaire en un temps largement plus réduit.

Le travail que nous avons réalisé a pour but d'étudier *in vitro* l'influence de NaCl et l'effet du génotype (*spunta* et *désirée*) sur la micro-propagation de la pomme de terre *Solanum tuberosum* L. Dans cette optique, nous avons étudié les paramètres morphologiques suivants : nombre de feuilles, longueur de la tige, nombre de racines, longueurs de racines et la ramification de la tige. Ces paramètres ont été évalués afin de caractériser le niveau de la tolérance de ces deux variétés vis-à-vis du stress salin. Dans le présent travail, nous avons utilisé différentes concentrations salines (0, 25, 100 et 150 Mmol NaCl), avec des durées d'exposition au stress allant de 7 à 28 jours.

Les résultats obtenus montrent que le milieu témoin C0 présente un taux de régénération élevé, après 28 jours, par rapport aux autres milieux étudiés (C25, C100 et C150) et ce pour les deux variétés étudiées. Bien que la présence du NaCl dans le milieu en faibles concentrations, n'apporte pas une influence significative sur la croissance et développement des vitro-plants, les résultats obtenus avec le milieu C25 sont comparables avec ceux du milieu témoin. Or, nous avons constaté un développement faible des deux variétés étudiées dans les milieux C100 et C150.

Il ressort également de notre étude que la variété *désirée* semble plus tolérante vers les milieux salins. Ce comportement peut être expliqué par la différence de leur génotype.

Références bibliographiques

1. **Anonyme., 1999.** Transfer de technologie en agriculture, Fiches techniques la production de la pomme de terre, n°52.
2. **Anonyme., 1999.** Techniques de production de la pomme de terre au Maroc. Bulletin de liaison et d'information du PNTTA. Transfert de technologie en agriculture N°52. p4.
3. **Anonyme., 2003.** Age physiologique et préparation des semences. Ministère de l'Agriculture, des Pêches et de l'Aquaculture : www.gnb.ca.amélioration, ennemis et maladies, utilisations. 1 éd. Paris : INRA Editions. P278.
4. **Agnès B., Hélène R. & F. Louise., 2013.** La culture *in vitro* en TPE. <http://culture-in-vitro-tpe.e-monsite.com/>.
5. **Alhag Dow MM., Barthakur NN., Donnelly D., 1999.** Salinity stress and sodium-potassium interactions in micropropagated potatoes. *Potato Res.* 42, 73–78.
6. **Alloy J.P., 2009.** La filière pomme de terre en champagne-Ardenne. *Agreste champagne-Ardenne N°9*. Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche. 6p.
7. **Ashraf.M., Foolad M.R., 2007.** Roles of glycine betaine and proline in proving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany* vol .59: 206-216.
8. **Asloum.H., 1990.** Elaboration d'un système de production maraichère (Tomate, *Lycopersicon esculentum* L.) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisations de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia-Antipolis : 24-32.
9. **Badaoui M., Berkani A., Kolai N., 2011.** Etude de certains caractères et systématique de *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera ; Gelechiidae) de différentes régions d'Algérie. Laboratoire de la production végétale. Université de Mostaganem. 60–67.
10. **Benmahioul B., Daguin F., et M. Kaid-Harche., 2009.** Effet du stress salin sur la germination et la croissance *in vitro* du pistachier (*Pistacia vera* L.). *C. R. Biologies* 332 :752–758.
11. **Ben naceur M, Rahmoune C, Sdiri H, Meddahi M.L et Selmi M., 2001.** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Sciences et changements planétaires/ sécheresse*, 3(12):74-167.
12. **Ben yahmed J., 2013.** Etude des propriétés de tolérance au déficit hydrique et au stress salin de génotypes appartenant au genre *Poncirus* et au groupe des mandariniers.

Thèse de doctorat. Centre international d'études supérieures en sciences agronomiques. Montpellier. 32p.

- 13. Bernhards U., 1998.** La pomme de terre *Solanum tuberosum* L. Monographie. Institut biotechnologies de la multiplication végétative. Cahiers Agricultures 1998 ; 7 : 447-58. *biotechnology and forestry* Pp: 40-50.
- 14. Berthomieu P., Conejero G., Nublat A., Brachenbury W.J., Lambert A., Savioc, Uozumi N., Oiki S., Yamada K., Cellier F., Gosti F., Gosti F., Somonneau T., Essah P.A., T ester M., Very A.A., SENTENAC H., CASSE F., 2003 .** Functional analysis of ATHK T1 in Arabidopsis shows that Na⁺ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. *Embo Journal* .vol.22 :204-214.
- 15. Boccon-Gibod J., Jalouzot R., 1989.** Les biotechnologies en horticulture, possibilités et perspectives. In *La Culture in Vitro et ses applications horticoles*. Augé R., Beauuchene G., Boccon-Gibod J., Decourtye L., Digat B., Jalouzot R., Minier R., Moran, d J CL., Reynoird JP., Strullu DG., Vidalie H., 1989. ed JB Baillièrè pp 91-131.
- 16. Bouraoui N ; Grignon C ; Zid E 1998.** Effet de NaCl sur la croissance et la réparation racinaire du triticale (*X-triticosecale wittmack*). *Cahiers Agriculture* 5 : 372-6.
- 17. Brady N.C and Weil R.H., 2002.** The nature and properties of soils -13th ed –Prentice Hall, upper saddle rive, NJ –USA.
- 18. Bretaudeau A., 2006.** Les techniques de culture in vitro et la micropropagation des espèces végétales ., IPR/Kolibougou Koulikoro B. p6.
- 19. Calu G., 2006 .** Effet du stress salin sur les plantes . Comparaison entre deux plantes modèles . *Arabidopsis thaliana* et *Thellungiella halophila* . *Trends in plant science* : 1-8.
- 20. Camefort H., 1977.** Morphologie des végétaux vasculaires. Ed. Doin. p418.
- 21. Caraglio Y., 2012.** L'organogenèse. UMR Cirad/Inra de Modélisation des plantes (AMAP). Programme modélisation des plantes du Cirad-amis <http://amap.cirad.fr/architecture/organo/organo.htm> introduction.

- 22.Casselle A.C., 1987.** In vitro induction of free-virus potatoes by chemotherapy .In biotechnology and forestry Pp: 40-50.
- 23. Cedevit., 2013.** La culture *in vitro*. <http://www2.ulg.ac.be/cedevit/french/Index-in vitro-fr.htm>
- 24.Cevie., 2013** – Review on the many applications of plant tissues culture research centre d'étude des végétaux d'intérêt économique et écologique plant science : institut Belgique. p17.
- 25.Chauvin J., Esnault F., Ellissèche D., 2008.** Les recherches pour la filière pomme de terre ; verrous et avancées. Ressources génétiques et innovation variétale chez la pomme de terre. Stand Inra. Parc des expositions de Paris.
- 26.Cirad-Gret .Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement –Groupe de recherche et d'échange technologique. 2002.** MEMENTO del'agronome .Ed. GRET-CTA. Pp854-858.
- 27.Cuartero J., Yeo A.R. & Flowers T.J., 1992.** Selection of donors for salttolerance in tomato using physiological traits. New. Phytol. 121, 63-69.
- 28.Darpoux R., Debelley M., 1967.** Les plantes sarclées. Edition. J.B. Baillière et fils france. Collection d'Enseignement Agricole. 307p.
- 29.Debez.A., Chaibi.W.,Bouزيد.S.,2001.**Effet du NaCL et de régulateur de croissance sur la germination d'Atriplex halinus L.Cahier d'études et de Recherches Francophones (Agricultures , vol .10-2 :135-138.
- 30.Dellaa A., 2013.** La culture in vitro. <http://fr.slideshare.net/AhmedDellaa/culture-in-vitro-des-plantes>.
- 31.Delaplace P., 2007.** Caractérisation physiologique et biochimique du processus de vieillissement du tubercule de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.). Thèse de doctorat. Academie universitaire Wallonie-Europe. Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux. 171p.
- 32.Demol J., Baudoin J.P. & Louant., 2008.** Amélioration des plantes : application aux principales espèces cultivées en régions tropicales. Ed. Presse agronomique de Gembloux, la Belgique. p581.
- 33.Doré C., Varoquaux F., Coordinateur., 2006.**Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées .INRA.
- 34.Ducreux g., 2002-** Introduction à la botanique.Ed.Belin.paris.255p.

35. **Ducreux G., De Buysse J., Dodeman V., Haïcour R., 1998.** Recherches récentes en biotechnologies de la multiplication végétative. Cahiers Agricultures 1998 ; 7 :447-58.
36. **Duchauffour P.H., 1976 :** Pédologie, Tome I pédogénèse et classification, Edit : Masson et Cie, 477p
37. **Durand J.H., 1983 :** Les sols irrigables. Etude pédologique, Edt imprimerie Boudin, Paris, 339p.
38. **Dutuit P. & Gorenflot R., 2008.** Glossaire pour le développement durable : des mots pour les maux de la planète. Ed des archives contemporaines. p182.
39. **Essington M.E., 2004.** Soil and water chemistry, and integrative approach. CRC. Press. USA.
40. **Flowers T.J., Troke P.F., and Yeo A.R., 1977.** The mechanisms of salt in crops plants: Where next? Aust. J. Plant Physiol 22 :875-884.
41. **[Ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/003/x6991F00.pdf](ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/003/x6991F00.pdf).** Guide pratique de l'approche filière. Le cas de l'approvisionnement et de distribution des produits alimentaires dans les villes. Noëlle Terpend.
42. **Gallais A., Bannerot H., 1992.** Amélioration des espèces végétales cultivées; objectifs et critères de sélection. INRA, Paris, 768 p.
43. **Garcia-Legaz M.F.; Ortiz J.M.; Garcia-Lidon A., 1993.** Effect of salinity on growth, ion content and CO₂ assimilation rate in lemon varieties on different rootstocks. *Physiologia Plantarum* 1993;89: 427-32. Genotypes to high salinity irrigation water. Hort. sci 34, P 878-881.
44. **Grouzis M., Heimig., Berger A., 1977.** Croissance et accumulation de sels chez deux Salicornes annuelles du littoral méditerranéen. *Oecologia plantarum*, Tome 2 N° 4 /3076322.
45. **Guerrier G., 1996.** Fluxes of Na⁺, K⁺ and Cl⁻, and osmotic adjustment in *Lycopersicon pimpinellifolium* L. and *esculentum* during short and long-term exposure to NaCl. *Plant Physiol.* 97, 583-591.
46. **Guyot M.J., Segurier-Guis M. & Duris D., 2003.** Terre des cafés. Ed. CIRAD. p141.
47. **Halitim A., 1973.** Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise.

48. **Hawkes J G., 1990.** The potato. Evolution, biodiversity and genetic resources. Londres: Belhaven Press. 259p.
49. **Halitim.A, Dellal A., 1992.**Activité microbiologique en conditions salines : cas de quelques sols salés de la région de Rélizan (Algérie), cahiers agricultures 335p.
- 50.**Haoula.F.,Ferjani.H.,Benel hadji.S.,2007.**Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺ , K⁺ et Ca²⁺) et de chlore (Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray gran anglais et du Chient Biotechnologie ,Agronomie , Société et Environnement , vol.11N^o.3 :235-244.
51. **Hannachi C., Debergh P., Zid E., Messai A. & Mehouchi T., 2004.**Tubérisation sous stress salin de vitroplants de pomme de terre (*Solanumtuberosum* L.). Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 8, 9-13
52. **Hasegawa P.M., Berssan R.A.,Zhuji.K.,Bounert H.J.,2000.**Plant cellular and molecular reponses to high salinity .Annu .Rev.Plant Physiol .Plant Mol .Biol.,vol.54 :463-499.
53. **Hawkes J.G., 1990.** The potato, Evolution, Biodiversity and genetic resources .London, Belhaven Press. 259p.
54. **Heller.R.,Esnbault.R.,Lance.C.,1998.**Physiologie végétale.Tome I. Nutrition .6^{ème} édition .DUNOD ,Paris : 134-135.
55. **Hopkins W.G., 2003 .**Physiologie végétal ,2^{ème} édition .De Boeck , Bruscelles : 61-476.
- 56.**[Http:www.patato2008.org/fr/monde/Afrique.html](http://www.patato2008.org/fr/monde/Afrique.html)**. Le monde de la pomme de terre: AfriqueAnnée internationale de la pomme de terre 2008.
57. **Ismail.A.W.A., 1990.****Germination** écophysioilgy in population of *Zygophyllum sequatarense* .Hadidi from contrasting habitats.Effets of temperature, salinity and growth regulators with special reference to fuscoccin . Journal of Arid Environnement, (18) :185- 194.
58. **Kahdraoui.A ., 2005** :Eaux et sols en Algerie .Gestion et impact sur l'environnement ,Beskra , 133p.

- 59. Keren.R., 2000.** Salinity in summer M.E .Ed. Hamdbook of soil .Science .CRC Press , NY . USA .PPG 3.G25.
- 60. Kuiper D., J. Shuit & P.J.C. Kuiper., 1990.** Actual cytokinin concentrations in plant tissue as indicator for salt resistance in cereals, In: Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition. N. El Bassam et al.(eds.). 307-314.
- 61.Laila Radhouane, 2008.** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et laproduction en grains chez quelques écotypes de mil (*Pennisetum glaucum* L.) R. Comptes Rendus Biologies. Volume 331, Issue 4, April 2008, pages 278-286.
- 62.LÊ C L., Thomas D., Nowbuth L., 2002.** Conservation des pomme de terre in vitro et caractérisation des variétés cultivées en suisse .suisse Agric 34(3):133-136.
- 63.Lemeeg.,1978 .**Précis d'écologie végétal.Masson , Paris :131-132.
- 64.Lepoivre.PH., 2003.** Phytopathologie bases moléculaires des stratégies de lutte .1^{ère}édition, de Boeck et Larcier, Bruscelles : 28-29.
- 65.Levy.Y ; Lifshitz. J ; De Malach.Y ; David.Y, 1999.** The response of seval citrus inhibitory Response to salinity stress.Plan cell Environ.17: 303-309.
- 66.Levy G.J., 2000 .**Sodicity in summer M.E .Ed .Handbook of soil science .CRC Press .NY.usa.pp G27-G62.
- 67.Mallek-maalej E ;Boulasnem F; Ben Salem M, 1998 .** Effet de la salinité sur la germination des graines de céréales cultivées en Tunisie. Cahier Agricultures 1998 ; 2 : 153-6
- 68.Margara J., 1989.**Base de la multiplication végétatives .Les méristèmes et l'organogenèse. Institut National de la recherche Agronomique.
- 69.Messedi.D., Abdelly.C.,2004.**Physiologie de la tolérance au sel d'une halophite de recouvrement : Batis maritima .Revue des Régions Arides .Tome I, N° spécial ;192-199.
- 70. Meziane D., 1991.** Histoire de la pomme de terre .Detitique n°25 pp:29.
- 71. Munns.R et Termatt.A., 1986.**Whole plant reponse to salinity. Autralien journal of plant physiology 13:143-160.

- 72. Murashigue, T. And F Skoog., 1962** .A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissus Cultures .Physiologia Plantarum, 15:473_497.
- 73. Mwai.G.N; J.C Onyango and MOA Onyango, 2004.** Effect of salinity on growth and yield of spiderplant (*Cleome gynandra* L.).African journal of food, Agriculture, Nutrition and Developement AJFAND.volume 4N°2.
- 74.Nedjimi.B.,Daoud.Y,Touati.M.,2006.**Growth , water relation , Proline and ions contenant of invitro infurthili as affected by CaCl₂ .International journal of the faculty of Agriculture and Biology , vol 1 , N°2 :79-89.
- 75. Neumann P.M, azaizen H and Leon, 1994** .Hardening of root cell walls: A Growthproduction en grains chez quelques écotypes de mil (*Pennisetum glaucum. L*) R. Comptes Rendus Biologies. Volume 331, Issue 4, April 2008, pages 278-286.
- 76.Nozeran R. &Bancilhon L., 1972.**Les cultures in vitro en tant que technique pour l'approche de problèmes posés par l'amélioration des plantes .In Ann. Amélioration .Plantes 22(2). p167.
- 77. Ochette C., 2005.**Growth, quality and biotechnology, WFP publisher .Finland.
- 78. Oswaldo T., 2010.** Hommage à la pomme de terre. Heds. Haute école de santé Genève. Filière nutrition et diététique. 11p.
- 79.Ouastani.M.,2006.**Contribution à l'étude de l'influence des amendements organiques sur les propriétés microbiologiques des sols sableux non salés et salés dans les régions sahariennes (Cas de Ouargla) .Thèse Magister .Université Ouargla.187p.
- 80. Parida, A. K. & Das, A.B. 2005.** Soltt tolerance and salinity effects in plants: a review ecotoxycology and environment safety 60: 324-349.
- 81. Peyecru P., Bechr J. C., Carion F., Crand perrin D. & Perrier C., 2007.** Biologie. Ed. Dunod. Paris. P 110.
- 82. Poormohammad Kiani.S., 2007.**Analyse génétique des réponses physiologiques du tournesol (*Helianthus annus L.*).Soumis à la sècheresse .Thèse de doctorat en Génétique et Amélioration des plantes .Ecole National Superieure Agronomique (ENSAT).Toulouse:720-721.

83. **Regragui.A., 2005** .Contribution à l'étude de l'influence de la salinité sur le coupe tomate-verticillium : Conséquences physiologiques et impact sur la bioprotection destomates la vertisilliose .Thèse de doctorat en phytopathologie, Université Mohammed v- Agdal , Rabat : 81-82.
84. **Reinoso.H., Sosa.L., Ramirez.L., 2004.**Salt induced changes in the végétabve anatomy of *Prosopis strombulifera* (Leguminosae) .Canadian Journal of Botany , vol 82 ,N°5 : 618-628.
85. **Robert D., Dumas C. & Bajon C., 1998.** La reproduction. Ed. Doin. Paris. P384.
86. **Rolot J.L. &Vanderhofstadt B., 2014.**Guide technique de la culture de la pomme de terre en République démocratique du Congo. Le CDE est financé par l'Union Européenne. 8,90–92.
87. **Rousselle P., Robert Y., Grossuer J.C., ed ., 1996.** La pomme de terre production, Amélioration, Ennemis et Maladies. Utilisation édition R Doun. P 278.
88. **Rousselle P., Rousselle B., Ellisseche D ., 1992** .L a pomme de terre in Amélioration des espèces végétales cultivées .Gallais A, Bammerot H .1992.
89. **Saadi A., 1991.** Régénération de plantes de pois *Pisum sativum* L. par embryogenèse somatique. Thèse de doctorat. Paris. Grignon. p162.
90. **Sabbah S., Tal M., 1990.**Development of callus and suspension cultures of potato resistant to NaCl and mannitol and their response to stress. *Plant Cell Tiss.Org. Cult.* 21, 119–128
91. **Sama A.E., Simon Z., Nyochembeng L., Tambong T.A., NezanaX.& Wutah J.G., 1998.** Culture *in vitro* et multiplication rapide de plante à tubercules et racines au Cameroune. *Cahier Agriculture.* 7 : 63-66. In : Hamdani F.Z. 2001. Régénération via l'organogénèse ou l'embryogénèse somatique chez le *Scorpiurus*. Université Hassiba Ben Bouali de Chlef. Magister.
92. **Sasikala D., Potluri P., Devi PD., 1993.** Influence of salinity on axillary bud cultures of six lowland tropical varieties of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 32, 185–191.
93. **Sibi M., 1981.** Hérité de variants épi géniques obtenus par culture des tissus *in vitro* chez les végétaux supérieurs .Thèse Doct ès Sci ; Univ Paris RSud, Orsay, 280 p.

94. **Serrano.R., GAXIOLA.R., 1994.** Microbial models and salt stress tolerance in plants .*Crit.Rev.Plantsci.vol.13 :121-138.*
95. **Smail.Saadoun.N., 2005 .**Réponse adaptative de l'anatomie des chénopodiacées du Sahara algérien à des conditions de vie d'aridité extrême . *Science et changements planétaires/sécheresse, vol .16.N°2 :121-124.*
- 96.**Smith R H., Bhaskaran S., Miller F R., 1985.** Screening for drought tolerance in Sorghum activity: localization using cell culture. *In Vitro Cell .Dev. Biol .21 :541-545.*
97. **Soltner D., 2005a.** Les grandes productions végétales, phytotechnie spéciale-céréales-plantes sarclées-prairies .*Collection Sciences et Techniques Agricoles 20eme édition 472P.*
98. **Suhayda C.G., R.E. Redman, B.L. Harvy & A.L. Cipynwk., 1992.** Comparative response of salt cultivated and wild barley species to salinity stress and calcium supply. *Crop. Sci. 32, 154-163.*
99. **Taleisnik E.L. & Grunberg K., 1994.** Ion balance in tomato cultivars differing in salt tolerance, I. Sodium and potassium accumulation and fluxes under moderate salinity. *Physiol. Plant. 92, 528-534.*
100. **Tarchoune.A., Attia.H., Tarchoune.I., Ferchichi.A., Lachaal.M., 2004 .**Réponse de la germination et de la croissance d'*Acacia salicina* aux contraintes saline et hydrique. *Revue des Régions Arides, Tome I, N° spéciale : 330-335.*
101. **Termaat A., J.B. Passora & R. Munns., 1985.** Shoot turgor does not limit shoot growth of NaCl affected wheat and barley. *Plant Physiol. 77, 869-872.*
102. **Van Swaaij N., Jacobsen E., Kiel J., Feenstra WJ., 1986.** Selection, characterization and regeneration of hydroxyproline-resistant cell lines of *Solanum tuberosum* L.: tolerance to NaCl and freezing stress. *Physiol. Plant. 68, 359–366.*
103. **Venekanp J.H., 1989.** Regulation of cytosol acidity in plants under conditions of drought. *Physiol. Plant. 76:112-117.*
104. **Vincent R., 2006.** Recherche et étude de marqueurs moléculaires de la réponse au stress chez l'algue brune *Laminaria digitata*. Thèse de doctorat en Biologie, Université de Rennes I, 237p.

- 105. Yoshida.Y.,Kiyosue.T.,Katayiri.T.,Uedah.,Mizugochi.T.t.et al .,1995 .**Collection between the induction of agrene for D1-pyrroline-5-carboxylate synthétase and the accumulation of proline in Arabidopris thaliana under osmotic stress . Plant J .7 : 751- 60.
- 106. Zerrad.W.,Hillali.S.,Matoui B.S.,Elantri.S.,et Hmyeme.A.,2006.**Etude comparative des mécanismes biochimiques et moléculaires de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur .Congrés International de Biochimie , Agadir :371-376.
- 107.Zhany.J., LUQ, and Uerma Dsp.,1995 .**Removal of feedback inhibition of delectal-purroline-5-carboxylate synthétase , a bifunctional enzyme catahyzing the first step of proline biosynthesis in plants.J.Biol.Chem.270 : 20491_96.
- 108. Zid.E., Grignon.C., 1991.**Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides, d'AUPELF-UREF. Paris, Actualité scientifique.

Annexes

• **Annexe 01 : Valeur Nutritionnelle :**

La pomme de terre est une source de sucre par l'amidon qu'elle contient, (100g de pomme de terre cuite à l'eau fournissent de 18 à 20 g amidon). Elle est également riche en fibres, qui favorisent l'impression de satiété, en vitamines B1, B2, B3, C et des oligo-éléments, comme le fer.

Pour ces raisons, elle est largement utilisée dans l'alimentation humaine, par conséquent elle constitue une grande production agricole aussi bien dans les pays développés que dans les pays en voie de développement.

Élément	Quantités
Valeur énergétique	86 KCAL
Glucides	19g
Protéines	2g
Lipides	0.1g
Vitamines	
B1	0.11mg
B2	0.04mg
B3	1.2mg
B6	0.2mg
C	13mg
Minéraux	
Potassium	410mg
Magnésium	27mg
Fer	0.8mg
Manganèse	0.17mg
Cuivre	0.16mg

• **Annexe 02 : Les avantages et les inconvénients de la culture in vitro**

✓ **Les avantages de la culture in vitro**

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

- La possibilité de conservation de ressources végétales et faire une banque de génotypes et réaliser ainsi des plantation hors la période de croissance (Lê et *al.*, 2002);
- L'amélioration des conditions sanitaires par les techniques de cultures in vitro souvent Associées à l'éradication des viroses (Sibi ,1981);

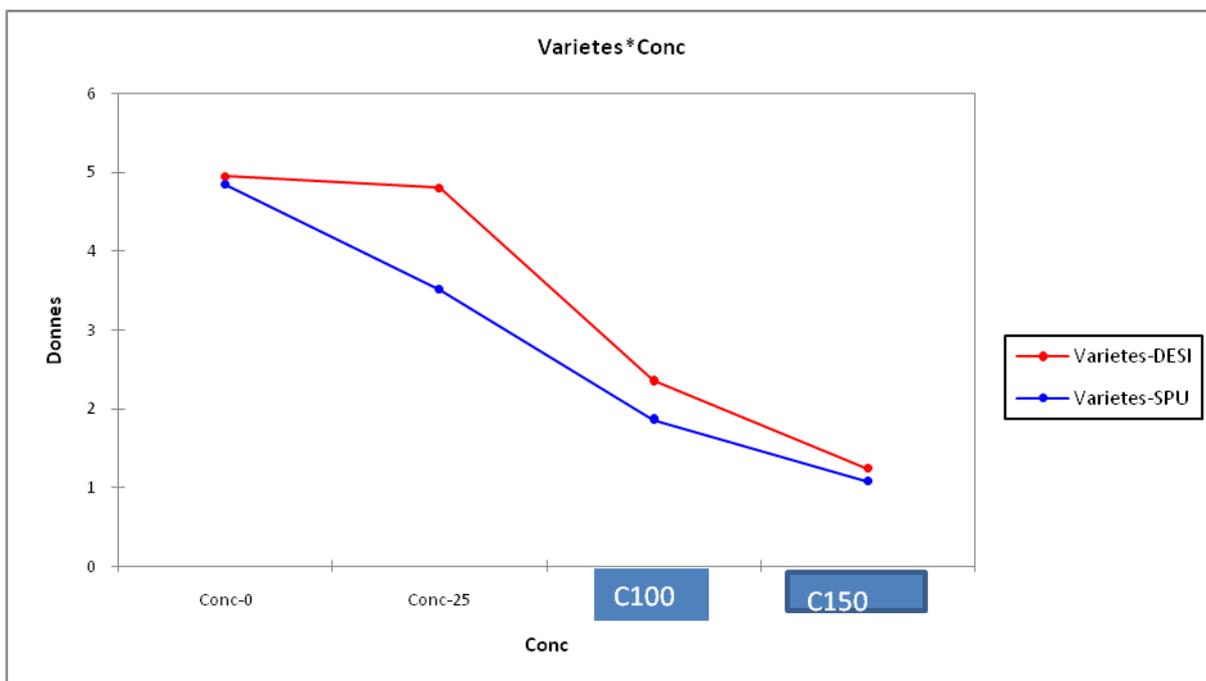
- La propagation végétative des espèces qui ne présentent pas ces capacités en Conditions classiques (Sibi .1981);
- La multiplication rapide, cette dernière et due à l'augmentation de diffusion cellulaire par ces techniques (Smith *et al.*, 1985 ; Collet et Lê, 1988);
- La facilité de leur transport d'une région à l'autre ou d'un pays à l'autre ;
- Pour la pomme de terre la disponibilité de microtubercules à n'importe quelle époque de l'année et les sèmes directement dans le sol.

✓ **Les inconvénients**

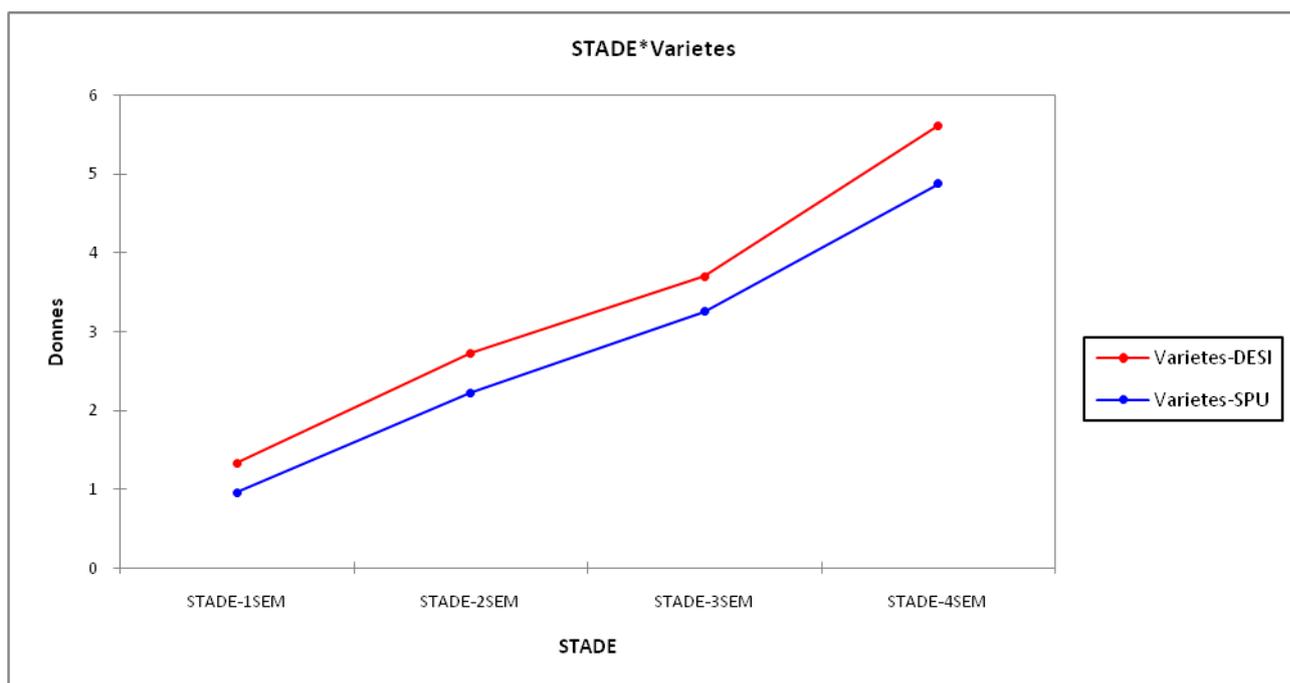
Le problème de contamination et selon Casselle, (1987) est dû à soit l'explant soit la technique.

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

Annexe 03 : Courbe de croissance et de développement des vitroplants en fonction de concentration et temps



Courbe de croissance et développement des vitroplants chez les deux variétés en fonction de concentration.



Courbe de croissance et développement des vitroplants chez les deux variétés en fonction du temps.

Résumé

Notre étude nous a permis, tout d'abord, d'atteindre l'objectif principal que nous sommes fixé au départ ; la possibilité de régénérer *in vitro* une plante entière des deux variétés de pomme de terre à savoir *désirée* et *spunta* vis-à-vis la salinité. A ce titre, une expérience factorielle a été planifié sur un milieu MS avec trois concentrations de NaCl (25, 100, 150, Mmol/L) et un témoin (C0) en faisant dix répétitions. Ce travail a été mené sur 80 unités expérimentales dans des conditions contrôlées. Cette étude nous a permis de connaître l'effet de la salinité sur la micro propagation *in vitro* de deux variétés de pomme de terre *spunta* et *désirée* en suivant la croissance et le développement de cinq caractères morphologiques (nombre de feuilles, longueur de la tige, nombre de racines, longueur des racines et ramification de la tige) pendant quatre semaines. Les résultats montrent que la réponse des vitro plantes au stress salin varie selon la variété et les concentrations en sel. De même, il ressort de cette étude que la pomme de terre manifeste à un comportement bien différencié sous les hautes concentrations de NaCl, ce qui apporte la preuve de la sensibilité de la pomme de terre à la salinité. Il ressort également que la variété *désirée* est plus tolérante aux fortes intensités salines.

Mots clés : Culture *in vitro*, *Solanum tuberosum* L., salinité, paramètres morphologique, milieu standard MS.

Abstract

Our study allowed us, first of all, to achieve the main goal we set it at the beginning; the ability to regenerate a whole plant *in vitro* of two potato varieties *désirée* and *spunta* towards the salinity. As such, a factorial experiment was planned on MS medium with three concentrations of NaCl (25, 100, and 150, Mmol / L) and control (C0) by ten repetitions. This work was carried out on 80 experimental units under controlled conditions. This study permitted us to know the effect of salinity on the micro propagation *in vitro* of two potato varieties *spunta* and *désirée* following the growth and the development of five morphological traits (leaves number, stem length, number of roots, root length and branching of the stem) for four weeks. The results show that the response of plants to salt stress *in vitro* varies according to the variety and the concentrations of salt. Similarly, from this study, a differentiated behavior of the potato under high concentrations of NaCl has been showed, which demonstrates the sensitivity of the potato to salinity. It has also appeared that the *Desiree* is the most tolerant variety to high salt intensities.

Key words: *In vitro* culture, *Solanum tuberosum* L., salinity, morphologic parameters, standard medium MS.

الملخص

سمحت لنا الدراسة التي قمنا بها ، اولاً ، بتحقيق الهدف الذي حددناه في البداية اي امكانية تجديد شتلة بطاطا *Solanum tuberosum* L. من صنفين *spunta et désirée* في بيئة مصطنعة و محضرة تحت تأثير الملوحة لأجل هذا صممت تجربة عاملية في وسط من نوع MS مضاف اليه 3 تراكيز ملحية من كلوريد الصوديوم , (25, 100, 150 ميليمول/ل) بالإضافة الى الشاهد C0، كررت كل معاملة 10 مرات و بالتالي فان هذا العمل انجز على 80 وحدة تجريبية تحت ظروف محكمة.

كما سمحت لنا هذه الدراسة بمعرفة تأثير الملوحة على عملية تجدد صنفين من نبات البطاطا في بيئة مصطنعة (زراعة وعائية) ، وذلك من خلال تتبع نمو و تطور 5 خصائص مورفولوجية (عدد الاوراق، طول الساق ، عدد الجذور، طول الجذور و عدد تفرعات الجزء الهوائي) على مدار اربع اسابيع (طول مدة الحضان) ، النتائج بينت ان استجابة النباتات الزجاجية للملوحة كانت مختلفة و ذلك حسب الصنف و تراكيز الملح كما تبين ايضاً ان نبات البطاطا يتأثر تأثيراً واضح (تراجع نمو و تطور الخصائص المدروسة مقارنة بالشاهد) في التراكيز الملحية العالية، ومنه يمكن ان نستنتج ان نبات البطاطا *Solanum tuberosum* L. نبات حساس للملوحة و الصنف *désirée* اكثر تحمل من الصنف *spunta*.

الكلمات المفتاحية : الزراعة المخبرية، نبات البطاطا، الخصائص المورفولوجية، *Solanum tuberosum*. L. ،الوسط القياسي MS .

Année universitaire : 2015/2016

Présenté par : Mr BOUDERSA Nabil
Mr BENLARIBI Mouad

La micropropagation de deux variétés de pomme de terre *Solanum tuberosum* L. (*spunta* et *désirée*) sous stress salin

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en biologie et physiologie végétale

Résumé

Notre étude nous a permis, tout d'abord, d'atteindre l'objectif principal que nous sommes fixés au départ ; la possibilité de régénérer *in vitro* une plante entière des deux variétés de pomme de terre *Solanum tuberosum* L. à savoir *spunta* et *désirée* vis-à-vis la salinité. A ce titre, une expérience factorielle a été planifiée sur un milieu MS avec trois concentrations de NaCl (25, 50, 150, Mmol/L) et un témoin (C0) en faisant dix répétitions. Ce travail a été mené sur 80 unités expérimentales dans des conditions contrôlées. Cette étude nous a permis de connaître l'effet de la salinité sur la micro propagation *in vitro* de deux variétés de pomme de terre *spunta* et *désirée* en suivant la croissance et le développement de cinq caractères morphologiques (nombre de feuilles, longueur de la tige, nombre de racines, longueur des racines et ramification de la tige) pendant quatre semaines. Les résultats montrent que la réponse des vitro plantes au stress salin varie selon la variété et les concentrations en sel. De même, il ressort de cette étude que la pomme de terre manifeste à un comportement bien différencié sous les hautes concentrations de NaCl, ce qui apporte la preuve de la sensibilité de la pomme de terre à la salinité. Il ressort également que la variété *désirée* est plus tolérante aux fortes intensités salines.

Mots clés : Culture *in vitro*, *Solanum tuberosum* L., salinité, micropropagation, paramètres morphologique, milieu standard MS.

Jury d'évaluation :

Président du jury : Mme BOUDOUR Leila (Pr - UFM Constantine)
Rapporteur : Mme LARIT Sabah (Maître-assistante à U. de Skikda.)
Examineur : Mme CHAIEB Ghania (Maître de conférences - UFM Constantine)

Date de soutenance : 22/06/2016