

N° 07/DSA/2021



## **MEMOIRE**

Présenté à la Faculté des Sciences  
Département des Sciences Agronomiques

Pour obtenir le Diplôme de

### **Master Académique en Protection des Végétaux**

**Domaine** : Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière** : Sciences Agronomiques

### **Thème**

**Caractérisation culturelle d'isolats de *Rhizoctonia solani* Kühn, agent du rhizoctone brun de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)**

Présenté par :

M<sup>elle</sup> Aicha ZITARI et M<sup>elle</sup> Ismahane ABIDA

Devant le Jury :

<b>Président</b>	CHERIEF A.	MAA	Université M <sup>ed</sup> Boudiaf de M'sila
<b>Encadreur</b>	TIAIBA A.	MCB	Université M <sup>ed</sup> Boudiaf de M'sila
<b>Examineur</b>	ZEDAM A.	MCA	Université M <sup>ed</sup> Boudiaf de M'sila

*Travail réalisé aux Laboratoires des Sciences Agronomiques, Université M<sup>ed</sup> Boudiaf de M'sila*

*Année Universitaire : 2020/2021*

يهدف العمل الحالي الى التوصيف الاستزراعي لعزلات *Rhizoctonia solani* Kühn ,  
(*Solanum tuberosum* L). ركز التوصيف على متابعة النمو الفطري وتكوين تصلبات في الوسط  
(Oatmeal Agar) OA Czapek Dox Agar (CZ)  
20 25 درجة مئوية . عند نهاية التجارب تبين ان تصلبات العزلتين تبقى كلها حية حتى بعد الجني . من ناحية أخرى ،  
وجد أن العزلتين تتصرفان بشكل متماثل تقريباً عند نموها في نفس الظروف. بالإضافة إلى ذلك ، بدا لنا أن تأثير نوع  
الوسط ودرجة حرارة الحضانة يؤثران بشدة على سلوك العزلتين ، بحيث أن وسط OA 25 درجة مئوية  
تعزز النمو الفطري بينما الوسط CZ 20 درجة مئوية ، مواتية إلى حد ما لتشكيل التصلبات.

الكلمات المفتاحية: *Rhizoctonia solani* *Solanum tuberosum* .

## Résumé

Le présent travail consiste à caractériser sur le plan cultural des isolats de *Rhizoctonia solani* Kühn, agent du rhizoctone brun de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.). La caractérisation s'est porté sur le suivi de la croissance mycélienne et la formation des sclérotés par les isolats de l'agent pathogène sur le milieu minéral Czapek Dox Agar (CZ) et le milieu organique Oatmeal Agar (OA) et sous deux températures d'incubation, à savoir 20 et 25° C. Au terme des essais, nous avons constaté que les sclérotés des deux isolats restent totalement viables en post récolte, d'autre part, il s'est avéré que les deux isolats se sont comporté presque identiquement lorsqu'ils sont cultivés dans les mêmes conditions. Par ailleurs, les effets du type de milieu et de la température d'incubation nous ont semblé qu'ils affectent fortement le comportement des deux isolats de telle sorte que le milieu OA et une température de 25° C favorisent la croissance mycélienne alors que le milieu CZ et une température de 20° C, sont plutôt favorable à la formation des sclérotés.

**Mots clés :** Pomme de terre, *Rhizoctonia solani*, Isolat, Milieu de culture, Température.

## Abstract

The present work consists in culturally characterizing of *Rhizoctonia solani* Kühn isolates, agent of canker and black scurf of potato (*Solanum tuberosum* L.). The characterization has focused on the evaluation of mycelial growth and the formation of sclerotia by isolates of the pathogen on the mineral medium Czapek Dox Agar (CZ) and the organic medium Oatmeal Agar (OA) and under two incubation temperatures, *i.e.* 20 and 25° C. At the end of the tests, we noted that the sclerotia of the two isolates remain completely viable in postharvest, on the other hand, it turned out that the two isolates behaved almost identically when they are cultivated in the same conditions. In addition, the effects of the type of medium and the incubation temperature seemed to us to strongly affect the behavior of the two isolates such that the OA medium and a temperature of 25° C favor mycelial growth while the CZ medium and a temperature of 20° C, are rather favorable to the formation of sclerotia.

**Key words:** *Solanum tuberosum*, *Rhizoctonia solani*, Isolate, Culture medium, Temperature.

# إهداء

أحمد الله عز وجل على منيه وعونه لإتمام هذه المذكرة

❖ أهدي هذا العمل لجميع الأشخاص الأعزاء على قلبي وخاصة إلى الذي وهبني كل ما يملك حتى أحقق له آماله , من كان يدفعني قدما نحو الأمام لنيل المبتغى , إلى مدرستي الأولى في الحياة

أبي رحمه الله تعالى .

❖ إلى التي صبرت على كل شيء , التي رعتني حق الرعاية وكانت سندي في الشدائد وكانت

دعواها لي بالتوفيق **أمي** جزاها الله عني خير الجزاء في الدارين

إلى كل أفراد عائلتي و إلى كل صديقاتي و أصدقائي الذي جمعني القدر بهم .

زيطاري . .

## *Dédicace*

*Je remercie Dieu Tout-Puissant, le Tout-Puissant, qui m'a permis d'accomplir cet humble travail dans lequel ma réussite était entre ses mains, et je dédie ce fruit de mes efforts à :*

*que Dieu a immortalisé dans le Coran, suivi le Jour de la Résurrection, et placé le Paradis sous ses pieds, elle m'a porté ici sur la faiblesse de ma mère, que Dieu prolonge sa vie*

*A la personne bienveillante qui m'a appris son idéalisme et ses humbles qualités A mon cher père, que Dieu prolonge sa vie*

*Aux bougies brillantes de la maison, mes chers frères.*

*A tous les amis avec qui le destin m'a réuni*

*À tous ceux qui m'ont aidé à produire cette note*

*A ceux qui ont partagé mes places d'études à l'université,*

**A tous ceux que la plume a oubliés et que le cœur n'a pas oubliés**

*Abida. J.*

# Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu tout puissant que grâce à son aide nous avons atteint ce niveau.

A l'heure où nous mettons la touche finale à ce mémoire, nous tenons tout d'abord à remercier tous ceux qui nous ont permis de mettre en œuvre les travaux de ce mémoire.

Nos remerciements particuliers vont à notre encadreur monsieur *Ammar TIAIBA*, enseignant au département des sciences agronomiques, université de M'sila, pour son aide, son soutien et ses précieux conseils tout au long de ce travail de recherche.

Nos vifs remerciements et considérations vont également à :

Monsieur Abdelkader Cherief, enseignant au département des sciences agronomiques, université de M'sila, d'avoir accepté de présider le jury de soutenance et de examiner ce travail ;

Monsieur Abdelghani Zedam, enseignant au département des sciences agronomiques, université de M'sila, d'avoir accepté l'examinasson de ce travail.

Nos sincères remerciements vont aussi à :

Nos familles respectives pour leur aide et encouragement.

Tous les techniciens des laboratoires du département des sciences agronomiques de l'université de M'sila ainsi que le personnel administratif du département.

En fin, nous n'oublions pas de remercier les collègues de notre promotion.

## Liste des tableaux

N°	Titre	Page
<b>01</b>	Composition chimique du tubercule	<b>16</b>
<b>02</b>	Evolution de la production de pomme de terre en Algérie	<b>16</b>
<b>03</b>	Principales maladies de la pomme de terre	<b>18</b>
<b>04</b>	Principaux ravageurs de la pomme de terre	<b>22</b>
<b>05</b>	Classification de <i>Thanatephorus cucumeris</i> , anamorphe <i>R. solani</i> Kühn	<b>23</b>
<b>06</b>	Caractéristiques des variétés de pomme de terre, source d'isolats	<b>35</b>
<b>07</b>	Composition du milieu Potato Dextrose Agar (PDA)	<b>36</b>
<b>08</b>	Composition du milieu Oatmeal Agar (OA)	<b>36</b>
<b>09</b>	Composition du milieu Czapek Dox Agar (CZ)	<b>37</b>
<b>10</b>	Identification des lots expérimentaux	<b>39</b>
<b>11</b>	Dispositif statistique relatif à la variable Viabilité des sclérotés	<b>41</b>
<b>12</b>	Dispositif statistique relatif à la variable Croissance mycélienne	<b>41</b>
<b>13</b>	Dispositif statistique relatif à la variable Formation des sclérotés	<b>41</b>

## Liste des figures

N°	Titre	Page
<b>01</b>	Caractéristiques morphologiques et cycle végétatif de la pomme de terre	<b>12</b>
<b>02</b>	Evolution des superficies	<b>16</b>
<b>03</b>	Evolution de la production	<b>17</b>
<b>04</b>	Evolution des rendements	<b>17</b>
<b>05</b>	Localisation sur la plante des principales maladies de la pomme de terre	<b>21</b>
<b>06</b>	Caractéristiques morphologiques de <i>R. solani</i>	<b>24</b>
<b>07</b>	Baside mûre de <i>Thanatephorus cucumeris</i> , montrant stérigmates et basidiospores	<b>25</b>
<b>08</b>	Tubercules montrant des sclérotés	<b>27</b>
<b>09</b>	Formation de petits tubercules aériens	<b>27</b>
<b>10</b>	Bouquets foliaire terminal dont les feuilles de coloration rougeâtre à violacée	<b>27</b>
<b>11</b>	Tiges montrant des chancres	<b>28</b>
<b>12</b>	Le rhizoctone brun des tubercules	<b>29</b>
<b>13</b>	Pratiques culturales permettant de diminuer les risques maladies des tubercules	<b>31</b>

# Table des Matières

المُلخَص.....	<i>i</i>
Résumé.....	<i>i</i>
Abstract.....	<i>ii</i>
Dédicace.....	<i>iii</i>
Remerciements.....	<i>v</i>
Listes des tableaux et des figures.....	<i>vi</i>
Table des matières.....	<i>vii</i>
Introduction générale.....	<i>ix</i>
<i>Chapitre premier</i>	
	<b>23</b>
<b>Le rhizoctone brun de la pomme de terre</b>	
<b>II-1. Agent causal.....</b>	<b>23</b>
II-1-1. Taxonomie.....	23
II-1-2. Morphologie.....	23
II-1-3. Reproduction.....	24
II-1-4. Les groupes d'anastomose.....	25
<b>II-2. Symptomatologie.....</b>	<b>26</b>
<b>II-3. Epidémiologie.....</b>	<b>28</b>
II-3-1. Cycle de la maladie.....	28
II-3-2. Conservation de l'inoculum.....	28
<b>II-4. Stratégie et moyen de lutte.....</b>	<b>29</b>
II-4-1. Lutte chimique.....	29
II-4-2. Lutte culturale.....	30
II-4-3. Lutte biologique.....	32
II-4-4. Lutte intégrée et raisonnée.....	32
<b>Objectif du travail.....</b>	<b>33</b>
<i>Chapitre deuxième</i>	
	<b>34</b>
<b>Matériel et Méthodes</b>	
<b>III.1. Matériel végétal.....</b>	<b>34</b>
<b>III.2. Matériel fongique.....</b>	<b>34</b>
<b>III.3. Milieux de culture.....</b>	<b>36</b>
III.1.1. Milieu PDA ( <i>Potato Dextrose Agar</i> ).....	36
III.1.2. Milieu OA ( <i>Oatmeal Agar</i> ).....	37
III.1.3. Milieu CZ ( <i>Czapek Dox Agar</i> ).....	37
<b>III.4. Isolement de l'agent pathogène.....</b>	<b>37</b>
<b>III.5. Conduite des essais.....</b>	<b>38</b>
III.5.1. Protocole expérimental.....	38
III.5.2. Viabilité des sclérotés.....	39
III.5.3. Croissance mycélienne.....	39
III.5.4. Formation des sclérotés.....	40
<b>III.6. Traitement statistique.....</b>	<b>40</b>
III.6.1. Analyse de variance et comparaison des moyennes.....	40

III.6.2. Dispositifs statistiques.....	40
<b>Conclusion et perspectives.....</b>	<b>48</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>49</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>53</b>

## Introduction générale

Suite à la nouvelle politique agricole et aux mesures incitatives du développement de la production de produits à large consommation, la pomme de terre ne cesse de prendre l'importance dans l'agriculture, l'économie et les habitudes alimentaires de l'algérien ; occupant ainsi le deuxième rang sur les vingt principales cultures vivrières. Toutefois, ce développement ne va pas sans contraintes de diverses natures qui peuvent s'opposer aux objectifs escomptés. Cependant et à l'instar de toutes les cultures, celle de la pomme de terre est souvent sujette à des aléas d'ordre abiotique et biotique. Ces derniers se manifestent souvent par l'installation des ravageurs animaux et le développement des maladies virales, bactériennes et cryptogamiques.

L'une des principales maladies qui causent des pertes considérables des récoltes de pomme de terre (*Solanum tuberosum L.*), il y a lieu de citer le rhizoctone brun. Il s'agit d'une maladie fongique se développant en culture et en post récolte courant le stockage. Elle est causée par *Rhizoctonia solani* Kühn qui est un champignon à large gamme d'hôte. Sur pomme de terre, il est surtout à l'origine des fontes de semi et des symptômes sur le tubercule dépréciant fortement la qualité marchande des récoltes.

La compréhension et la maîtrise de cette maladie passent inéluctablement par la connaissance de l'agent pathogène causal. Cette connaissance doit s'intéresser entre autres aux conditions de croissance et de développement de *R. solani*. L'étude de la croissance et du développement du champignon via le suivi et l'évaluation de sa croissance mycélienne et sa capacité à former des sclérotés sous différentes conditions trophiques et physiques constituent une étape primordiale dans la caractérisation de l'agent pathogène. C'est dans cet objectif que nous nous sommes proposé à caractériser des isolats de *R. solani*, agent causal du rhizoctone brun de la pomme de terre. Isolats récupérés de deux variétés de pomme de terre de saison, largement cultivées et consommées en Algérie et produite dans la région de Bouira (Algérie), il s'est agit de la variété *Spunta*, qui est une variété à peau jaune et la variété *Désirée* ; variété à peau rouge.

Le présent document rapporte quelques connaissances bibliographiques concernant la plante hôte et l'agent pathogène et les principaux résultats obtenus au terme des expérimentations ; expérimentations réalisées au niveau des laboratoires du département des sciences agronomiques de l'université Med Boudiaf de M'sila (Algérie).

## Chapitre deuxième

# Le rhizoctone brun de la pomme de terre

Le rhizoctone brun est une maladie cryptogamique et cosmopolite affectant la pomme de terre, elle est considérée comme l'une des maladies les plus économiquement importantes. Elle intervient au moment de la levée sur les jeunes pousses de la pomme de terre et déprécie fortement les tubercules récoltés. La maladie est connue aussi sous d'autres noms tels que le rhizoctone noir, la variole des tubercules ou encore maladie des manchettes.

### II-1. Agent causal

Le rhizoctone brun est provoqué par le champignon *Rhizoctonia solani* Kühn, (Bedin 1994). *R. Solani* est l'un des plus répandus parmi les champignons parasites des végétaux ; il occasionne des pourritures et des fontes de semis sur de nombreuses plantes cultivées (Johnk et Jones 1992). Il peut subsister dans le sol en saprophyte sur les débris végétaux ou sous forme de sclérotés enfoncés dans le sol à une profondeur qui peut atteindre 30 à 40 cm. Sa survie n'y est cependant pas de très longue durée.

#### II-1-1. Taxonomie

*Rhizoctonia solani* J.G. Kühn (1858) est la forme parfaite du champignon (anamorphe) dont le téléomorphe est le basidiomycète *Thanatephorus cucumeris* (A.B. Frank) Donk (1956). Cependant, la classification de *T. cucumeris* est rapportée dans le tableau 05.

**Tableau 05** : Classification de *Thanatephorus cucumeris*, anamorphe *R. solani* Kühn

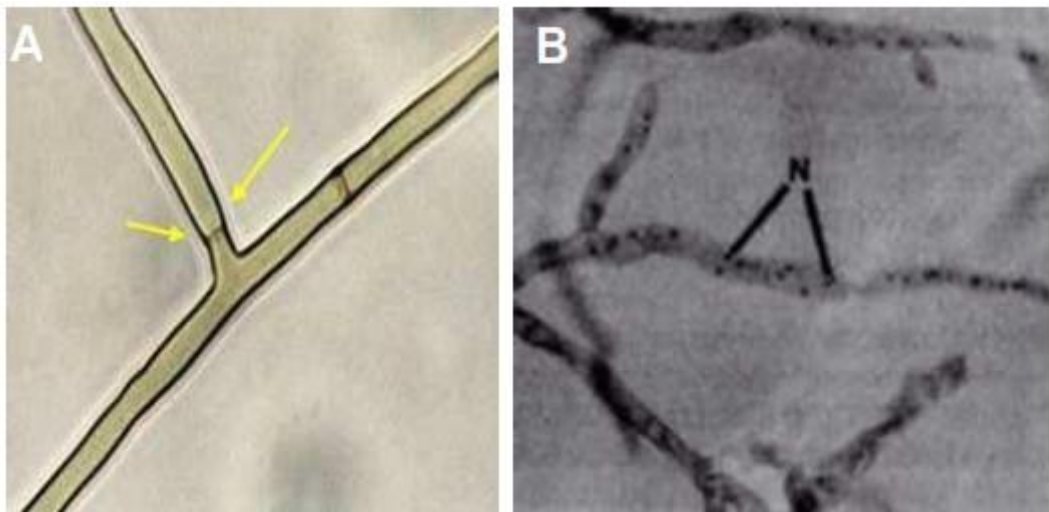
<https://www.mycobank.org/page/Simple%20names>, (Consulté le 27/06/2021)

<b>Règne</b>	<i>Fungi</i>
<b>Embranchement</b>	<i>Basidiomycota</i>
<b>Phylum</b>	<i>Agaricomycotina</i>
<b>Classe</b>	<i>Agaricomycetes</i>
<b>Ordre</b>	<i>Cantharellales</i>
<b>Famille</b>	<i>Ceratobasidiaceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Thanatephorus</i>
<b>Espèce</b>	<i>Thanatephorus cucumeris</i> (téléomorphe, anamorphe <i>Rhizoctonia solani</i> )

### II.1.2 Morphologie

*Rhizoctonia* est un genre de champignons anamorphes de l'ordre des Cantharellales. Ces espèces ne produisent pas de spores, mais sont constituées d'hyphes et de sclérotes. Parmeter et Whitney (1970) ont défini un certain nombre de critères morphologiques pour déterminer *R. solani* (figure 06). Les souches qui lui sont rattaché, possèdent plus de deux noyaux par article mycélien (Camporota et *al.*, 1984).

Le champignon en culture apparaît sous forme d'un thalle blanc à marron foncé de croissance rapide, de segments 100-250  $\mu\text{m}$  x 7-12  $\mu\text{m}$ , mycélium sclérotique et moniliforme de diamètre 30  $\mu\text{m}$ . On trouve de fréquentes constriction au niveau des septa, et des ramifications. Les ramifications forment des angles de 45° à 90°, et sont souvent coenocytiques.



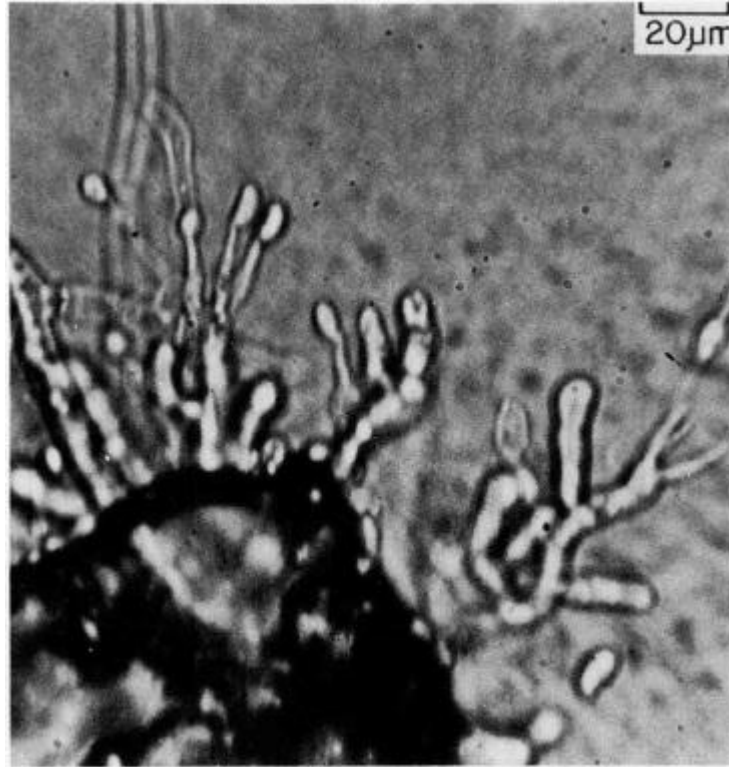
**Figure 06** : Caractéristiques morphologiques de *R. solani*. **A** : Mycélium cloisonné montrant une ramification selon un angle droit avec une constriction suivie par une cloison transversale (flèches). **B** : Compartiments mycéliens montrant plusieurs noyaux (Sneh et *al.*, 1991)

### II-1-3. Reproduction

L'anamorphe (forme imparfaite ou asexuée) de *R. solani* fait partie d'un groupe de champignons qualifié de mycelia sterilia, c'est-à-dire que sous cette forme (anamorphe) ces champignons ne produisent pas ni de spores ou de conidies asexuée ni toute autre forme de propagules reproductrices. Toutefois, *R. solani* se propage en produisant dans le sol et sur les tissus végétaux de petites structures (1 à 3 mm de diamètre), de forme irrégulière, brunes à noires, appelées sclérotes, qui sont en fait des propagules de conservation. Les sclérotes

présents dans le sol et/ou sur les tissus végétaux germent pour produire des filaments végétatifs (hyphes) qui peuvent attaquer différents hôtes (Muzhinji et *al.*, 2015).

Quant au téléomorphe (forme parfaite ou sexuée), *Thanatephorus cucumeris* en l'occurrence, la reproduction est assurée via la production de basidiospores (figure 07) qui sont produites dans des organes spécialisés dits baside (Camporota, 1986 ; Grosch, 2004).



**Figure 07** : Baside mûre de *Thanatephorus cucumeris*, montrant stérigmates et basidiospores (Camporota, 1986).

#### II-1-4. Les groupes d'anastomose

Les isolats de *R. solani* diffèrent par leurs caractéristiques phénotypiques et génotypiques, et ont été traditionnellement organisés en groupes génétiquement apparentés basés sur le groupement des anastomoses hyphales ou *Anastomosis Groups* (AG). Jusqu'à présent, 13 AG (AG 1 à AG 13) ont été décrits, dont plusieurs sont subdivisés en sous-groupes sur la base de la pathogénicité ou des caractéristiques génétiques (Carling et *al.*, 2002 ; Muzhinji et *al.*, 2015).

La plupart des travaux rapportent que les AG sont caractérisés par une spécialisation vis-à-vis des plantes d'hôtes et sont souvent associées à des symptômes spécifiques des aux maladies qu'ils les provoquent sur les différentes plantes cultivées. AG3 est principalement associé aux cultures de solanacées et est sous-groupe en AG 3-PT sur pomme de terre, AG3-TB sur tabac et AG3-TM sur tomate (Bartz et al. 2010). Globalement,

AG3-PT a été considéré comme l'AG prédominant le plus souvent associé aux maladies de la pomme de terre et est capable d'infecter toutes les parties souterraines des plants de pomme de terre à n'importe quel stade de croissance de la culture de la pomme de terre (Tsrör 2010 ; Muzhinji et *al.*, 2015).

## II-2. Symptomatologie

La symptomatologie du rhizoctone brun concerne l'ensemble des organes de la pomme de terre, à savoir les germes, les feuilles, les tiges et les parties souterraines y compris les tubercules. En effet, Les symptômes dus à *R. solani* sont très caractéristiques (figures 08, 09, 10 et 11). L'attaque intervient souvent assez tôt, lors de la germination des tubercules, et se manifeste alors par des retards ou des manques à la levée. Le champignon provoque des lésions brunâtres sur les germes blancs qui meurent. De nouveaux germes apparaissent à l'aisselle des précédents, sont attaqués, ce qui donne un aspect buissonnant aux pousses.

Les attaques peuvent aussi avoir lieu en culture ; elle se traduit alors par un enroulement des feuilles, la formation de tubercules aériens, une gaine gris-blanc de mycélium à la base des tiges en conditions humides (d'où le nom de maladie des manchettes). Il est possible en arrachant les plants de détecter, sur les stolons et la base des tiges, des plages nécrosées caractéristiques.

Selon Trehorel et Jouan (2001), les principaux symptômes suivant les différents organes sont énumérés ci-après :

- ✓ **Germe** : mortalité des germes, manque à la levée, levée inégale ou tardive des plants, faible vigueur, lésions ou chancres brun foncé sur les nouveaux germes.
- ✓ **Feuille** : jaunissement de la marge, rosissement à rougissement du limbe, enroulement et flétrissement. Présence de petits tubercules aériens à l'aisselle des feuilles basales.
- ✓ **Tige** : présence d'une coloration brun rougeâtre à brun foncé de l'épiderme conduisant à la formation de chancres déprimés, parfois longs, craquelés et profonds sur les plants matures. Réduction du nombre de tiges par plant. Dans le cas d'infection grave et en conditions humides, présence d'un mycélium blanc grisâtre (stade sexué du champignon) dans la partie basale de la tige près du sol. Le mycélium est superficiel et facilement enlevé par frottement. Parfois les chancres ceinturent toute la tige, interférant avec le transport de l'eau et des éléments minéraux. Production de tubercules groupés à la base de la tige.
- ✓ **Racine** : sur endroits. Production de tubercules aériens à la surface du sol.

- ✓ **Stolon** : avortement, présence de taches brun rougeâtre à brun foncé, profondes et fendues, qui cause des retards de croissance ou la mortalité. Interfère dans la translocation de l'amidon vers les tubercules.
- ✓ **Tubercule** : réduction de la grosseur et du nombre de tubercules, présence de sclérotés bruns à noirs à la surface du périoderme et parfois au point d'attache du stolon au tubercule. Les sclérotés sont très visibles sur les tubercules lavés, car ils résistent au lavage. La pelure est rugueuse et la chair n'est pas atteinte. Dans le cas de fortes infestations, les tubercules sont déformés (fossette, aspect réticulé de la pelure, bouillage, fendu, etc.) ou il y a la formation de tubercules aériens



**Figure 08** : Tubercules montrant des sclérotés (flèche) (Wharton et *al.*, 2007).



**Figure 09** : Formation de petits tubercules aériens au voisinage de la surface du sol (Gosselin et Ouellet, 2009),



**Figure 10** : Bouquets foliaire terminal dont les feuilles de coloration rougeâtre à violacée ont tendance à s'enrouler. <http://plantdepommeaterre.org>, (Consulté le 27/06/2021)



**Figure 11** : Tiges montrant des chancre (flèche) (Wharton et *al.*, 2007)

### **II-3. Epidémiologie**

Les tubercules portant des sclérotés du pathogène, constituent la principale source d'inoculum. Etant un champignon tellurique, *R. solani* se conserve dans le sol sous forme de sclérotés ou sous forme de mycélium ou de fragment de mycélium, ces derniers jouent également un rôle important dans la contamination.

#### **II-3-1. Cycle de la maladie**

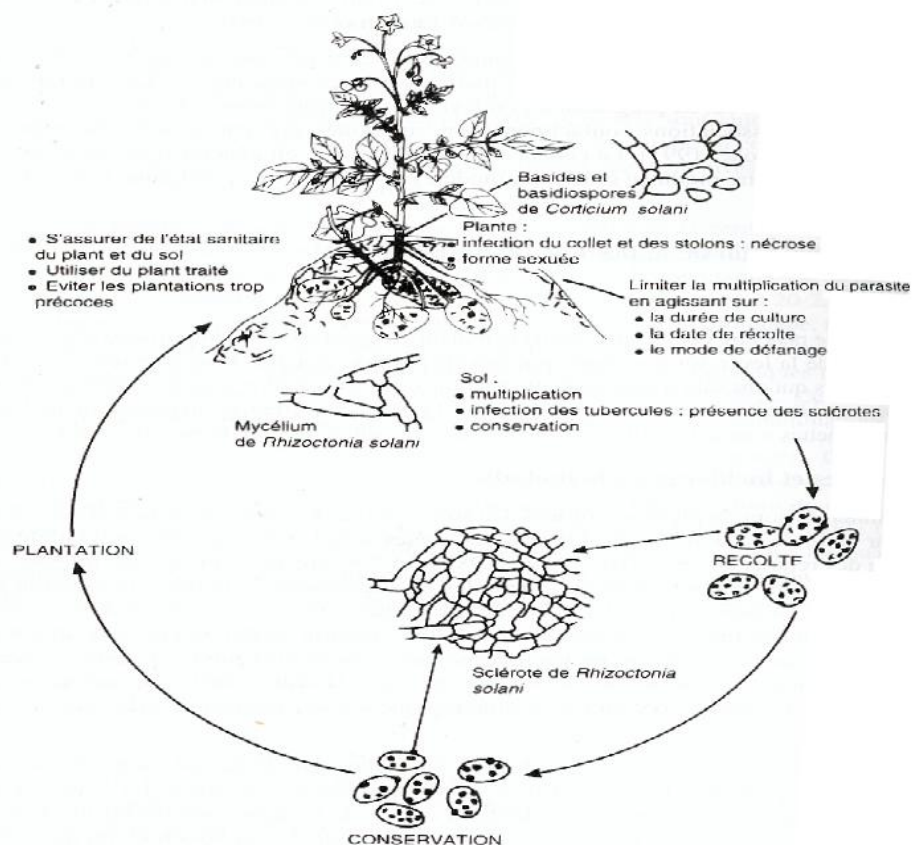
Le champignon hiverne sous la forme de sclérotés dans le sol et sur les tubercules de semence (figure 12) ou sous la forme de mycélium dans les résidus de cultures. *R. solani* peut survivre comme saprophyte très longtemps dans les sols en colonisant des déchets végétaux autres que la pomme de terre.

Au printemps, les sclérotés germent et produisent du mycélium qui infecte, tout au long de la saison de croissance, les tubercules, les stolons, les racines. Les germes des tubercules semis constituent le stade de développement le plus critique pour les infections car elles sont souvent causées par le mycélium présent sur les tubercules de semence. L'inoculum doit être dans l'environnement immédiat des organes. Le champignon pénètre directement par les tissus ou des blessures. Une fois qu'elle ait lieu, l'infection des tubercules et des germes se propage de ces derniers aux autres organes, aériens surtout, où le stade téléomorphe du pathogène se développe. Notons en fin que la sensibilité des plants au pathogène diminue avec leur développement.

#### **II-3-2. Conservation de l'inoculum**

*R. solani* est fréquemment retrouvé dans de nombreux sols ayant porté à plusieurs reprises des cultures légumières. Il dispose de potentialités saprophytiques lui permettant de se conserver dans le sol en absence d'hôtes sensibles. On le retrouve à l'état de mycélium et de pseudo-sclérotés, souvent dans la matière organique et les débris végétaux les plus divers qu'il colonise aisément. Il se développe facilement dans le sol, surtout si celui-ci a été désinfecté et

débarrassé des microorganismes antagonistes potentiels (Grosch et al., 2005 ; Villeneuve et al., 2001 ; Rivera et al., 2013). *R. solani* est un champignon parasite très polyphage qui peut s'attaquer et se maintenir sur les hôtes les plus divers et sur leurs débris. *R. solani* peut se conserver dans le sol sous forme de mycélium ou de petits sclérotés noirs typiques, très adhérents à l'épiderme des tubercules contaminés. (Rivera et al., 2013 ; Scherwinski et al., 2008).



**Figure 12** Le rhizoctone brun des tubercules (*Rhizoctonia solani*); cycle et méthodes de lutte (Bedin, 1996)

## II.4. Stratégie et moyen de lutte

La lutte contre les différents agents pathogènes passe en priorité par un ensemble de mesures prophylactiques permettant de limiter les risques d'apparition des maladies et de ralentir la propagation des agents phytopathogènes.

### II-4-1. Lutte chimique

Comme pour la plupart des maladies cryptogamiques des plantes, la lutte chimique reste de très loin le moyen le plus pratiqué et le plus efficace. Cependant, il existe un large éventail de fongicides appartenant à di- verses familles chimiques qui ont démontré

leur efficacité comme traitement de semences, de sol et de tubercules en post-récolte. Parmi les matières actives les plus utilisées, il y a lieu de citer le pencycuron, le flutolanil, le fludioxonil, le thiophanate-méthyle, l'azoxystrobine, le chlorothalonil, le thiabendazole, l'iprodione, le mancozebe, le tolclofos-méthyle (Lootsma et Scholte, 1996 ; Bains et *al.*, 2002 ; Campion et *al.*, 2003 ; Van den Boogert et Lutikholt, 2004 ; Truter, 2005 ; Errampalli et *al.*, 2006).

#### **II-4-2. Lutte culturale**

La plupart des maladies dont le rhizoctone brun sont favorisées par des conditions humides. Un certain nombre de pratiques visera donc à modifier le microclimat au niveau des plantes. A cet effet, la réduction des densités de plantation, l'orientation des buttes dans le sens du vent dominant et l'élimination des adventices trop envahissantes sont des pratiques permettant l'abaisser l'humidité au niveau de la culture, d'aérer la culture et de sécher le feuillage. L'utilisation de variétés résistantes ou même tolérantes à l'égard du rhizoctone de la pomme de terre, reste le moyen de lutte le plus efficace et le moins polluant de l'environnement. La résistance variétale de la pomme de terre à *R. solani* a longtemps fait objet de programmes de sélection (Bains et *al.*, 2002).

Par ailleurs, l'utilisation de semences exemptes de sclérotés est à envisagé comme moyen de réduction d'inoculum. En effet, la qualité des semences doit être vérifiée car le succès de la culture en dépend fortement. L'observation d'un échantillon d'une centaine de tubercules lavés permet notamment de détecter la présence éventuelle de sclérotés de *Rhizoctonia*. De plus, il faut éliminer les tubercules douteux présentant des taches ou des blessures. L'achat de semences certifiées garantit une bonne qualité sanitaire c'est-à-dire des plants normalement exempts du pathogène. La réutilisation des petits calibres comme semences de ferme doit être limitée aux lots absolument indemnes de *Rhizoctonia*.

D'autres pratiques culturales utilisées pour lutter contre les affections causées par *R. solani*, on peut citer les rotations (figure 13) qui visent entre autre la réduction de la densité d'inoculum dans le sol. Une rotation de quatre ans minimum est préconisée pour limiter la fatigue des sols et le développement des différents ravageurs et pathogènes. Il est nécessaire de ne pas intégrer dans cette rotation des cultures sensibles aux *R. solani* telles que, la tomate, la carotte et la betterave (Rauf et *al.*, 2007; Heller, 2009). Par ailleurs, la plantation à faible profondeur et dans des sols secs et chaud pour réduire la durée de contact entre les jeunes organes et le pathogène ainsi que la récolte rapide des tubercules fils une fois mures sont souvent pratiqués pour empêcher la formation de sclérotés.

Les sclérotés assurant la survie du champignon plusieurs années dans le sol, les rotations longues (au moins quatre ans) doivent être favorisées. Les sols froids ralentissent la germination des tubercules et constituent donc un facteur de risque accru car les germes blancs sensibles demeurent présents longtemps dans le sol. Il convient de favoriser une reprise rapide en plantant dans un sol plus ou moins froid et en effectuant une pré-germination des semences.

Il est en outre reconnu que des apports importants de matière organique fraîche, peu avant la plantation, sont des facteurs de risque. Le défanage assez précoce par arrachage des fanes permet de limiter la contamination des tubercules à partir de la végétation touchée (figure 07). De même, plus les tubercules mûrs restent longtemps dans le sol, plus ils sont susceptibles d'être attaqués, il est donc souhaitable de récolter assez tôt. Le mieux est d'arracher les pommes de terre, les laisser sécher sur la butte pour les ramasser ensuite, une fois l'épiderme bien sec (Secor et Gudmestad, 1999 ; Warton et al., 2007). De même une fertilisation raisonnée peut réduire l'incidence des affections de *R. solani* sur pomme de terre (Baker et Martinson, 1970 ; Dashwood et al., 1991; Secor et Gudmestad, 1999; Meyer, 2002 ; Warton et al., 2007).

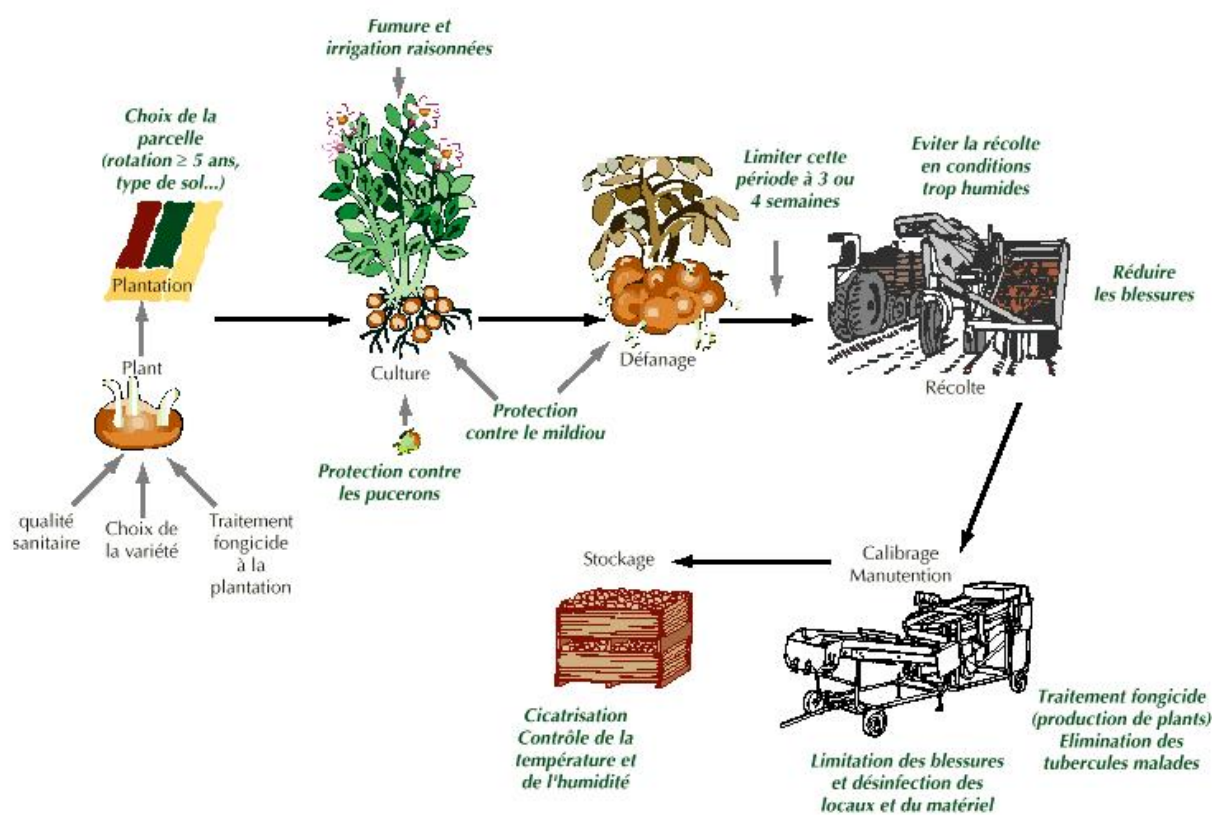


Figure 13 : Pratiques culturales permettant de diminuer les risques maladies des tubercules

(Gaucher 1997)

### II-4-3. Lutte biologique

Les moyens de lutte biologique comme stratégie de gestion des maladies des plantes reposent essentiellement sur l'utilisation d'antagonistes naturelles, microbiens surtout, capables de ralentir voire inhiber le développement des agents phytopathogènes. Plusieurs agents antagonistes se sont montrés efficaces à l'égard des affections causées par *R. solani* sur pomme de terre. Parmi les agents antagonistes de nature fongique on peut citer *Trichoderma sp.*, *Verticillium biguttatum*, *Pythium oligandrum*, *Epicoccum nigrum* et le champignon mycorhizien *Rhizophagus sp.* (Demirci et al., 2009 ; Lahlali et Hijri, 2010 ; Gallou, 2011). En outre, Plusieurs espèces bactériennes appartenant aux genres *Pseudomonas* et *Bacillus* ont montré un haut potentiel antagoniste vis-à-vis de *R. solani* sur pomme de terre (Kondoh et al., 2000; Thrane et al., 2001; Brewer et Larkin, 2005; Mrabet et al., 2013).

Des microorganismes antagonistes sont déjà homologués en agriculture biologique pour lutter contre *Rhizoctonia*. Il y a lieu de citer des formulations à base d'agents bactériens tels que *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* et *Streptomyces lydicus* et d'autres à base de champignons tels que *Gliocladium catenulatum*, et *Trichoderma harzianum*. Des bioessais, en cours de validation, testent le nématode *Aphelenchus avenae*, nématode mycéliophage ou mycophage, comme moyen de lutte contre entre autre *R. solani*.

### II-4-4. Lutte intégrée et raisonnée

La gestion intégrée des maladies de plantes est une composante essentielle de la réussite de la production agricole. L'adoption d'une stratégie de lutte efficace peut s'avérer difficile en raison de la complexité des pathosystèmes, de l'épidémiologie des agents pathogènes et des maladies, de la biologie et de la variabilité pathologique des agents causals. Cependant, le recours à l'intégration d'une manière raisonnée de l'ensemble des moyens de lutte disponibles peut nous permettre de maintenir le niveau des maladies à des niveaux économiquement acceptables tout en minimisant l'utilisation des produits phytopharmaceutiques chimiques, qui en dépit de leur coût élevé, leur nocivité à l'égard de la santé publique et de l'environnement n'est plus à démontrer.

S'agissant du rhizoctone brun de la pomme de terre, l'ensemble des pratiques culturales visant à réduire le niveau et la pérennité de l'inoculum tellurique, l'utilisation de semences certifiées et saines et l'utilisation des produits d'origine biologique tout en réduisant au maximum les traitements chimiques sont susceptibles d'être intégrés dans un système de culture de pomme de terre économiquement rentable et protecteur de la santé publique et de l'environnement.

## **Objectif du travail**

Par ce travail nous visons une caractérisation culturelle de deux isolats de *Rhizoctonia solani*, agent du rhizoctone brun de la pomme de terre.

La caractérisation cible une comparaison entre les isolats sur le plan de leur croissance mycélienne et leur capacité à former des sclérotés en fonction du type du milieu sur lequel sont cultivés et de la température de leur incubation.

## Chapitre troisième

# Matériel et Méthodes

### III.1. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de tubercules de pomme de terre (*Solanum Tuberosum* L.) appartenant à deux variétés largement cultivées et consommées en Algérie à savoir, la *Désirée* qui est une variété à peau rouge et la *Spunta* qui est une variété à peau jaune. Les principales caractéristiques de ces deux variétés sont répertoriées dans le tableau 06.

L'origine des deux variétés est la région de Bouira (Algérie) ; région où la culture de la pomme de terre a pris de l'importance ces derniers temps. Les tubercules font partie d'une récolte de saison, réalisée fin mars 2021. En vue d'étudier l'agent causal du rhizoctone brun, notre choix s'est orienté vers les tubercules présentant des symptômes de la maladie, c'est-à-dire, des tubercules portant des sclérotés de l'agent pathogène (figure 14).



**Figure 14** : tubercules de pomme de terre portant les symptômes du rhizoctone brun ; gauche, variété *Spunta* ; droite, variété *Désirée* (Originale, 2021)

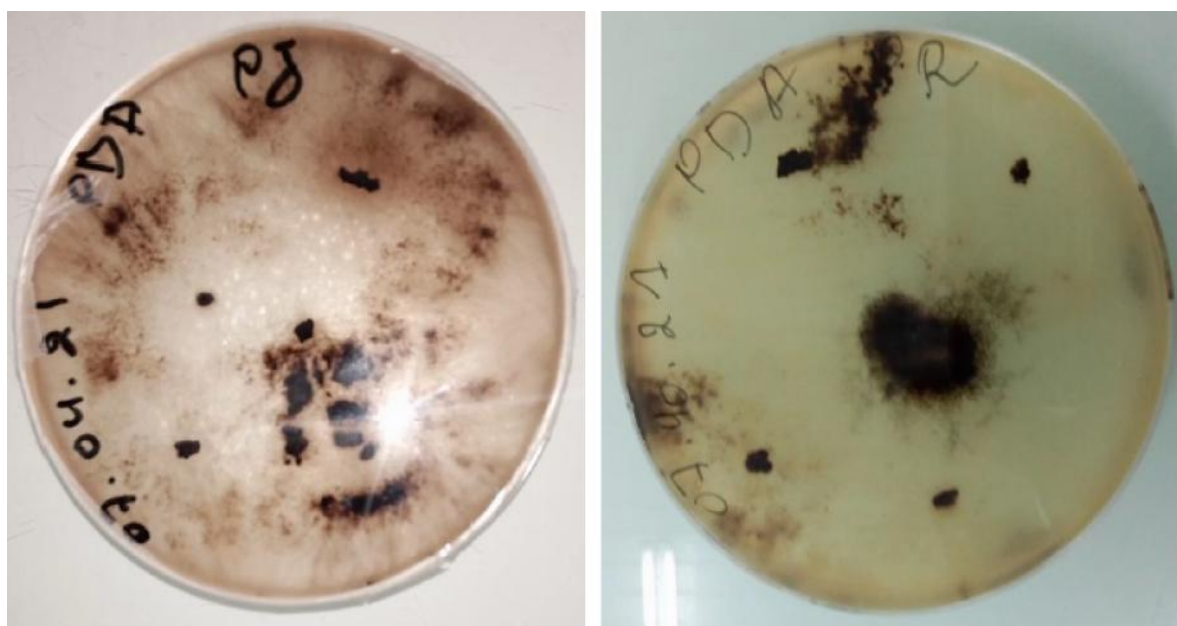
### III.2. Matériel fongique

Le matériel fongique est constitué de deux isolats de *Rhizoctonia solani* Kühn, agent du rhizoctone brun de la pomme de terre (figure 15). Les deux isolats sont obtenus par isolement direct des tubercules portant des sclérotés (cf. Isolement de l'agent pathogène).

**Tableau 06** : Caractéristiques des variétés de pomme de terre, source d'isolats (*Bulletin des variétés. INRA/GEVES, 1994*)

Variétés (Année d'inscription)	Tubercule					Précocité ***		Sensibilité aux maladies et accidents physiologiques****						Teneur en MS	Aptitude à la conserva-tion	Indice de Rdt (en % de Binje)	
	couleur		forme	Yeux *	Grosseur **	Tubéris-ation	Matur-ation	Mildiou		Gale commune	Virus						
	peau	chair						feuillage	tubercule		X	Y	A				Enroul-ement
<i>Binje</i> (35)	jaune	jaune	obl	7	6	-	7	3	3	3	-	3	R	6	moyenne	moyenne	100
<i>Désirée</i> (71)	rouge	jaune	Obl	7	7	-	4,5	5	7	3	-	7	-	4	Assez élevée	bonne	104
<i>Spunta</i> (67)	jaune	jaune	Obl. all.	8	9	-	7	5	5	4	-	7	R	3	Très faible	Assez faible	111

Obl. : oblong ; Obl. all. : oblong allongé ; \* : de 1= très enfoncés à 9= très superficiels ; \*\* : de 1= très petit à 9= très gros ; \*\*\* : de 1= très tardive à 9 très précoce ; \*\*\*\* : de 1= très sensible à 9= très résistante ; MS : Matière Sèche ; Rdt : Rendement. INRA/GEVES : Institut National de la Recherche Agronomique/Groupe d'Étude et de Contrôle des Variétés et des Semences. (France)



**Figure 15** : *Rhizoctonia solani*, isolats IPJ10 (gauche) et IPR10 (droite), cultures âgées de 15 jours, milieu de culture PDA (Originale, 2021).

### III.3. Milieux de culture

Pour l'ensemble des essais, trois milieux de cultures sont retenus, le milieu PDA (*Potato Dextrose Agar*), utilisé pour l'évaluation de la viabilité des sclérotés. Pour les essais portant sur la croissance mycélienne et la formation des sclérotés, nous avons opté pour le milieu *Czapek Dox Agar* (CZ) comme milieu minéral et le milieu *Oatmeal Agar* (OA) comme milieux organique. Selon Rapilly (1968), la composition des trois milieux est la suivante :

#### III.1.1. Milieu PDA (*Potato Dextrose Agar*)

##### a. Composition

La composition du milieu PDA est rapportée dans le tableau 07.

**Tableau 07** : Composition du milieu Potato Dextrose Agar (PDA)

Ingrédient	Quantité
Pomme de terre	200g
Glucose	15g
Agar agar	15g
Eau q.s.p.	1000ml

##### b. Préparation

Peler, laver, couper en tranche la pomme de terre. Cuire 15 à 20 minutes dans 200ml d'eau, filtrer sur mousseline et presser. Ajouter le glucose au filtrat, compléter le volume à 1000ml, ajouter l'agar agar, la bien dissoudre en agitant. Autoclaver pendant 30 minutes à 121° C.

#### III.1.2. Milieu OA (*Oatmeal Agar*)

##### a. Composition

Le milieu OA est utilisé comme milieu organique, sa composition est détaillée dans le tableau 08.

**Tableau 08** : Composition du milieu Oatmeal Agar (OA)

Ingrédient	Quantité
Farine d'avoine	40g
Agar agar	15g
Eau q.s.p.	1000ml

### **b. Préparation**

Faire bouillir, pendant 15 à 20 minutes, 40g de farine d'avoine dans 200ml d'eau, filtrer sur mousseline. Ajouter au filtrat 15g d'agar agar, compléter le volume à 1000ml. Autoclaver pendant 30 minutes à 121° C.

### **III.1.3. Milieu CZ (Czapek Dox Agar)**

#### **a. Composition**

En qualité de milieu minéral, la composition du milieu CZ est la suivante (tableau 09) :

**Tableau 09** : Composition du milieu Czapek Dox Agar (CZ)

<b>Ingrédient</b>	<b>Quantité</b>
NaNO <sub>3</sub>	2g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	1g
MgSO <sub>4</sub>	0.5g
KCl	0.5g
FeSO <sub>4</sub>	0.01g
Saccharose	30g
Agar agar	15g
Eau q.s.p.	1000ml

#### **b. Préparation**

Dans différents volume d'eau distillée faire dissoudre séparément les substances minérales, une fois dissoutes mélanger l'ensemble des solutions. Ajouter le saccharose toute en chauffant et en agitant, compléter le volume à 1000ml, ajouter l'agar agar, agiter pour la bien dissoudre. Autoclaver pendant 30 minutes à 121° C.

**NB** : Au terme de la préparation des trois milieux, leur pH est ajusté à 5,6, point de pH considéré comme favorable pour le développement de *R. solani*.

### **III.4. Isolement de l'agent pathogène**

L'isolement du *R. solani* est effectué sur des tubercules portant à leur surface des sclérotés du champignon (figure 14). Préalablement à l'isolement, les tubercules des deux variétés pris séparément, sont bien lavés à l'eau courante pour les débarrasser de la terre adhérente. Une fois bien propres, ils sont lavés de nouveau à l'eau stérile, essuyés à l'alcool éthylique pour les désinfecter de surface et puis bien rincer une autre fois à l'eau stérile. A l'aide du papier buvard, les tubercules sont enfin séchés.

A l'aide d'un scalpel stérilisé préalablement, les sclérotés sont délogés de la surface des tubercules de chacune des variétés (figure 15). A la fin de leur récupération, les ils sont directement mis dans des bains d'hypochlorite de sodium à 02% pendant 02minutes en vue de leur désinfection. Les bains d'hypochlorite de sodium sont intercalés par des bains de rinçage d'eau distillée stérile et ce pendant 05minutes par bain (figure 16). A la fin de la désinfection, les sclérotés sont alors séchés sur papier whatman stérile.



**Figure 16** : Récupération (gauche) et désinfection (droite) des sclérotés, (Originale, 2021).

### III.5. Conduite des essais

Les essais consistent à suivre le développement de deux isolats de *R. solani*, agent causal du rhizoctone brun de la pomme de terre, sur deux milieux de culture, à savoir le milieu minéral *Czapek Dox Agar* (CZ) et le milieu organique *Oatmeal Agar* (OA) et sous deux températures d'incubation *i.e.* 20 et 25° C.

#### III.5.1. Protocole expérimental

A fin d'étudier l'effet du milieu de culture et de la température d'incubation sur la croissance mycélienne et la formation des sclérotés des deux isolats de *R. solani*, 08 lots expérimentaux sont constitués (tableau 10) sur la base des critères suivants :

- ✓ Deux isolats de *R. solani*, l'un isolé à partir de la variété *Spunta* et l'autre de la variété *Désirée*. En référence à la couleur de la peau des tubercules, les deux isolats sont respectivement baptisés IPJ10 et IPR10.
- ✓ Deux milieux de culture *i.e.* le milieu minéral CZ et le milieu organique OA
- ✓ Deux températures d'incubation, à savoir 20 et 25° C.

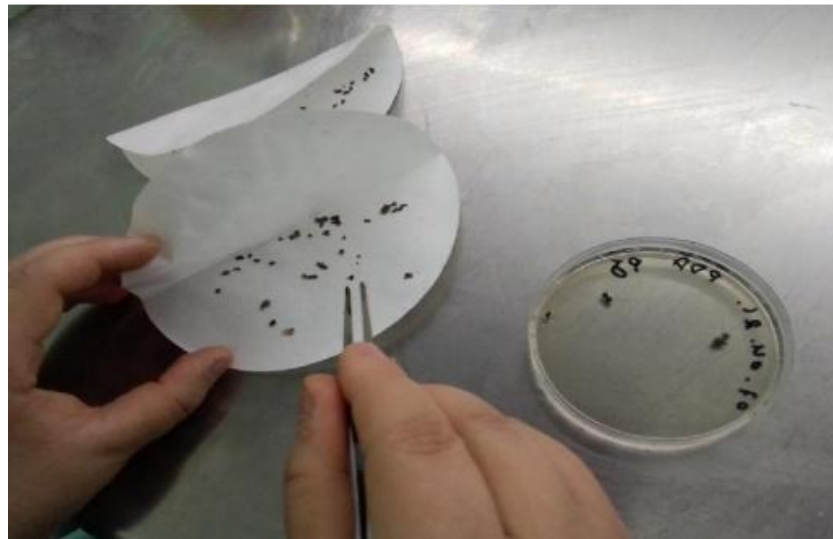
Cependant, la combinaison 02 isolats x 02 milieux de culture x 02 températures d'incubation fait ressortir 08 lots. En guise de répétition de traitement, chaque lot expérimental est constitué de trois boites de Pétri.

**Tableau 10** : Identification des lots expérimentaux

20° C				25° C			
CZ		OA		CZ		OA	
IPJ10	IPR10	IPJ10	IPR10	IPJ10	IPR10	IPJ10	IPR10

### III.5.2. Viabilité des sclérotés

Préalablement aux essais de suivi du développement des isolats de l'agent pathogène, la viabilité de leurs sclérotés est testée en mettant en culture sur milieu PDA les sclérotés désinfectés. A cet effet, 20 sclérotés par variété de pomme de terre ou par isolat sont mis en culture dans des boîtes de Pétri de 90mm de diamètre, coulées préalablement de 10ml du milieu PDA, à raison de 05 sclérotés par boîte (figure 17). Les boîtes sont alors incubées à 20° C. 48heures après, les sclérotés germés (émission des hyphes) sont comptés et le pourcentage de viabilité est alors calculé en se rapportant au nombre de sclérotés mise en culture. Notons que les cultures en boîte sont conservées et utilisées comme cultures stocks pour les essais ultérieures.



**Figure 17** : Mise en culture des sclérotés (Originale, 2021)

### III.5.3. Croissance mycélienne

Cet essai consiste à évaluer la croissance mycélienne des isolats IPJ10 et IPR10 en fonction du milieu de culture et de la température d'incubation. A cet effet, des disques mycéliens de 8,5mm de diamètre chacun, pris aseptiquement à l'aide d'une emporte pièce de la périphérie croissante de la culture de chacun des isolats, sont déposés au centre des boîtes de Pétri, préalablement coulées séparément avec 10 ml des milieux CZ et OA. Les boîtes ensemencées sont ensuite mises à incuber à 20 et à 25° C.

La croissance mycélienne dans l'ensemble des boîtes est alors évaluée tout les trois jours en mesurant au moins deux diamètres perpendiculaires de la colonie (figure 18) et ce jusqu'à ce que les cultures fongiques atteignent les bords des boites de Pétri (Tegege & *al.*, 2008).



**Figure 18** : Evaluation de la croissance mycélienne (Originale, 2021).

#### **III.5.4. Formation des sclérotés**

Courant les mesures de la croissance mycélienne, les boites de Pétri sont minutieusement auscultées une à une à fin de relever ou de détecter l'apparition des sclérotés. Une fois apparus, le nombre de jours comptant de la mise en culture est noté.

### **III.6. Traitement statistique**

#### **III.6.1. Analyse de variance et comparaison des moyennes**

Les résultats issus de l'ensemble des tests ont subi des traitements statistiques en utilisant le software Statbox 6.4, (*Optima*®, *Floirac, France.*). Les effets des différents traitements et de leurs interactions ainsi que les données relatives aux différentes variables mesurées ont fait l'objet d'analyse de variance (*ANOVA*). Si nécessaire, le test de Newman et Keuls au seuil de 5% est appliqué pour la comparaison des moyennes des différents traitements (Vessereau, 1992).

#### **III.6.2. Dispositifs statistiques**

Suivant l'essai et la variable mesurée, différents dispositifs statistiques sont adoptés.

- ✓ Un dispositif à un seul critère de classification, à savoir le facteur Isolat (factoriel en randomisation totale avec répétitions) a été adopté pour l'analyse de variance relative à la variable viabilité des sclérotés (tableau 11) ;

- ✓ Un dispositif à quatre critères de classification à savoir les facteurs Isolat, Milieu de culture, Température d'incubation et Temps (factoriel en randomisation totale avec répétitions) a été adopté pour l'analyse de variance relative à la variable croissance mycélienne (tableau 12) ;
- ✓ Un dispositif à trois critères de classification les facteurs Isolat, Milieu de culture et Température d'incubation (factoriel en randomisation totale avec répétitions) a été adopté pour l'analyse de variance relative à la variable Formation des sclérotés (tableau 13).

**Tableau 11 :** Dispositif statistique relatif à la variable Viabilité des sclérotés.

Facteur 1 (F1)	
Isolat	
Nv1	Nv2
<i>IPJ10</i>	<i>IPR10</i>

*Md : Modalité.*

**Tableau 12 :** Dispositif statistique relatif à la variable Croissance mycélienne.

Facteur 1 (F1)		Facteur 2 (F2)		Facteur 3 (F3)		Facteur 4 (F4)				
Isolat		Milieu de culture		Température d'incubation		Temps				
Md1	Md2	Md1	Md2	Nv1	Nv2	Nv1	Nv2	Nv3	Nv4	Nv5
<i>IPJ10</i>	<i>IPR10</i>	<i>CZ</i>	<i>AMA</i>	<i>20</i>	<i>25</i>	<i>0</i>	<i>3</i>	<i>6</i>	<i>9</i>	<i>12</i>

*Md : Modalité ; Nv : Niveau.*

**Tableau 13 :** Dispositif statistique relatif à la variable Formation des sclérotés.

Facteur 1 (F1)		Facteur 2 (F2)		Facteur 3 (F3)	
Isolat		Milieu de culture		Température d'incubation	
Md1	Md2	Md1	Md2	Nv1	Nv2
<i>IPJ10</i>	<i>IPR10</i>	<i>CZ</i>	<i>AMA</i>	<i>20</i>	<i>25</i>

*Md : Modalité ; Nv : Niveau.*

## Conclusion et perspectives

Le rhizoctone brun est l'une des maladies cryptogamiques qui causent des dégâts et des pertes économiquement importantes de la pomme de terre. La maîtrise et la lutte contre cette maladie doit tenir en compte la biologie, l'écologie et l'épidémiologie du pathosystème *Solanum tuberosum/Rhizoctonia solani*.

Notre contribution dans la caractérisation d'isolats de l'agent pathogène, sévissant sur pomme de terre cultivée dans la région de Bouira (Algérie) peut nous permettre de conclure que les sclérotés présents sur les tubercules appartenant aux variétés *Désirée* et *Spunta*, restent totalement viables en post récolte. D'autre part, les deux isolats étudiés n'ont pas présenté une variabilité culturale une fois cultivés dans les mêmes conditions, autrement dit, ces isolats se sont comportés de façon à peu près similaire lorsqu'ils sont cultivés sur le même milieu de culture et incubés à la même température.

Par ailleurs les essais consacrés aux effets du milieu de culture et de la température d'incubation ont laissé constater que la croissance mycélienne des deux isolats est meilleure lorsqu'ils sont cultivés sur un milieu organique et incubés à 25° C que si leur culture est réalisée sur un milieu minéral à une température de 20° C. Quant à la formation des sclérotés, vu que le milieu organique et une température de 25° C favorisent la croissance, il était normal que les isolats forment plus rapidement des sclérotés sur le milieu minéral à 20° C.

Ces résultats n'auront de valeur à notre sens que s'ils sont complétés par d'autres études s'intéressant à d'autres facteurs édaphiques et écologiques de l'agent pathogène. Néanmoins une caractérisation moléculaire et génétique s'impose pour pouvoir tirer des conclusions finales quant à la possible variabilité au sein des populations de *R. solani* sévissant en Algérie.

## Références bibliographiques

- Adams, M.J., Hide, G.A., Lapwood, D.H., 1980. Relationships between disease levels on seed tubers, on crops during growth and in store potatoes .I. Introduction and black scurf. *Potato Res* .23, 201-214.
- Anderson A. 1992. The genetics and pathology of *Rhizoctonia solani* . *Ann. Rev. phytopathology* 20: 329-47.
- Bains P.S., Bennypaul, H.S., Lynch D.R., Kawchuk L.M & Schaupmeyer C.A. 2002. *Rhizoctonia* disease of potatoes (*Rhizoctonia solani* ): Fungicidal efficacy and cultivar susceptibility. *American journal of potato Research* 79:99-106.
- Baker R. et Martinson C.A. 1970. Epidemiology of diseases caused by *Rhizoctonia Solani*.pp.172-188In: parmeter JR., J.R. (Ed). *Rhizoctonia solani, Biology and pathology*, university of California press, Berkeley, USA.
- Bartz F.E.,Cubeta M.A., Cubeta M.A., Toda T., Naito S. & Lvors K.L.2010. An in planta method for assessing the role of basidiospores in *Rhizoctonia* foliar disease of tomato. *Plant Dis*.94:515-520.
- Bedin p. 1994.pomme de terre. Bien connaitre les principaux ravageurs et maladie. *Perspectives Agricol* N° 198,TTef = pp36-39.
- Bedin p. 1996 <<les ennemis ; le rhizoctonebrun de la pomme de terre >> in. la pomme de terre, production, amélioration, ennemis et maladies et utilisation (Rousselle P. Robert Y. & Crosnler J.C., éd) : pp291-295. *INRA Edition Paris*.
- Begue Y. 2008. Agriculture et pomme de terre. *Cahiers Agricultures* Vol.17 n° 4, juillet -aout 2008 p333-334
- Bolkan, H.A., Ribeiro,W .R. C.1985. Anastomosis Groupes and pathogenicity of *Rhizoctonia solani* isolats from Brazil. plante
- Burton W.G. 1982. Post hares physiology of food crops. Longman, London, 339p.
- Camporota P. 1986. Obtention de la forme sexuée de *Rhizoctonia solani* kühn : *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk . *agronomie, EDPScience* , 6 (3):305-307.
- Carling D.E. Kuninaga S. Brainard K.A.2002. Hyhal anastomosis reaction, RDNA internal transcribed spacer sequences, and virulence levels among subset of *Rhizoctonia solani* anastomosis group-2(AG-2) and AGBI. *Phytopathology* 92:43-50.
- Chtibi E. 2008. Année internationale de la pomme de terre.

- Demerci, E., Eken, C. et Dane, E. 2009. Biological control of *Rhizoctonia Solani* ou potato by *verticillium biguttatum*. *African journal of Biotechnology* Vol. 8(11):2503-2507.
- Du jardin P. 1994. physiologie de la tubérisation chez la pomme de terre cultivée (*Solanum tuberosum L.*): quelques conclusions de données moléculaires. Ed. AUPELF-UREF. *John Libbey Eurotext. Paris* : pp 439-446 .
- Ellisseche D. 1996. La plante; aspect physiologiques de la croissance et du développement *in* .La pomme de terre, production, amélioration, ennemis et maladies et utilisation (Rousselle P. Ropbert Y. & Crosnier J.C, éd.) : pp 71-121. *INRA Editions Paris*.
- Gaucher D .1997. Pomme de terre. le point sur les maladies en végétation. perspectives agricoles N°224, ITPT et ITCF: pp94-99.
- Gosselin, B.L. 2009. La rhizoctonie. Réseau d'avertissements phytosanitaires, bulletin d'information n° 4, pomme de terre. 4pp.
- Grison C.1983 pomme de terre -caractéristiques et qualités alimentaires .*APRIA. Paris* 292p.
- Grosch R ,Faltin F., Lottmann J., Kofoet A . I Berg 2004. Biological control of *Rhizoctonia solani* with bacterial antagonists in organic farming . international WorkShop : development of biocontrol agents of diseases for commercial applications in food production systems Sevilla -Spain 24-27 March 2004.
- Johnk S.J. & Jones R.K. 1992. Détermination of whole fatty acide in isolats of *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*.VOL.82, N°1: pp68-72. The American Phytopathological Society.
- Kolev N. 1997. Les cultures maraichères en Algérie .Tome III, CNPA Alger. Gvavouelle, 1996,; fauconnier et al.2002 .
- Kondo H,M., Hirai, M. et Shoda, M.2000. Co-utilization of *Bacillus Subtilis* & flutolanil in controlling damping-off of tomato caused by *Rhizoctonia Solani*. *Biochnology letters* 22:1693-1679
- Lepoivre P., 2003. *Phytopathologie : Bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte*. Ed. *De boeck, Presse. Agronomique de Gembloux, Gembloux, Belgique*.
- Lootsema M. & Scholte K. 1996. Effects of soil désinfection and potato harvesting méthodes on stem infection by *Rhizoctonia solani* Kuhn in the following year .*potato research* 39:15-22.
- Lutaladio, N., Ortiz, O.,Haverkort, A. et Ealdiz, D.2009. sustainable potato production guidelines for developing constries. *Fao année internationale de la pomme de terre*, 91 pp.

- Muzhinji N., Truter M.W., Oodhall J.W. & Van Der Waals J. E. 2015. Anastomosis groups and pathogenicity of *Rhizoctonia solani* and binucleate *Rhizoctonia* from potato in South Africa . *Plant Dis.* 99:1790-1802.
- Ozkilinc H., Frenkel O., ABBO S., Eshed R., Sherman A., Shtienberg D., Ophir R. & Can C. 2010. A comparative study of Turkish and Israeli populations of *Didymella rabiei*, the ascochyta blight pathogen of chickpea. *Plant Pathology*, 59: 492–503.
- Polise J.M., 2006. La culture des pommes de terre. Ed. Artémis, Paris. 95 pages
- Rapilly (1968). Les techniques de mycologie en pathologie végétal. Annales des epiphytes ,INRA , paris ,France . 102p.
- Rauf, C.A., Ahmed,L. et Ashraf. 2007. Anastomosis groups of *Rhizoctonia solani* kuhni isolates from potato in Pakistan journal of botanic 39 4.1335-1340.
- Rossingol L. & Rousselle-Bourgeois F. 1996. (la plante; Botanique, morphologie et taxonomie ) in . La pomme de terre, production, amélioration, ennemis et maladies et utilisation (ROUSSILLE P ., ROBERT Y .et CROSNIER J.C., ED .): pp 49-68. *ENRA Editions Paris*.
- Rousselle, P., Rolvert, Y. et Grosier J. C.1996. La pomme de terre: production, amélioration, ennemis et maladies, utilisation. INRA, paris. 607 pp.
- Rouxel F. & Davet P. 1997. Détection et Isolement des Champignons du Sol. *Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Paris, France. 208p.*
- Secor G.A. & Gudmestad N.C.1996. Managing fungul diseases of potato. *Canadian journal of plant pathology* 21:213-221.
- Sneh B. Burpee I. & Ogoshi A. 1996. Identification of *Rhizoctonia* species American phytopathological society, saint paul. 133pp.
- Soltner D.1990. Les grandes productions végétales. Céréales, Plantes sarclées et *Prairies*. Collection Sciences et Techniques Agricoles : pp 239-274
- Soltner D.1998, les grandes productions végétales : céréales. Plantes sarclées .Sciences et technique agricole.
- Starosings G. (1997) - la pomme de terre. Cultures maraichères spéciales, Polycopié. INAPG, Paris, France.
- Statistique Agricole. Ministère de l'agriculture et e développement rural, Alger, Algérie. *Non publié.*

- Tegegne G., Pretorius J.C. & Swart W.j. (2008). antifungal propertie of Agapanthus a fricanus L. extracts against plant pathogens . *Groprotection* 27:1052-1060.
- Treholer F. & Jouan B. 2001. Des méthodes de lutte contre le rhizoctone de la pomme de terre en agriculture biologiques. *Alter. Agri.* 13 (49) : 11-15.
- Tsrer, L. 2010. Biology, epidemiology and management of *Rhizoctonia solani* on potato. *J. Phytopathol.* 158:649-658.
- Vessereau A ., 1992. methodes statistiques en biologie et en agronomie. 540p.
- Wharton, P., Kirk , W., Berry, D et Snapp, S. 2007. rhizoctonia stem canker and black scurf of potato. bulletin E2994. Mitchigan state university .6 pp.
- Wharton, p., Kirk , W ., Berry, D et snapp, S . 2007. Rhizoctonia stem canker and black scurf of potato. Bulletin E 2994. Mitehigan state university .6pp.
- Wodhal, J.W., Lees, A.k., Edwards, S.G. et Jenkinson, P. 2007. characterizaion of *Rhizoctonia solani* from potato in Great Britain. *Plant pathology* .56:286-295.
- Woodhall, J.W. et Beters, j, C. 2011. *Rhizoctonia* potato disease .plant disease factsheet. the food and environment research agency (fera), 3p.
- Zaccardelli M. Lahoz E. Delgardo A. Carella A. & Porrone F. 2003. Antagonism of bacillus spp. against *rhizoctonia solani* and *fusarium sambucinum* on potato. *Journal of Plant Pathology*, 85, (4): 299-307.

## Annexes

### Annexe I

#### Analyse de variance de la variable Croissance Mycélienne.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	C.V.
Variation Totale	115395	119	969,707			
F1 : Isolat	30,258	1	30,258	1,801	0,18003	
F2 : Milieu de Culture	282,852	1	282,852	16,832	0,00014	
F3 : Température	179,867	1	179,867	10,704	0,00172	
F4 : Temps	112183	4	28045,9	1668,96	0	
F1*2	30,203	1	30,203	1,797	0,18044	
F1*3	192,391	1	192,391	11,449	0,00125	
F1*4	167	4	41,75	2,484	0,04954	
F2*3	26,992	1	26,992	1,606	0,20596	
F2*4	212,281	4	53,07	3,158	0,01828	
F3*4	210,672	4	52,668	3,134	0,01893	
F1*2*3	102,938	1	102,938	6,126	0,01479	
F1*2*4	39,172	4	9,793	0,583	0,67902	
F1*3*4	196,273	4	49,068	2,92	0,02598	
F2*3*4	55,602	4	13,9	0,827	0,51381	
F1*2*3*4	140,789	4	35,197	2,095	0,08818	
Variation Résiduelle	1344,35	80	16,804			7,27%

#### Comparaison des moyennes de la variable Croissance Mycélienne. (Facteurs 1\*2\*3)

LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
IPJ10 OA 25	59,997	A			
IPJ10 CZ 25	58,724	A	B		
IPJ10 OA 20	57,817	A	B	C	
IPR10 OA 25	57,309	A	B	C	
IPR10 OA 20	56,49	A	B	C	
IPR10 CZ 20	55,327		B	C	
IPR10 CZ 25	54,339			C	
IPJ10 CZ 20	50,942				D

## Annexe II

### Analyse de variance de la variable Formation des sclérotés.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	C.V.
Variation Totale	758,625	23	32,984			
F1 : Isolot	12,042	1	12,042	0,798	0,38848	
F2 : Milieu de Culture	360,375	1	360,375	23,892	0,00019	
F3 : Température	108,375	1	108,375	7,185	0,01579	
F1*2	12,042	1	12,042	0,798	0,38848	
F1*3	12,042	1	12,042	0,798	0,38848	
F2*3	0,375	1	0,375	0,025	0,87126	
F1*2*3	12,042	1	12,042	0,798	0,38848	
Variation Résiduelle	241,333	16	15,083			24,09%

### Comparaison des moyennes de la variable Formation des sclérotés.

#### Facteur Milieu de Culture

LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
OA	20	A	
CZ	12,25		B

#### Facteur Température

LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
T25	18,25	A	
T20	14		B