

---

**EVALUATION DE L'INTERET DE LA BIODESINFECTION**

**EN MARAICHAGE BIOLOGIQUE SOUS ABRI**

---

Hélène VEDIE - Christelle AISSA MADANI - Abderraouf SASSI

**1- OBJECTIF ET CONTEXTE :**

La biodésinfection est une pratique qui consiste à enfouir la biomasse végétale fraîche d'une culture dite assainissante et de l'associer à un bâchage par film plastique en période estivale : la solarisation. Parmi les plantes assainissantes aujourd'hui à l'étude, les intercultures appartenant à la famille des brassicacées et des alliées semblent particulièrement intéressantes car elles libèrent des molécules toxiques, voire biocides (isothiocyanates, thiosulfates...) qui peuvent limiter les dégâts occasionnés par certaines maladies cryptogamiques. Associées à une anoxie plus ou moins poussée provoquée par l'enfouissement de la matière végétale puis par le bâchage, les molécules toxiques libérées exercent une double sélection sur la microflore du sol, inhibant certains micro-organismes parmi lesquels des agents pathogènes, et favorisant d'autres populations dont celle des bénéfiques.

Dans la famille des brassicacées, des variétés de moutarde brune semblent prometteuses pour la pratique de la biodésinfection car elles sont particulièrement riches en glucosinolates, précurseurs d'isothio- et thiocyanates, molécules volatiles et toxiques pour certains organismes du sol. Des résultats encourageants ont d'ores et déjà été obtenus contre la verticilliose, la fusariose, le corky-root et rhizoconia sur carotte.

Le but de cet essai est de comparer l'effet d'une moutarde brune riche en glucosinolates (variété Etamine) et d'un sorgho fourrager associés à une solarisation estivale, sur l'état sanitaire d'une culture de laitue.

**2- MATERIEL ET METHODES:**

**2.1 Dispositif expérimental :**

Site : Le dispositif expérimental est situé sur la station expérimentale du GRAB à Avignon (84), dans un tunnel (T4) sur lequel des problèmes de sclérotinia sur salade ont été marqués en hiver 2010.

Dispositif : essai à 2 modalités. Parcelles élémentaires de 8 x 25 = 200 m<sup>2</sup>. Pas de répétition

Modalités :

- Nord : moutarde brune Etamine + solarisation
- Sud : sorgho fourrager + solarisation

Les engrais vert (sorgho, semis 50 kg/ha, et moutarde, semis 10 kg/ha) ont été semés le 12 mai 2010 et broyés le 21 juin. Le moment du broyage a été décidé en fonction du stade de la moutarde brune : pleine floraison, premières siliques formées, où la concentration en sinigrine (glucosinolate) est maximale. L'enfouissement a été réalisé immédiatement après broyage avec un outil à disques puis la herse rotative sur 15 cm de profondeur.

La solarisation a été mise en place le 22 juin, après irrigation à la capacité de rétention du sol, et maintenue jusqu'au 13 octobre.

**2.2 Conditions de culture**

- Précédent : Salade hiver 2010
- Biodésinfection : été 2010
- Automne 2010 : culture de salade, plantation le 24/11/10, densité de plantation : 14 plants/m<sup>2</sup>, récolte le 4/03/11
  - o Est : batavia (variété Grinie, semences biologiques, Rijk Zwaan)
  - o Ouest : laitue (variété Astraca, semences biologiques, Enza Vitalis)

**2.3 Mesures et observations :**

**Mesures sur les engrais verts :**

- Développement et taux de recouvrement
- Rendement : mesures des biomasses fraîches et sèches sur 4 placettes de 1 m<sup>2</sup>

**Suivi solarisation :**

- Température du sol à 20 cm de profondeur : enregistrement automatique toutes les heures
- Mesures des concentrations en nitrates sur l'horizon 0-25 cm du sol en fin de solarisation

**Mesures sur salade :**

- Suivi sanitaire pendant la culture
- Évolution des teneurs en nitrates du sol sur 0-25 cm : mesures toutes les 3-4 semaines
- Observations des attaques de *Sclerotinia* en cours de culture (pourcentage de salades fondues)
- Résultats culturels
- Attribution d'une note d'intensité d'attaque (classe) de *Sclerotinia* à la récolte :

Classe	Symptômes
0	Salade saine : parage normal
1	Attaque faible, limitée au collet et aux feuilles de base (4 à 5 feuilles atteintes par le pathogène)
2	Attaque forte, nombreuses feuilles atteintes, salade non commercialisable (7 à 8 feuilles atteintes)
3	Salade non commercialisable : "fondue" ou parage excessif

**Tableau 1** : Description des classes de notation des attaques de *Sclerotinia* spp. à la récolte

### 3- RESULTATS - DISCUSSION

#### 3.1 Résultats sur les engrais verts

##### Développement des engrais verts, compétitivité face aux adventices :

Le sorgho fourrager et la moutarde brune se sont globalement bien développés. Le semis relativement précoce, et un printemps assez froid ont été favorables à la moutarde brune qui supporte mal la chaleur sous abri l'été (observations du GRAB sur 4 sites en 2009 pour des semis de fin juin). Ainsi, au moment du broyage, les plantes atteignent des hauteurs moyennes de 1,50 m pour la moutarde et 1,70 m pour le sorgho. Le développement des adventices est resté limité : seul du pourpier est présent, de façon plus importante dans le sorgho que dans la moutarde.

Signalons que la moutarde brune est sensible au *Rhizoctonia* : des attaques précoces ont occasionné des zones sans végétation dans la culture, et on retrouve, au moment du broyage, quelques plantes atteintes (sèches), réparties un peu partout dans la parcelle.

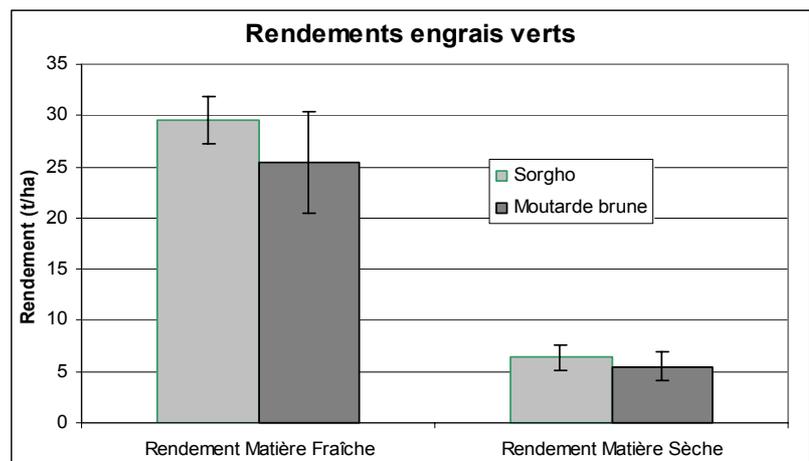
##### Rendement des engrais verts :



Dégâts de *Rhizoctonia* sur moutarde brune – 8 juin

Sorgho et moutarde brune avant broyage – 21 juin

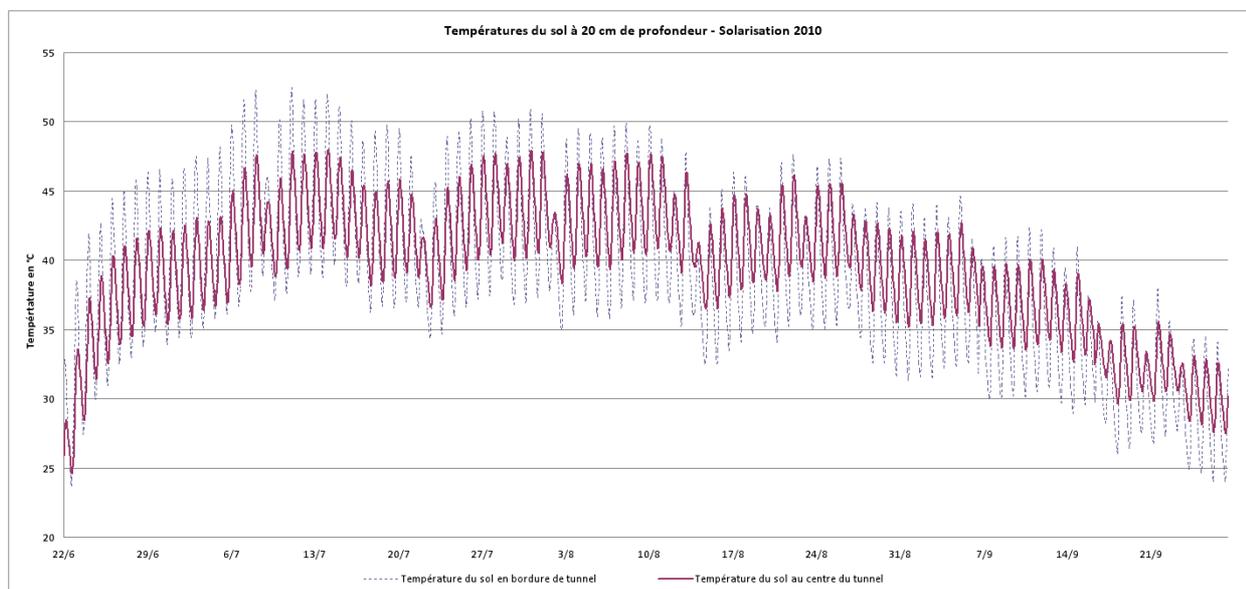
Les rendements moyens en matière fraîche sont assez proches, avec 29,5 t/ha pour le sorgho et 25,4 t/ha pour la moutarde brune. Les rendements en matière sèche le sont également, 6,4 t/ha pour le sorgho et 5,5 t/ha pour la moutarde brune, car les teneurs en matière sèche sont équivalentes, de l'ordre de 21% pour les 2 engrais verts. On remarque que les écarts-types sont plus importants pour la moutarde brune témoignant de la plus grande hétérogénéité de cet engrais vert, notamment due au *Rhizoctonia*.



**Graphique 1** : Rendements des engrais verts  
Test de Newman-Keuls non significatif au seuil de 5%

### 3.2 Résultats solarisation

Les températures du sol ont été mesurées à 20 cm de profondeur dès la pose du film de solarisation (le 22 juin) et jusqu'à fin septembre. Les sondes ont été installées selon deux positionnements : en bordure du tunnel (à 1 m des arceaux) et au milieu du tunnel (à 4 m des arceaux).



**Graphique 2 :** Températures du sol en bordure et au centre du tunnel – Solarisation 2010

Les températures du sol s'élèvent progressivement après la pose de la bâche. Les fluctuations journalières sont plus marquées en bordure qu'au centre du tunnel :

- en bordure du tunnel : les températures oscillent entre 29°C et 52,5°C en période estivale ;
- au centre du tunnel : les températures varient de 32,7°C à 48°C en période estivale.

Malgré ces amplitudes différentes de température, les températures minimales, maximales et moyennes sont proches entre ces deux positionnements (voir tableau 2 ci-dessous).

Températures du sol °C	En bordure du tunnel	Au milieu du tunnel	Moyenne
<b>Minimum</b>	<b>29</b>	<b>32,7</b>	<b>31</b>
<b>Maximum</b>	<b>52,5</b>	<b>48</b>	<b>50,3</b>
<b>Moyenne</b>	<b>40</b>	<b>40,6</b>	<b>40,3</b>

**Tableau 2 :** Températures minimales, maximales et moyennes au cours de la solarisation

La solarisation a été réalisée dans de bonnes conditions comme en témoignent les fréquentes montées en température au-delà de 40°C : le cumul d'heures où la température dépasse les 40°C est de 1091 heures en moyenne sur l'ensemble de la solarisation (voir tableau 3 ci-dessous).

Les pics de température sont atteints différemment selon l'emplacement dans le tunnel. Toutefois, ces pics sont majoritairement compris entre 40 et 45°C, avec de nombreuses montées dépassant les 45°C.

	En bordure du tunnel	Au milieu du tunnel	Moyenne
<b>Nombre d'heures avec T°C ≥ 40°C</b>	975	1207	1091
<b>Nombre d'heures avec T°C ≥ 45°C</b>	371	262	317

**Tableau 3 :** Cumul du nombre d'heures où les températures du sol atteignent les 40 ou 45°C durant la solarisation

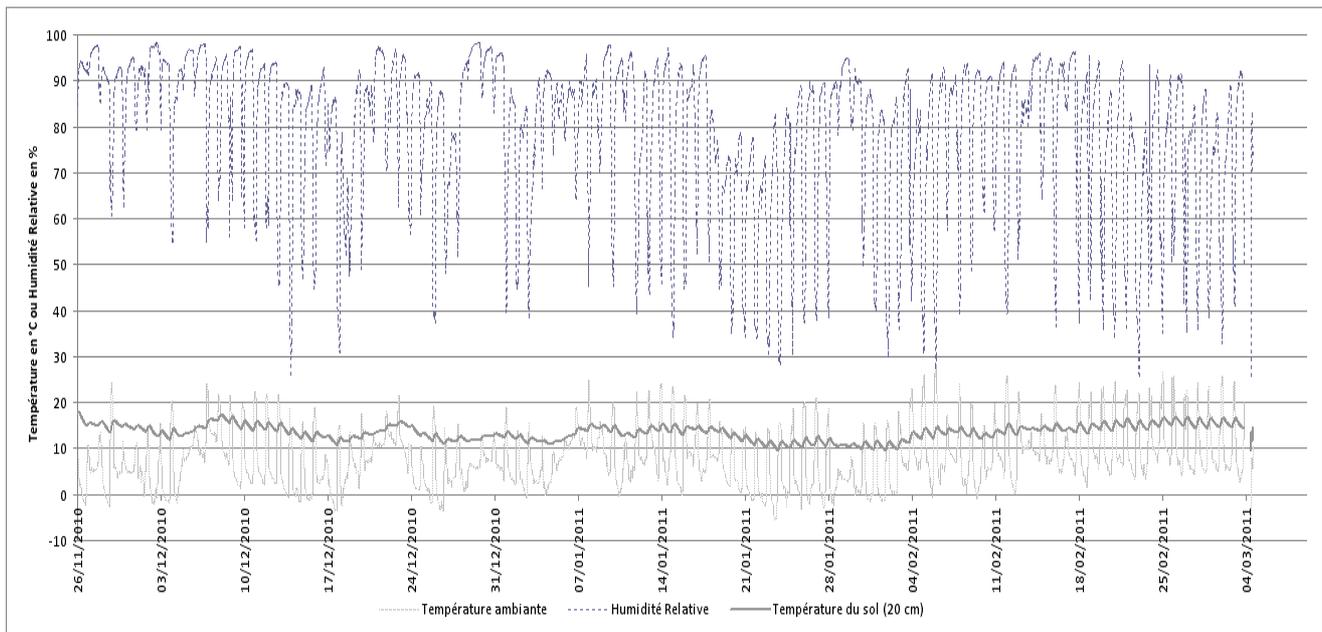
La disponibilité en azote est importante en fin de solarisation, et de façon plus prononcée à l'emplacement de la moutarde brune. Aucun apport fertilisant n'a été réalisé après solarisation.

Modalité	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)
Nord (Moutarde brune)	143
Sud (Sorgho)	106

**Tableau 4 :** Teneurs en nitrates sur 0-25 cm en fin de solarisation – 18 octobre 2010

### 3.3 Résultats sur la salade

#### Conditions climatiques

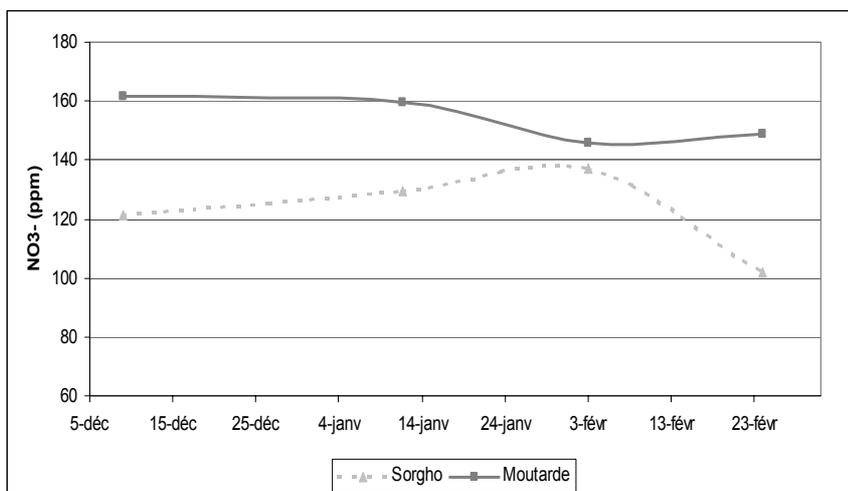


**Graphique 3** : Humidité relative et températures de l'air et du sol – Salade 2010/2011

Les conditions climatiques ont été fraîches pendant la culture de salade. Les gelées ont été fréquentes (28 jours au total) et sont apparues dès la plantation, avec des températures descendant jusqu'à  $-5^{\circ}\text{C}$ . Les températures en fin de culture ont été plus clémentes, avec des températures variant entre  $0^{\circ}\text{C}$  la nuit et  $25^{\circ}\text{C}$  le jour. La température du sol (à 20 cm de profondeur) est assez stable en cours de culture, oscillant autour de  $13^{\circ}\text{C}$ . L'humidité relative de l'air est importante la nuit (autour de 90%) et assez réduite le jour, surtout en fin culture où l'humidité de l'air avoisine les 30-40%.

Globalement, les conditions climatiques durant la culture de salade ont été peu favorables au développement de *Sclerotinia*. Des attaques précoces de mildiou (un mois après plantation) ont amené à limiter les arrosages, créant des conditions hygrométriques peu propices au *Bremia* mais également à *Sclerotinia*.

#### Evolution des teneurs en nitrates du sol sur 0-25 cm

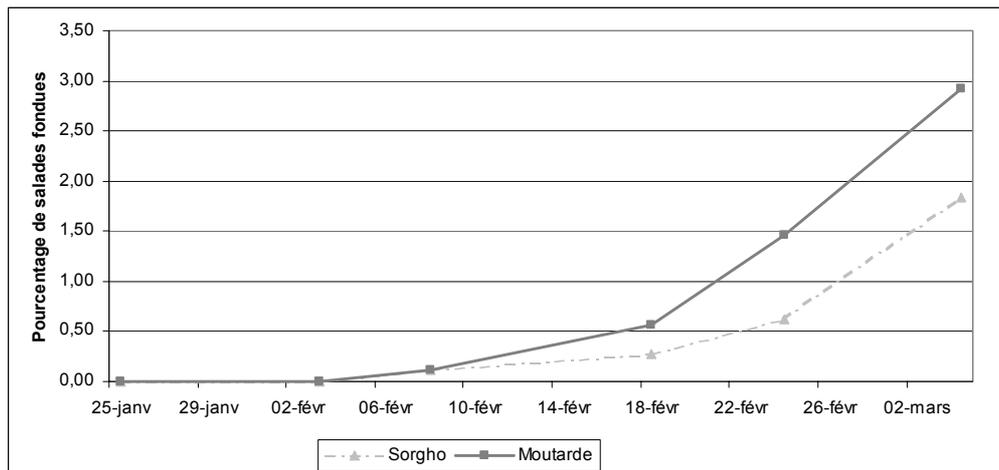


**Graphique 4** : Évolution de la teneur en nitrates du sol sur 0-25 cm – Salade 2010/2011

Les teneurs en azote nitrique du sol sont systématiquement plus importantes à l'emplacement de la moutarde. Cette différence est en effet maintenue de la mise en place de la culture de salade jusqu'à la récolte, mais elle n'est que ponctuellement significative au niveau statistique (uniquement au 9/12/10).

La différence de production de matière fraîche des engrais verts, au profit du sorgho, est peut-être à l'origine de cette observation. Il est possible en effet que le reliquat azoté soit plus important après la moutarde qu'après le sorgho.

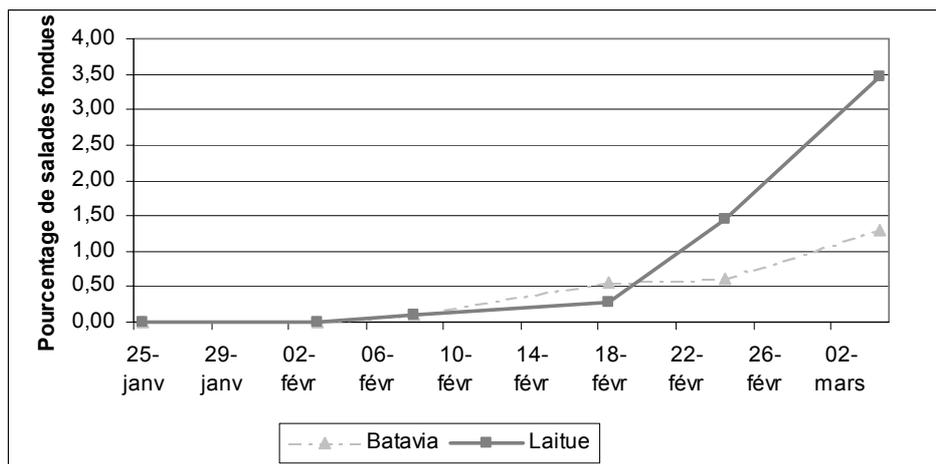
## Observations des attaques de *Sclerotinia* spp. en cours de culture



**Graphique 5** : Évolution des attaques de *Sclerotinia* en cours de culture - Salade 2010/2011  
Test de Newman-Keuls non significatif au seuil de 5%

Les premières fontes de salades dues à *Sclerotinia* ont été observées au 8/02/11, soit environ 2,5 mois après plantation. Globalement, les attaques de *Sclerotinia* ont été faibles jusqu'en fin de culture : la proportion de salades fondues n'excède pas les 3 %. Dans ces conditions, les attaques de *Sclerotinia* ne se distinguent pas statistiquement entre les deux modalités testées.

Malgré le faible niveau de pression en *Sclerotinia*, les salades expriment des niveaux de sensibilité différents à ce pathogène. Globalement et sur l'ensemble de la culture, la batavia subit en effet moins d'attaques que la laitue, mais cette différence ne se confirme statistiquement qu'à la dernière observation du 4/03/11 (Test de Newman-Keuls significatif au seuil de 5%).



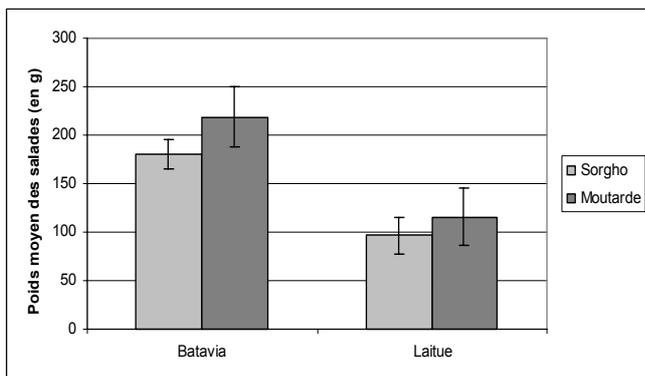
**Graphique 6** : Évolution des attaques de *Sclerotinia* en cours de culture - Salade 2010/2011

## Résultats culturaux et intensité des attaques de *Sclerotinia* en fin de culture

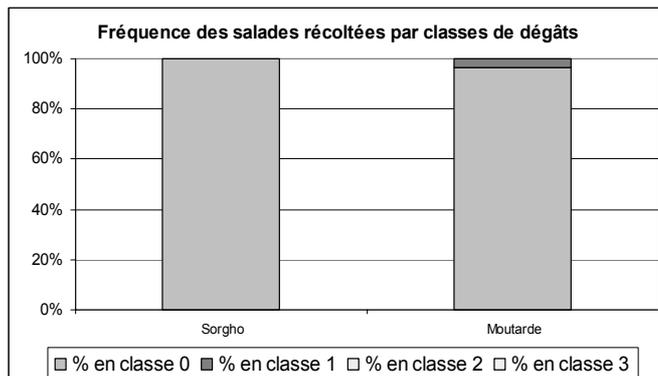
En plus de limiter les arrosages, des traitements au cuivre (3 au total) ont été réalisés afin de limiter les attaques de *Bremia*. Ces applications en conditions plutôt froides ont été néfastes au développement des salades qui ont présenté des blocages importants de croissance.

En effet, 3,5 mois environ après plantation (4 mars), le poids moyen des salades n'excède pas les 220g pour la batavia et 120g pour la laitue (Graphique 7), ce qui est en dessous du poids requis pour la vente (300/350g).

Pour des raisons de calendrier cultural (plantation de tomate prévue dans ce tunnel), nous n'avons pas pu attendre le stade optimal de maturité des salades. Nous avons donc dû anticiper les mesures finales.



**Graphique 7** : Poids moyen des salades – 4/03/11  
Test de Newman-Keuls non significatif au seuil de 5%



**Graphique 8** : Fréquence des salades récoltées par classe de dégâts – 4 mars 2011  
Test de Newman-Keuls non significatif au seuil de 5%

Au niveau des résultats culturaux (Graphique 7), les poids moyens atteints par les salades sont globalement supérieurs après la moutarde, certainement en lien avec une meilleure disponibilité en azote sur cette modalité. Toutefois, cette tendance ne se distingue pas statistiquement entre les modalités.

En ce qui concerne l'intensité des attaques en fin de culture (Graphique 8), il n'existe pas non plus de différence statistique entre les deux modalités testées.

Les salades présentaient peu de symptômes d'attaques : seulement 4 % des salades de la modalité moutarde présentaient quelques feuilles atteintes au niveau du collet, tout en restant commercialisables.

La grande majorité des salades n'ont en effet nécessité qu'un parage normal au niveau des feuilles basales, non lié à *Sclerotinia*, confirmant le faible niveau de pression en ce pathogène.

#### 4- CONCLUSION

Malgré la sensibilité de la moutarde à *Rhizoctonia*, cet engrais vert s'est bien développé dans cet essai grâce à un semis réalisé assez précocement dans des conditions printanières plutôt « fraîches ». Au moment du broyage, la biomasse (fraîche et sèche) produite par la moutarde a en effet été comparable à celle produite par le témoin sorgho.

La solarisation, qui a directement succédé le broyage des engrais verts, a été réalisée dans de bonnes conditions, avec de fréquentes montées en température au-delà de 40°C.

Toutefois, toutes les conditions n'ont pas été réunies dans cet essai. La pression en *Sclerotinia* a été faible cette année. Les conditions météorologiques durant la culture (nombreuses gelées), associées à une conduite du tunnel limitant les risques de propagation du *Bremia* (irrigation limitée), n'ont pas permis un niveau d'attaque de *Sclerotinia* suffisant pour évaluer l'effet des engrais verts sur ce pathogène. Il serait donc intéressant de renouveler cet essai dans des conditions de pression supérieures.

ANNEE DE MISE EN PLACE : 2010 - ANNEE DE FIN D'ACTION : non définie

ACTION : nouvelle  en cours  en projet

Renseignements complémentaires auprès de : H. Védie

GRAB BP 11283 - 84911 Avignon cedex 9 – tel : 04 90 84 01 70 – fax : 04 90 84 00 37 -e-mail : [helene.vedie@grab.fr](mailto:helene.vedie@grab.fr)

Mots clés du thésaurus Ctifl : *Sclerotinia* spp. - biodésinfection - engrais verts - solarisation

Date de création de cette fiche : mai 2011