

L'application des déchets traités de l'algue *Gelidium sesquipedale* dans la culture du Maïs

karima OUHSSINE*, Mohamed OUHSSINE et Mohamed ELYACHIOUI

Laboratoire de biotechnologie microbienne, Département de biologie, Faculté des sciences, Bp 133 Kénitra, Maroc

(Reçu le 02 Aout 2006, accepté le 17 Février 2007)

* Correspondance, courriel : K_ouhssine@yahoo.fr

Résumé

La présente étude concerne la valorisation des déchets de l'algue *Gélidium sesquipedale* dans la culture des plantes de Maïs.

Pour réaliser ce travail nous avons adopté un processus biotechnologique de traitement et de stabilisation de ces déchets, par la mise en œuvre des souches de deux bactéries lactiques et une levure sélectionnée grâce à leur pouvoir acidifiant, fermentatif et antibactérien. Le mélange d'une proportion convenable du ferment et de la source de carbone, permet une diminution du pH, l'augmentation de l'acidité, l'élimination des micro-organismes pathogènes, et la stabilité du produit fini utilisé ultérieurement comme fertilisant du sol. Au cours de la fermentation, la dégradation de la matière organique permet l'enrichissement du produit fini en éléments minéraux essentiels pour le développement des plantes.

L'étude de l'effet des déchets de l'algue traités sur la croissance des plantes est réalisée par épandage de trois quantités différentes, (10t/ha, 20t/ha, 40t/ha) dans des bassins d'une superficie de 0.1256 m² comparés avec un témoin traité uniquement avec de l'eau. L'ensemble a été ensemencé par des graines de Maïs, et arrosé chaque 15 jours.

Les résultats obtenus montrent que, plus la quantité d'algue ajoutée augmente, plus le développement des différentes parties de la plante (la longueur, le diamètre des tiges, et le nombre des feuilles) augmente. Il en va de même du rendement. Le rendement en graines de maïs est de (16.32 t/ha), (9.55 t/ha) et (4.74 t/ha) respectivement pour 40 t/ha 20 t/ha et 10 t/ha. Pour sa part, le témoin a un rendement de 2.54 t/ha.

Mots-clés : *Gélidium sesquipedale*, valorisation biologique, bactéries lactiques, levure.

Abstract

Valorization of waste of the *Gelidium sesquipedale* alga in the culture of the Corn plants

The present study relates to the valorization of waste of the *Gelidium sesquipedale* alga in the culture of the Corn plants. To complete this work we adopted a biotechnological process of treatment and stabilization of this waste, by the setting in oeuvre of the stocks of two bacteria lactic and yeast selected thanks to their capacity acidifying, fermentative and antibacterial. The mixture of a suitable proportion of the leaven and source of carbon, allows a reduction in the pH, the increase in acidity, the elimination of the pathogenic micro-organisms, and the stability of the finished product used later on like fertilizer of the ground. During fermentation, the degradation of the organic matter allows the enrichment of the finished product in essential biogenic salts for the development of the plants.

The study of the effect of waste of the alga treated on the growth of the plants is carried out by spreading of three different quantities, (10t/ha, 20t/ha, 40t/ha) in basins of a surface of 0, 1256 m² compared with a witness only treated with water. The unit was seed seeds of, and then sprinkled each 15 days. The results obtained show that, plus the quantity of added alga increases, plus the development of the various parts of the plant (the length, the diameter of the stems, and number it sheets) increases, and more the output too. The Corn seed yield is from (16.32 t/ha), (9.55 t/ha) and (4.74 t/ha) respectively for 40 t/ha, 20 t/ha and 10 t/ha. For its part, the witness has an output of 2.54 t/ha.

Keywords : *Sesquipedalian Gélidium, biological valorization, lactic bacteria, yeast.*

1. Introduction

L'agriculture biologique est un système de production qui veille à la préservation et la protection de la santé, l'agrosystème, y compris la biodiversité, ainsi que les cycles biologiques et les activités biologiques du sol. Les algues sont utilisées comme fertilisant dans le domaine agricole depuis long temps. Ainsi des recherches ont montrés que ces algues sont capables de fournir une solution naturelle aux problèmes de déficiences des sols en élément minéraux, et de fournir les hormones de croissances indispensables pour le développement des plantes terrestres, [1,2].

Des essais sont menés sur un champ de pomme de terre fertilisé exclusivement par un mélange d'algues (*Halydris silicosa*, *Laminaria hyperborea*, *Fucus vesiculosus*, *Fucus spiralis*, *Fucus serratus*, *Gelidium sesquipedale*, *Enteromorpha intestinalis* et *cystoseira*

baccata). Le champ estensemencé avec des pommes de terre de variété Kennebec, et traité avec trois quantités différentes du mélange d'algues: 20t/ha, 40t/ha, 80 t/ha, et fertilisation classique avec des engrais chimiques, et un témoin représentant le sol non traité [3].

Les résultats obtenus montrent que l'ensemble des lots fertilisés avec des algues présente une production de pomme de terre supérieure à celle du témoin et du lot fertilisé chimiquement. Non seulement le poids de la récolte totale est supérieur, mais le nombre de pomme de terre par lot est également amélioré.

L'un des articles décrit l'effet d'un extrait commercial de l'algue brune *Ecklonia maxima* d'Afrique du Sud (Kelpak) en termes de développement de racines sur des boutures de conifères. Des concentrations variées de Kelpak sont appliquées sur la base de bouture de *Pinus patula* pendant différentes durées (1 h, 6 h et 24 h), puis les boutures sont mises à pousser dans un milieu spécifique [4]. Le traitement est opéré sur des boutures d'été et d'automne. Les effets sur la série d'été sont peu visibles, alors qu'ils sont très nets sur la série d'automne. Les meilleurs résultats sont obtenus à partir de concentrations moyennes de Kelpak (1:10), pendant des durées d'applications modérées de 1 h à 12 h. Dans ces conditions, le pourcentage de formation des racines et la qualité de ces racines dépassent le témoin. Des observations anatomiques confirment la fonctionnalité des connexions vasculaires établies entre la bouture et les racines formées.

Une étude similaire menée par [5], utilisant l'extrait d'algue brune *Laminaria Digitata* sur des échantillons de blé a montré que cet extrait a un meilleur effet sur la croissance de cette céréale par rapport au témoin traité uniquement par de l'eau. Cette application foliaire de l'extrait a provoqué une augmentation du rendement en poids sec de l'ensemble de la plante (tige, racine) de 125 % (LE=LD) par rapport au témoin. De même cette augmentation en poids sec, est accompagnée par une augmentation des entrenœuds et du nombre de feuilles. Les mêmes résultats ont été enregistrés chez la tomate lors de l'application de l'extrait de *Laminaria digitata*.

L'objectif de ce travail est la détermination de la qualité fertilisante des déchets issus d'algue traitée, dans la culture des plantes de maïs au niveau des bassins expérimentaux, dans la perspective de réaliser ce test dans le champ.

2. Matériel et méthodes

Les déchets de l'algue *Gelidium sesquipedale* sont récupérés de l'industrie d'extraction d'agar-agar de kénitra (**Figure 1**).

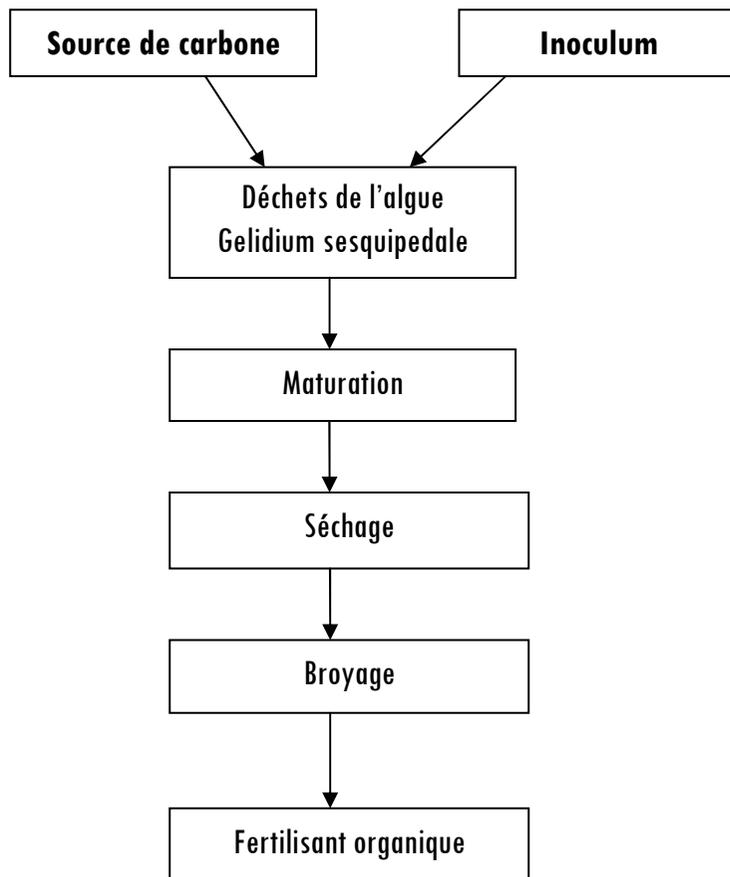


Figure 1 : *Processus de traitement des déchets de l'algue rouge Gelidium sesquipedale*

3. Fermentation des déchets de *Gelidium sesquipedale*

3-1. Choix des agents de fermentation

Le choix des agents de fermentation est basé sur leur pouvoir acidifiant, fermentaire et antibactérien. Pour ce faire nous avons déterminé le pH et l'acidité des souches pures isolées de différents biotopes.

Les bactéries lactiques et la levure sont isolées et purifiées à partir du lait de vache et la mûlasse. Les milieux de cultures utilisés sont le MRS pour les bactéries lactiques et le semi-synthétique solide pour la levure. La souche est présumée pure après quatre repiquages successifs.

3-1-1. Mesure du pH

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH mètre type CONSORT. Les valeurs sont prises directement dans le milieu de culture liquide.

3-1-2. Mesure de l'acidité

L'acidité est déterminée par titrage de 10ml de la culture pure, par une solution alcaline (NaOH) N/9, en présence de phénol phtaléine comme indicateur coloré. L'évaluation numérique est obtenue par l'application de la formule suivante. Utiliser un éditeur mathématique pour écrire la formule :

$$\% \text{ d'acide lactique} = \frac{\text{Vol. (NaOH)} (\text{N.aOH}) (\text{poids d'acidelactique}) * 100}{1000 (\text{masse de l'échantillon})}$$

3-1-3. Test antibactérien

L'effet antibactérien des bactéries lactiques sélectionnées est vérifié sur les souches pathogènes *E.coli*, *klebsiella*, *Staphylocoques*, et *Streptocoques*.

La méthode utilisée pour la mise en évidence de cette activité est celle de diffusion sur milieu gélosé, le (PCA) (5g/L et 15g d'agar-agar).

Les techniques utilisées sont celles des puits (*Tortorano et al 1979*). Les souches de bactéries lactiques sont cultivées dans le milieu MRS liquide pendant 24 h à 30°C, puis centrifugées à 1200t/min pendant 10 min. Le surnageant obtenu est imbibé avec du coton stérile. Ce dernier est déposé dans les puits du milieu PCA préalablement inondés par les souches pathogènes sus-citées. L'incubation a été réalisée à 30°C pendant 18 à 24h.

3-2. Déroulement de la fermentation

Les déchets de l'algue sont traités avec 20 % d'une source de carbone et du ferment lactique. L'incubation est effectuée à température ambiante, l'agitation est assurée manuellement pour éviter le dépôt de la source de carbone. Au cours de la fermentation, des échantillons sont prélevés pour déterminer le pH et l'acidité.

3-3. Application agronomique

Pour déterminer la qualité fertilisante des déchets de l'algue *Gelidium sesquipedale* traités ainsi que leurs effets sur la croissance végétale, et le rendement, nous avons ensemencé quatre bassins d'une superficie de 0,1256 m² par des grains de Maïs et épandé avec trois quantités différentes de déchets d'algue traités, 10t/ha, 20t/ha, et

40t/ha. Le quatrième bassin est considéré comme témoin traité uniquement avec de l'eau.

Les plantes sont irriguées une fois par 15 jours où sont prises les mesures de la longueur, le diamètre de la tige, et le nombre des feuilles.

Le rendement est obtenu après trois mois de culture.

4. Résultats et discussion

4-1. Traitement des déchets de l'algue par fermentation

4-1-1. Le choix des agents de fermentation

Parmi les 10 souches de bactéries lactiques, nous avons sélectionné deux bactéries. Ces dernières sont qualifiées de performantes, grâce à leur pouvoir acidifiant fermentaire et antibactérien. Le **Tableau 1** montre que toutes les bactéries ont un pouvoir acidifiant, mais les souches A6 et A7 se singularisent par un métabolisme très particulier. Elles se distinguent par la rapidité de diminuer le pH du milieu de culture de 6.4 à 3.6 pour la souche lactique A6 et à 3.8 pour A7 au bout de 24h. Ces valeurs sont diminuées d'avantage après 48h. Le pH a atteint 3.5 et 3.4 respectivement pour les souches A6 et A7. Pour l'amélioration de la qualité technologique du produit de fermentation, nous avons utilisé une souche de levure qui diminue elle aussi le pH à 4.4 après 48h d'incubation (**Tableau 2**).

Tableau 1 : pH et acidité de dix souches de bactéries lactiques 0, 12 et 24 heures après culture sur milieu MRS liquide à 30°C avec un pH initial de 6,4.

Souche	Biotope	Genre	pH après 24 h	Acidité après 24 h (% d'acide lactique)	pH après 48 h	Acidité après 48 h (% d'acide lactique)
A1	mélasse	<i>Lactobacillus</i>	4.6	0.79	4.1	0.94
A2	mélasse	<i>Lactococcus</i>	4.5	0.85	4.0	0.90
A3	lait de vache	<i>Lactobacillus</i>	4.7	0.95	3.8	1.20
A4	lait de vache	<i>Lactobacillus</i>	4.4	0.85	3.7	1.23
A5	lait de vache	<i>Lactobacillus</i>	4.6	0.92	4.3	1.02
A6	lait de vache	<i>Lactococcus</i>	3.6	1.40	3.5	1.61
A7	jus de fraise	<i>Streptococcus</i>	3.8	0.92	3.4	1.63
A8	jus de fraise	<i>Lactococcus</i>	4.4	0.60	4.2	0.70
A9	jus de fraise	<i>Streptococcus</i>	4.3	0.86	4.1	1.06
A10	jus de fraise	<i>Streptococcus</i>	4.2	0.75	3.9	1.01

Tableau 2 : pH et acidité de huit souches de levures 0, 12 et 24 heures après culture sur milieu PDA à 30 °C avec un pH initial de 6,4.

Souche		Genre	pH après 24 h	Acidité après 24 h (% d'acide lactique)	pH après 48 h	Acidité après 48 h (% d'acide lactique)
L1	levure traditionnelle.	<i>Saccharomyces</i>	5.8	0.18	5.3	0.26
L2	mélasse	<i>Candida</i>	5.2	0.26	4.5	0.31
L3	mélasse	<i>Candida</i>	5.9	0.08	5.6	0.18
L4	mélasse	<i>Candida</i>	6.4	0.16	6.8	0.06
L5	lait de vache	<i>Candida</i>	5.5	0.24	5.4	0.25
L6	lait de vache	<i>Candida</i>	6.1	0.15	5.3	0.25
L7	lait de vache	<i>Candida</i>	5.3	0.22	6.3	0.17
L8	lait de vache	<i>Candida</i>	5.6	0.20	5.4	0.26

4-1-2. L'effet antibactérien

Les bactéries lactiques produisent une large gamme de substances antimicrobienne, des acides organiques, des diacétyles, et des bactériocines de nature protéiques [6].

La propriété de ces substances pour les bactéries lactiques destinée à la fermentation est apparaît très important, car elle permet l'élimination des micro-organismes pathogènes qui peuvent nuire au déroulement du processus de la fermentation et à la stabilité du produit fini. L'étude de l'activité antibactérienne des souches A7 et A8 montre qu'ils ont un effet inhibiteur sur la croissance des souches *E. coli*, *Klebsiella*, et *staphylocoque*.

Cet effet est mis en évidence par la mesure de l'étendu de l'inhibition développé sur la boîte de pétrie autour du puits renferme la souche lactique.

La zone d'inhibition est caractérisée par l'absence de développement d'aucune bactérie et ayant un aspect très clair. Pour la souche A6 : la zone d'inhibition est de 1.6 cm sur *E. coli*, 2.5 cm sur *Staphylocoque* et d'environ 1,7 cm sur *Klebsiella*. Pour la souche A7 : la zone d'inhibition est de 2.1 cm sur *E. coli*, (2.7 cm) sur *Staphylocoque* et d'environ 2.4 cm sur *Klebsiella*.

4-1-3. Essai de fermentation

L'utilisation d'une source de carbone et du ferment approprié a permis une meilleure évolution de la fermentation. Sur le **Tableau 3**, le pH diminue dès les premiers jours de la fermentation. Celui-ci a passé de 7.07 au niveau de la matière première à 4.86 après 5 jours de la fermentation. L'acidité a augmenté de 0.029 % à 0.2 %.

Après le 10^{ème} jour, le pH continu à baisser jusqu'à une valeur de 4.24, la plus faible valeur de 3.9 est atteinte après le 15^{ème} jour de la fermentation.

Tableau 3 : *Évolution du pH et de l'acidité au cours de la fermentation des déchets de Gelidium sesquipedale.*

Jours	pH	Acidité (% d'acide lactique)
1	7.1	0.03
5	4.9	0.20
10	4.2	0.38
15	3.9	0.59

4-1-4. L'essai de fertilisation

Le teste de fertilisation est effectué sur quatre bassins traités avec trois quantités de déchets d'algue, 40t/ha, 20t/ha, 10t/ha et un témoin traité uniquement avec l'eau.

Les résultats obtenus montrent que les bassins épandus avec les déchets de l'algue *Gelidium sesquipedale* présentent une meilleure croissance par rapport au témoin traité uniquement avec de l'eau.

On a remarqué également que, plus la quantité d'algue ajouté augmente plus la croissance de l'ensemble de la plante (feuille, longueur de la tige, diamètre de la tige) augmente également. La meilleur croissance est obtenu au niveau du bassin traité avec 40t/ha d'algue, la longueur moyenne totale des plantes a atteint 82.89 cm par rapport à celui du témoin (47.15 cm) (**Figure 2**). De même pour le diamètre des tiges et du nombre des feuilles, où les valeurs enregistrées sont respectivement 3cm et 10 feuilles pour la quantité 40t/ha de déchets de d'algue contre 1.4 cm et 6 feuilles pour le témoin (**Figures 3 et 4**).

Pour les quantités 20t/ha et 10t/ha, nous avons obtenu la même moyenne totale du diamètre de la tige (2 cm), alors que la longueur des plantes est de 83 cm et 77 cm respectivement. Pour le nombre des feuilles, nous avons marqué 9 feuilles pour 20t/ha et 8 feuilles pour 10t/ha.

Pour confirmer ces résultats, nous avons refait le même test avec la fève, et nous avons obtenu une interprétation qui coïncide avec celle du Maïs.

4-2. Le rendement

Pour évaluer le rendement, on s'est basé sur le nombre et le poids des graines après 3 mois de culture (méthode).

On remarque que le rendement varie proportionnellement avec la quantité de déchets d'algue ajoutée. Le rendement le plus élevé est obtenu avec 40t/ha de déchets par

rapport à ceux de 20t/ha 10t/ha et du témoin. Pour le nombre des graines nous avons obtenu respectivement : 41480891.7, 29060509.6, 19745222.9, 12101910.8 graine par ha, tendit que le poids a donné (16.32t/ha) pour 40t/ha 9.55t/ha pour 20t/ha et 3.74t/ha pour 10t/ha, alors que le témoin n'a donné que (2.54t/ha).

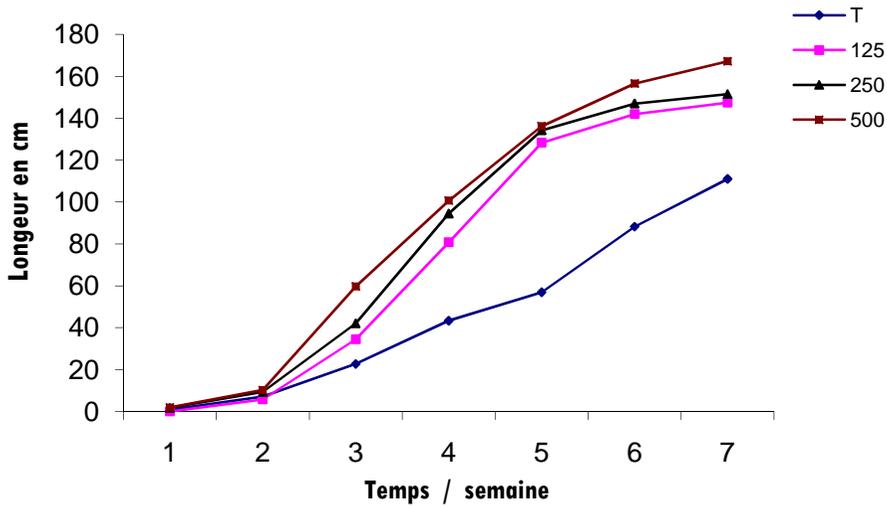


Figure 2 : *Variation de la longueur des plantes de Maïs en fonction du temps*

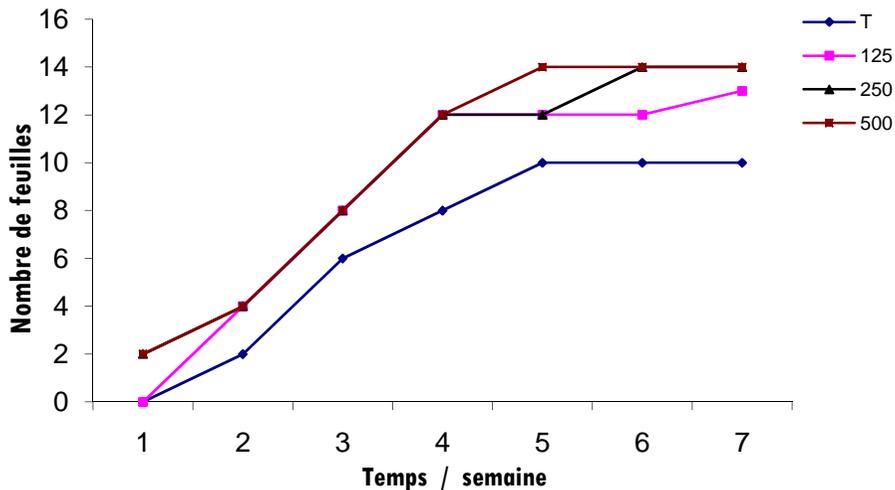


Figure 3 : *Variation du nombre des feuilles des plantes de Maïs en fonction du temps*

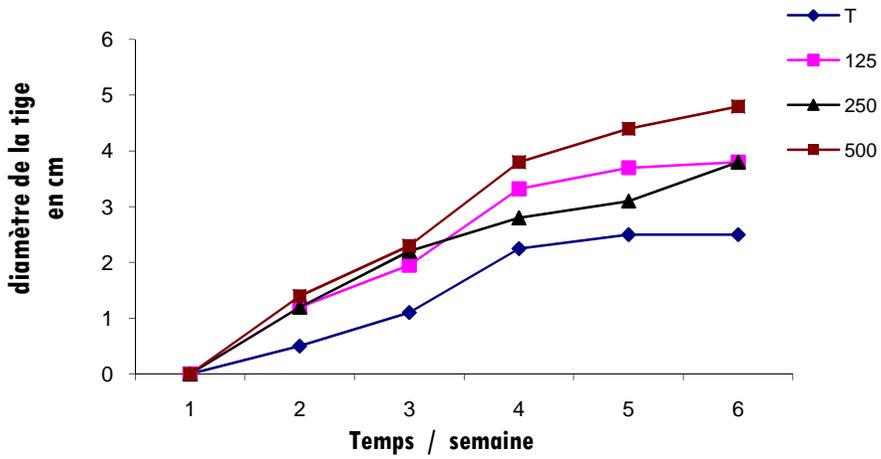


Figure 4 : Variation du diamètre de la tige des plantes de Maïs en fonction du temps



Photo 1 : *Témoin*



Photo 2 : *10 t/ha de déchets de Gelidium sesquipedale*



Photo 3 : 20 t/ha de déchets de *Gelidium sesquipedale*



Photo 4 : 40 t/ha de déchets de *Gelidium sesquipedale*

V. Conclusion

L'étude que nous avons entamée a permis de préciser que le choix des souches performantes est très important pour le bon déroulement de la fermentation.

Nous avons révélé un caractère très important chez les souches lactiques constituant le ferment qui est la capacité de produire des substances antibactériennes, testé sur trois types de bactéries pathogènes : *E. coli*, *staphylocoque*, et *klepsiella*.

L'utilisation des déchets d'algues comme fertilisant a entraîné une croissance très importante des cultures de Maïs par rapport au témoin, permettant ainsi une croissance racinaire importante et également celle de la partie aérienne qui se constate par le nombre des feuilles, le diamètre et la longueur des tiges et le rendement. Ces résultats confirment la possibilité d'une exploitation de cette algue dans le domaine agricole en plus de celui de l'extraction de l'agar-agar.

Références

- [1] - A. HUSSAIN, and A. D. BONEY. Isolation on kiniting-like substances from *Laminaria digitata*, *Nature (London)* 223 (1969) 504-505
- [2] - R. C. JENNINGS, Cytokinins as endogenous growth regulators in the algae *Ecklonia* (Pheophyta) and *Hypnea* (Rhodophyta), *Aust. J. Biol. Sci.* 22 (1969) 621-627
- [3] - M. E. LOPEZ-MOSQUERA, and P. PAZOS. Effect of seaweed on potatoes yields and soil chemistry, *Biological Agriculture and Horticulture*, (14) (1997) 199-206.
- [4] - W. A. STRIRK et J. VAN STADEN Screening of some south-African seaweeds for cytokinin-like activity, *S. Afr. J. Bot.*, 63(3) (1997) 161-164.
- [5] - MOUJAHID. Contribution à l'étude de la valorization des algues marines dans les domaines agricoles alimentaires et pharmacologiques. *Thèse d'Etat Fac. Sci. Rabat* (2003) 134p
- [6] - R. W. JACK, J. R. TAGG et B. RAY. "Bacteriocins of Gram-Positive Bacteria", *Microbial. Reviews*, 59 (1995) 171-200.