



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE ABBES LAGHROUR –KHENCHELA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

Département : Biologie Moléculaire et Cellulaire

Mémoire

Présenté Pour l'obtention du Diplôme de
Master académique

FILIERE : Biologie

OPTION : Microbiologie générale et Biologie moléculaire

Thème

Aptitude de biodégradation de certains pesticides

Par des Actinomycètes halophiles isolés

D'écosystèmes sahariens

Présenté par :

Kaddache Khawla

Kob Ahlem

Soutenu le : 05/06/2016

Jury de soutenance

Président : Dellaa Y.

M.A.A Université Abbes Laghrou –Khenchela

Encadreur : Bensouici K.

M.A.A Université Abbes Laghrou –Khenchela

Examineur: Boutarfa S.

M.A.A Université Abbes Laghrou –Khenchela

Promotion : 2015-2016

*Laboratoire où entreprise le travail : Laboratoire des sciences de la nature et de la vie de
l'Université d'Abbes LAGHROUR-Khenchela*



Remerciements

Nous tenons avant tout à remercier DIEU tout puissant, pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donnée durant ces années d'étude, afin que nous puissions arriver là.

Le travail présenté dans ce mémoire a été réalisé dans le laboratoire de Biologie à L'institut des sciences de la nature et de la vie de l'Université d'Abbes LAGHROUR Khenchela.

Nous adressons nos plus vifs remerciements à notre encadreur M^{me} BENSOUICI K, maitre assistante classe A à l'université d'Abbes LAGHROUR Khenchela pour son enthousiasme, sa disponibilité et le soutien qu'elle nous a apporté lors de la préparation de ce mémoire. Un grand merci, pour les conseils qu'elle nous a donné tout le long de notre recherche. Nous avons particulièrement apprécié la liberté qu'elle a laissé à ces étudiants.

Nos remerciements et notre sincère gratitude s'adressent à Madame DALAA.Y maitre assistante classe A à l'université d'Abbes LAGHROUR Khenchela pour avoir accepté de présider notre jury.

Nous remercions également Melle BOUTARFA. S maître assistante classe A à l'université d'Abbes LAGHROUR Khenchela qui nous a fait l'honneur d'examiner notre mémoire.

Finalement, nous remercions Mr BEN GHANEM pour son aide, ses encouragements et ses conseils, toute l'équipe du laboratoire de la Biologie et plus particulièrement Melle Bourakba SOUAD et toute personne ayant contribué de près ou du loin à la réalisation de ce travail.



Dédicaces



Je remercie tout d'abord mon Dieu de m'avoir donné courage, patience et conscience afin de bien rédiger ce modeste travail

Je dédie ce travail à

Mon père BELGACEM, pour ses encouragements incessant et son soutien moral aux moments difficiles qui furent pour moi les meilleurs gages de réussite. Qu'il trouve dans ce travail la preuve modeste d'une reconnaissance infinie et d'un profond amour

Mon adorable mère SALIHA, qui est toujours présente à coté de moi, merci Mam pour tes sacrifices afin que tes enfants grandissent et prospèrent. Que dieu te protège et te donne santé et je te serai reconnaissante toute ma vie.

Mes charmantes sœurs WAHIBA, IMANE, MOUNA et RAHMA, Pour leur soutien moral, et leur encouragement incessant pendant ce travail

A mes chers frères KARIM et IDRIS, pour leur gentillesse et confiance

A mes collègues MOKADEM et ZINE ELABIDINE pour ces bons conseils

A tous mes Amis FAHIMA, HABIBA, ALIMA, AMIRA, AHLEM, FADIA

A tous ceux que j'aime

♪ KHAWLA.K ♪

Introduction

L'utilisation abusive non contrôlée et sur de grandes étendues des produits phytosanitaires en agriculture a engendré la contamination des différents segments de l'environnement. Ces molécules sont susceptibles de quitter leurs sites d'application et sont alors considérées comme des micropolluants dans les différents compartiments environnementaux. Du fait de leur écotoxicité, de leur potentiel de bioaccumulation, et de leurs actions endocriniennes, ces molécules présentent un risque pour les environnements telluriques, aquatiques, atmosphériques, sur la faune et la flore (**Cuppen *et al.*, 2000**).

Le sol est un environnement où cohabitent les racines des végétaux, les animaux et les microorganismes, c'est un assemblage complexe de substances minérales et organiques, de gaz et d'eau, à l'intérieur duquel se déroulent simultanément des phénomènes de dégradation et de synthèse. A cause de son hétérogénéité, il abrite des populations de microorganismes à des particularités biologiques et biochimiques très diverses. Les microorganismes présents dans le sol sont impliqués dans le recyclage de nombreux éléments chimiques (carbone, azote, phosphore, soufre, du fer et d'autres), L'activité de ces populations est cependant influencée par divers facteurs : température, pH, profondeur du sol, humidité et présence des substances organiques et inorganiques. Plusieurs activités microbiennes concernent la dégradation d'autres composés chimiques comme les xénobiotiques et ceux ayant un rôle important dans la solubilisation des composants organiques et inorganiques inaccessibles aux plantes (**Goerlits *et al.*, 1985**).

Parmi les xénobiotiques, les pesticides forment un groupe très important, incluant différents produits largement utilisés en agriculture : herbicides, insecticides, fongicides et nématicides. Ces molécules sont utilisées par l'homme afin de protéger les plantes cultivées et les produits récoltés des attaques de champignons parasites, d'insectes, d'acariens, de rongeurs champêtres ou encore à détruire les adventices ou « mauvaises herbes ». Au cours des dix dernières années, et suite à l'utilisation intensive des pesticides, des chercheurs ont imaginé divers procédés d'élimination de cette pollution, Parmi eux les traitements biologiques (biorémediation) sont susceptibles d'offrir un avantage économique important comparé aux procédés physico-chimiques classiques, souvent plus complexes dans leur réalisation et souvent onéreux (**Callahan *et al.*, 1982**).

Divers microorganismes, notamment différentes espèces d'actinomycètes présentent des capacités de biodégradation de plusieurs de ces molécules même celles réputées non biodégradables (**Mc Carthy *et al.*, 1992**). Cette fonction de biodégradation des actinomycètes est due à la variété d'enzymes qu'elles peuvent synthétiser. Ces bactéries doivent être cependant, dotées d'une diversité biochimique et surtout physiologique très importante afin de s'adapter aux sites les plus variés. Les actinomycètes provenant des niches et écosystèmes arides, ont prouvé qu'ils possèdent des aptitudes d'adaptations très développées. L'utilisation de ces bactéries pourvues de ces systèmes d'adaptations sont des candidats potentiels pour les techniques de bioremédiation des sites pollués les plus divers. (**Lopes *et al.*, 1999**).

Ainsi, l'objectif principal de ce travail est d'étudier le rôle des actinomycètes halophiles et halotolérantes, isolés à partir des sols Sahariens de la région d'El-Oued à dégrader certains pesticides très utilisés en agriculture Algérienne. Pour atteindre cet objectif, nous nous sommes assignés d'étudier la capacité d'une collection d'actinomycètes (15 souches) à utiliser trois insecticides et un herbicide comme seule source de carbone et d'énergie.

I : Les pesticides

1. Définition des pesticides

Un pesticide est toute substance ou mélange de substances chimique utilisée pour lutter contre les organismes nuisibles, qui portent atteinte aux ressources végétales ou animales, nécessaires à l'alimentation humaine ou bien pour la protection des végétaux. Ces produits, sont également appelés produits phytosanitaires (Rhone, 2007).

Les produits phytosanitaires regroupement des composés organiques et inorganiques à action plus ou moins spécifiques et sont divisés en trois catégories principales :

- ✓ Les fongicides : dont le but est d'éviter le développement de champignons ;
- ✓ Les insecticides : dont le but est de lutter contre le parasitage d'insectes ;
- ✓ Les herbicides : dont le but est d'éliminer une concurrence herbacés

(Weiss *et al.*, 2004).

Selon la réglementation et la directive européenne 91/414/CE du juillet 1991 concernant la mise sur le marché de produits phytosanitaires << la substance active >> et les préparations contenant une ou plusieurs substances actives qui sont présentes sous la forme dans laquelle elles sont livrées à l'utilisateur et qui sont destinées à :

- ✓ protéger les végétaux ou les produits végétaux contre tous les organismes nuisibles ou a prévenir leur action;
- ✓ exercer une action sur les processus vitaux des végétaux, pour autant qu'il ne s'agisse pas de substances nutritives (par exemple, les régulateurs de croissance) ;
- ✓ assurer la conservation des produits végétaux, pour autant que ces substances ou produits ne fassent pas l'objet de dispositions particulières du Conseil ou de la Commission concernant les agents conservateurs ;
- ✓ détruire les végétaux, parties de végétaux, freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux. Par une action chimique ou biologique (Clavet *et al.*, 2005 et Prove *et al.*, 2007).

2. La classification des pesticides

Les pesticides sont classés en plusieurs catégories : d'après leurs propriétés chimiques, d'après les cibles visées, d'après les milieux ou d'après leur mode d'action (Clavet *et al.*, 2005).

2.1. Classification selon les propriétés chimiques

Cette classification permet de distinguer les pesticides selon les groupements chimiques qui les composent et qui permettront ainsi une meilleure compréhension de leur devenir dans les milieux (Clavet *et al.*, 2005).

2.1.1. Les pesticides inorganiques :

Ils sont peu nombreux mais certains sont utilisés en très grandes quantités comme le soufre et le cuivre. Se sont aussi des pesticides très anciens et dont l'emploi est apparu bien avant les débuts de la chimie organique de synthèse (Clavet *et al.*, 2005).

2.1.2. Les pesticides organométalliques

Ce sont des fongicides dont la molécule est constituée d'un métal et d'un anion organique dithiocarbamate, tels que le mancozèbe (avec le zinc) et le manèbe (avec le manganèse) (Clavet *et al.*, 2005).

2.1.3. Les pesticides organiques

Ces pesticides représente la catégorie la plus importante et la plus importante et la plus nombreuse, et appartiennent à diverses familles chimiques. Ils sont répartis en deux groupes : les pesticides de synthèse et les pesticides naturels, d'origine animale, végétale ou microbienne. Les propriétés d'un pesticide dépendent de son groupe fonctionnel et de l'existence de motifs moléculaires particuliers. Celles qui sont basées sur un groupe principal d'atomes et celles qui sont caractérisées par des atomes particuliers ou des groupes secondaires d'atomes (Clavet *et al.*, 2005). On peut citer : les acides carboxyliques, les carbamates, les hétérocycles azotés (triazines, pyrimidine et bipyrimidium), les dérivés organophosphorés, les azoles, les pyétrinoides et les sulfonylurées (Clavet *et al.*, 2005).

2.2. Classification selon l'organisme ciblé

.La plupart des pesticides peuvent être regroupés selon la cible qu'ils visent (Tab.1)

Tableau 1 : Catégorie des pesticides selon les cibles visées [1]

Exemples de cibles	Cibles visées	Catégorie
*Phytopte de l'érable *Tétranique du palmier	Acariens	Acaricide
moineau, étourneau	Oiseaux	Avicide
* <i>Tilletia cries</i> causant la carie du blé * <i>Phytophthora infestans</i> , agent du mildiou de la pomme de terre * <i>Venturia inaequalis</i> causant la tavelure du pommier	Champignons microscopiques causant des maladies des plantes	Fongicide
*Chénopode *Chiendent *Folle avoine,	Végétaux herbacés	Herbicide
*Blatte *Punaise *Doryphore de la pomme de terre *Pucerons ; ver de la pomme	Insectes	Insecticide
*Escargot *Limace	Mollusques terrestres	Molluscicide
* <i>Meloidogyne hapla</i> causant la nodosité des racines chez la carotte	Nématodes causant des maladies des plantes	Nématicide
*Arbre à grand deployment	Espèces végétales herbacées et ligneuses	Phytocide
*Meunier noir	Poissons	Piscicide
*Rat *Souris	Rongeurs	Rodenticide

2.3. Classification selon les milieux

Les pesticides sont utilisés dans plusieurs domaines d'activité pour lutter contre les organismes vivants nuisibles d'où des usages différents. Il existe six catégories de pesticides classés selon leur usage (selon la destination des traitements).

- ✓ **En agriculture** pour la protection des récoltes et les sols par des fongicides, des herbicides, des insecticides ou des acaricides (**Clavet et al., 2005**).
- ✓ **Dans les locaux de stockage des produits végétaux** par des insecticides ou des fongicides (**Clavet et al., 2005**).
- ✓ **Dans les bâtiments d'élevage** surtout par des insecticides et des bactéricides (**Clavet et al., 2005**).
- ✓ **En zones industrielles et touristiques** surtout par des herbicides pour désherber les voies de circulation routières et ferrées, les aires d'aéroport et industrielles (**Clavet et al., 2005**).

- ✓ Dans l'agglomération par des insecticides (démoustication) des rodenticides (dératisation), des fongicides ou des bactéricides (Clavet et al., 2005).
- ✓ Pour l'hygiène humaine et vétérinaire par des insecticides, des fongicides ou des acaricides (Clavet et al ,2005).

2.4. Classification selon le mode d'action

Les herbicides, les fongicides et les insecticides peuvent être désignés selon leur mode d'action sur les organismes indésirables (Tab.2)

Tableau 2 : Mode d'action de quelques pesticides [2]

Herbicide	Mode d'action
Agit sur les parties de la plante avec lesquelles il entre en contact à action foliaire ou racinaire	De contact
Absorbé par la plante, se déplace à l'intérieur de celle-ci	Systemique
Ne contrôle que certaines plantes parmi celles qui sont traitées	Sélectif
Contrôle toutes les plantes traitées	Non-sélectif
Se dégrade lentement et contrôle les plantes pour une longue période	Résiduaire
Est rapidement inactif après son application et ne contrôle les plantes que sur une courte période	Non-résiduaire
Fongicide	
Protège la plante en empêchant que la maladie se développe	Préventif
Réprime une maladie qui est déjà développée	Curatif
Insecticide	
Agit lorsque l'insecte entre en contact avec le produit	De contact
Agit lorsque l'insecte respire le produit	D'inhalation
Agit lorsque l'insecte se nourrit du produit	D'ingestion

3. Formulation des pesticides

Les pesticides sont disponibles en différentes formulations. Ils peuvent se présenter sous forme solide, liquide ou gazeuse. Certains produits sont mis en marché prêts à l'emploi, c'est-à-dire qu'ils ne nécessitent aucune préparation avant l'application (Fayomi, 1999).

Tableau 3: Différentes formulations des pesticides(Clavet *et al.*, 2005).

Exemples de formulations	Prêt à l'emploi ou non préparé
Forme solide	
Appât	Prêt à l'emploi
Poudre	Prêt à l'emploi
Poudre mouillable	Non préparé
Forme liquide	
Aérosol	Prêt à l'emploi
Concentré émulsifiable	Non préparé
Solution	Non préparé
Forme gazeuse	
Fumigant	Prêt à l'emploi

4. Les pesticides sources de pollution

L'utilisation systématique des pesticides en agriculture va de paire avec la prise en conscience croissante des risques qu'ils peuvent générer sur l'environnement, voir pour la santé de l'homme et de l'animal. De ce fait, ces molécules s'infiltrant dans la nature lors de leur vaporisation sur les cultures à traiter, ainsi la nature se retrouve infectée par ces molécules chimiques qui ne tardent de toucher l'organisme humain et animal (**Perez, 2009**).

4.1. Dispersion des pesticides dans l'atmosphère

Les pesticides entrent dans l'atmosphère par deux mécanismes principaux qui sont la dérive au moment des applications, sous l'effet du vent et de la chaleur, et la volatilisation à partir des sols traités. La volatilisation peut survenir à la surface des plantes et/ou par érosion éolienne sous forme adsorbée sur les poussières de sols traités. Selon les propriétés de la molécule, l'état du sol et les conditions climatiques, la volatilisation peut se poursuivre pendant plusieurs jours, semaines ou mois. Les pesticides peuvent aussi être entraînés par le ruissellement de l'eau de pluie dans les eaux et rivières, et ensuite se volatiliser dans l'atmosphère (**Perez, 2009**).

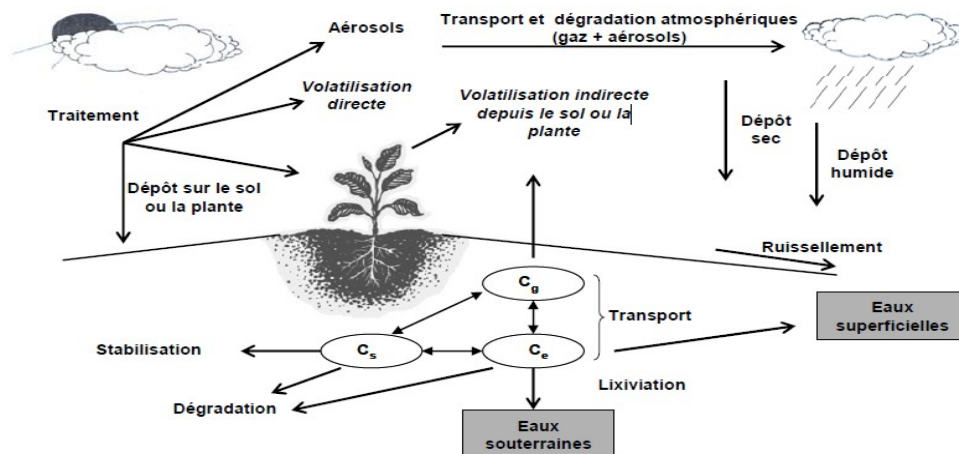


Figure 1 : Voies de dispersion et de transfert des pesticides dans l'environnement (Drurart, 2012).

4.2. Dégradation des pesticides

La dégradation est la transformation du pesticide provoquant des modifications de sa structure moléculaire avec l'apparition de métabolites. Ces transformations contribuent à diminuer la quantité de matière active dans le sol et donc à réduire les risques de pollution. Ainsi, dès leur application les pesticides subissent des processus biotiques ou abiotiques qui conduisent à leur dégradation plus ou moins complète. Ces mécanismes se produisent dans l'air, le sol, l'eau et les sédiments.

Le principal processus de dégradation biotique des pesticides est assuré par les organismes biologiques de la microflore du sol (bactéries, champignons, algues, levures...), essentiellement dans les premiers centimètres du sol. Toutes les transformations biotiques n'aboutissent pas cependant à des molécules inorganiques et peuvent se terminer par la formation d'un métabolite qui n'est pas dégradé. La principale dégradation d'ordre physique (abiotique) est la photo-décomposition par les rayonnements ultraviolets. Ce processus peut avoir lieu dans l'atmosphère, dans l'eau à la surface du sol et des plantes (Marin, 2009).

4.3. Impacts des pesticides sur l'environnement et les êtres vivants

Plus de 25% à 75% des pesticides initialement destinés aux cultures se retrouvent dans l'air que nous respirons et ce par le biais de plusieurs procédés. Les sols, les surfaces hydrauliques, mais surtout l'atmosphère sont ainsi contaminés par les pesticides. Dès lors, La pollution de ces espaces

engendrent des conséquences sur la santé des animaux mais surtout sur celles des hommes (**Cellier, 2004**).

4.4. Impacts des pesticides sur l'eau

L'agriculture est la principale source d'apports de produits phytosanitaires à l'environnement, même s'il ne faut pas négliger les sources d'origines industrielles ou urbaines. Lorsque les pesticides sont libérés dans l'environnement, ils peuvent contribuer à deux formes de pollution ; soit la pollution ponctuelle par exemple du tuyau d'un système urbain de captage des eaux d'où se déverse à un endroit précis une eau contaminée par des pesticides, soit la pollution diffuse qui découle essentiellement des pratiques agricoles, et transfert de produits lors de la parcelle suite à un événement pluvieux qui peut conduire à la contamination du milieu aquatique par exemple. Le phénomène d'érosion d'une terre agricole provoque en outre le ruissellement des pesticides sur le sol (**Cellier, 2004**).

4.5. Impacts des pesticides sur l'air

Bien que la plupart des pesticides soient peu volatils, certains disséminés dans l'atmosphère sur de grandes surfaces et pendant de longues périodes, peuvent être retrouvés à grande distances de leurs points d'application. En effet ces produits phytosanitaires peuvent se répandre dans l'air ambiant suivant deux phénomènes de diffusion :

a) La volatilisation : C'est la transformation des solides ou des liquides en gaz. Ce processus peut disperser une grande partie du produit épandu dans l'atmosphère. Ce mouvement est appelé dérive gazeuse. C'est le déplacement aérien des gouttelettes de produit phytosanitaire vaporisées lors du traitement des cultures. Ce phénomène peut entraîner les pesticides sur de grandes distances. La dérive gazeuse de : la taille des gouttelettes (plus celles-ci sont petites, plus elles seront entraînées), la vitesse du vent, la distance entre la buse de vaporisation et la plante. La dérive peut contaminer de grandes zones autour des sites traités (**Cellier P,2004**).

b) L'érosion : De nombreux pesticides sont absorbés par le sol compte tenu de leur propriété physico-chimique. Dès lors ces pesticides sont arrachés du sol par les vents transférés par l'atmosphère. Du fait que ce phénomène est présent dans les régions ventées ou sur les sols laissés à nue durant une très

longue période, il est considéré comme une voie de transfert non significative (Cellier P,2004).

4.6. Impacts des pesticides sur le sol

Lors de la pulvérisation des pesticides, plus de 90 % des quantités utilisées de pesticides n'atteignent pas le ravageur visé. Bien au contraire, la part primitive de ce traitement aboutit dans les sols où elle subit plusieurs altérations. Dès lors,

Les sols constituent un compartiment clé dans l'environnement, car ils sont un lieu de passage quasi-obligé du contaminant agricole lors de son transfert et ils jouent un rôle important dans son devenir. D'ailleurs, le devenir de ces produits phytosanitaires dans le sol est variable en fonction de leur nature et de leur composition chimique et les risques pour l'environnement sont d'autant plus grands que ces produits sont toxiques utilisés sur des surfaces et à des doses/fréquences élevées et qu'ils sont persistants et mobiles dans les sols; ainsi, ils sont soit, dégradés par les microorganismes ; ou par hydrolyse, ou adsorbés par les sédiments ou bien absorbés par les racines des plantes (Fig.2) (Cellier,

2004).

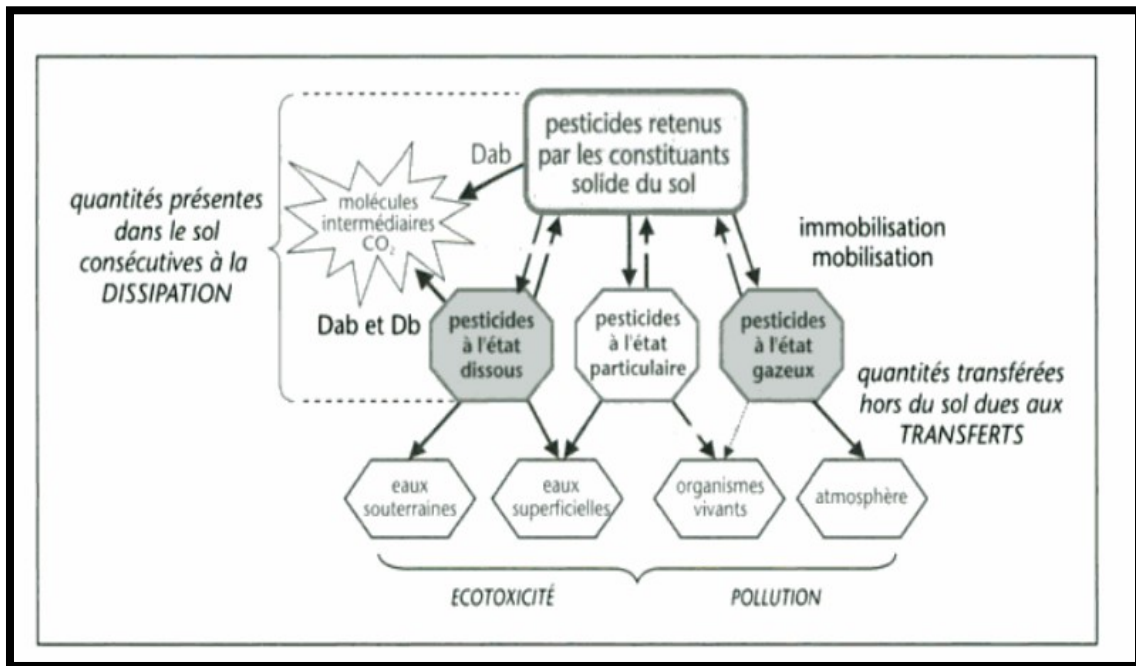


Figure 2 : L'approche globale du devenir des pesticides dans le sol (Cellier, 2004).

4.6.1. Action du sol sur la dynamique et le devenir des pesticides

De sa position entre l'atmosphère et les eaux souterraines, le sol joue un rôle très important dans le devenir des polluants d'origines industrielles (hydrocarbures, métaux ...) et agricoles (engrais, pesticides...) .Il constitue un lieu d'accumulation des pesticides (Flogea, 2004) et occupe une position centrale dans la régulation de leur devenir dans l'environnement (Laure et al., 2011).

Dans le sol, ces produits subissent divers processus tels que la volatilisation, les transformations chimiques et microbiennes et les phénomènes d'adsorption-désorption sur les constituants du sol. Ainsi, le devenir des pesticides dans l'environnement est gouverné par les processus de rétention,

Transport et dégradation (Gagnom, 2001) liés généralement à quatre facteurs : climat, sol, propriétés moléculaires et pratiques agricoles (Clavet et al., 2005).

4.6.2. La rétention des pesticides dans le sol

C'est un phénomène qui signifie la capacité du sol à garder et immobiliser plus ou moins longtemps les pesticides ou leurs sous produits (dissous ou à l'état gazeux) (Fig. 3). La rétention est due à des phénomènes physicochimiques et biologiques (Clavet *et al.*, 2005).

a) La rétention physicochimique

Elle se déroule à l'interface liquide-solide. Elle résulte soit, de la succession d'un phénomène de transport (par diffusion moléculaire phase liquide immobile « a ») ou par diffusion moléculaire et convection (phase liquide mobile « b ») dans les pores, et d'un phénomène d'association avec la phase solide « c » : l'adsorption ou la stabilisation chimique, elle peut se dérouler par diffusion moléculaire dans les nanopores « d », c'est la stabilisation physique (Clavet *et al.*, 2005).

b) La rétention biologique

Elle résulte de la succession d'un phénomène de transport, soit d'adsorption par organismes vivant « f » ou de transport et de biosorption « e » par des interactions physiques avec les parois des microorganismes du sol et des racines (Clavet *et al.*, 2005).

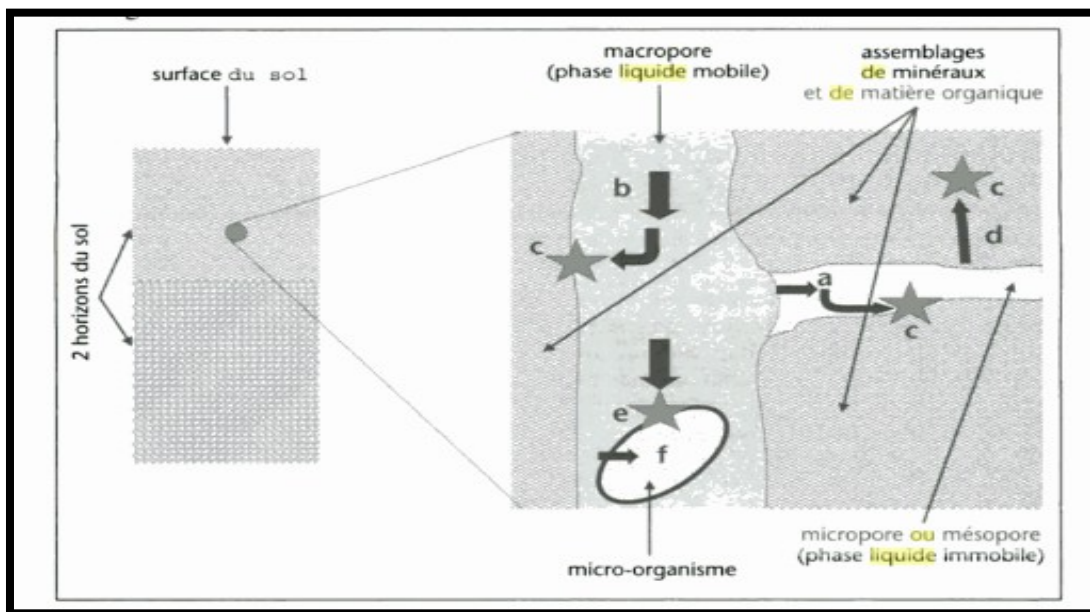


Figure 3 : Représentation schématique de la rétention des pesticides (Clavet *et al.*, 2005).

c) L'adsorption et la désorption des pesticides

L'adsorption correspond à la rétention d'un composé à l'interface liquide-solide, gaz-solide ou à l'interface gaz-liquide, particulièrement due à la matière organique pour les molécules non ionisées et aux substances humiques et aux minéraux argileux pour les molécules ionisées (**Noumeur, 2008**). L'adsorption et la désorption sont les processus dynamiques très importants dans le devenir des pesticides dans le sol. Elles déterminent leur accumulation à l'interface de deux phases non miscibles (à l'interface liquide-solide du sol est la mieux connue et la plus importante dans les sols cultivés (**Gagnom, 2001**)).

4.6.3. La volatilisation des pesticides

Les pesticides sont transférés sous forme gazeuse à travers l'interface sol-air par des processus physico-chimiques, c'est le phénomène de volatilisation. Celle-ci joue un rôle important dans le sort des résidus de pesticides dans les écosystèmes selon certaines conditions du milieu (**Gagnom, 2001**).

4.6.4. La dégradation des pesticides dans le sol

Dans les sols, les pesticides subissent des processus de dégradation qui est considéré comme le principal phénomène responsable de la dissipation et l'élimination de ces produits dans les milieux naturels. La vitesse de dégradation est déterminée par la durée de demi-vie des pesticides. Elle dépend de sa structure moléculaire, du sol et du climat (**Benmehdi, 2008**). La dégradation est le résultat de nombreuses transformations chimiques qui modifient la composition et la structure des pesticides (**Clavet et al., 2005**). On distingue deux types de dégradation :

a) La Dégradation abiotique

La dégradation abiotique des pesticides est due à des réactions sans l'intervention des systèmes enzymatiques, tels que : les réactions d'oxydation, de réduction, d'hydrolyse et de photo réactions (**Clavet et al., 2005**), ou des réactions initiées soit par des espèces chimiques réactives soit par des catalyseurs tels : les oxydes de métaux (**Gagnom, 2001**).

b) Dégradation biotique

Les pesticides dans les écosystèmes terrestres et aquatiques sont dégradés à l'aide des interventions des enzymes et des divers organismes vivants (bactéries et champignons) en aérobie ou en anaérobie (**Gagnom, 2001**).

4.6.5. Le transport des pesticides dans le sol

Dans le sol ou sur le sol, les pesticides se déplacent sous l'effet de nombreux phénomènes de transport sur des distances et de vitesses très variables tels :

a) La diffusion moléculaire

Ce phénomène correspond à un déplacement du pesticide de la zone où sa concentration est élevée vers la zone où elle est moins élevée (**Barriuso et al., 2005**).

b) La convection

Le transport des pesticides se fait au moyen du seul déplacement d'une phase liquide : l'eau du sol. Ce type de transfert obéit aux lois qui régissent l'écoulement de l'eau dans le sol. Le transport des pesticides concerne généralement les espèces dissoutes mais peut également avoir lieu quand les molécules sont associées aux colloïdes du sol (particules de 1 nm à 1µm de taille comprenant les argiles, et la biomasse microbienne) (**Barriuso et al., 2005**).

4.7. Impacts des pesticides sur la biodiversité

La biodiversité contribue au bon fonctionnement global des écosystèmes et des processus naturels tels que la qualité de l'air, la régulation climatique, la purification de l'eau, la lutte contre les parasites et les maladies, la pollinisation. Depuis la révolution industrielle, l'homme traite les ressources naturelles comme si elles étaient infinies et nous conduit à un taux actuel d'extinction des espèces mille fois plus élevé que le niveau jugé naturel (**Echode, 2010**).

4.7.1. Les effets des pesticides sur la faune et la flore sauvages

Ce sont surtout des espèces au sommet de la chaîne alimentaire (mammifères, oiseaux), qui témoignent des problèmes posés par les pesticides. Mais les animaux les plus touchés sont les insectes (comme les abeilles et papillons) et les animaux à sang froid (comme les reptiles et les amphibiens) (**Echode, 2010**).

a) Les effets directs des pesticides

Les effets directs des pesticides sur les êtres vivants non ciblés sont de différentes natures : mort subite, mort prématurée, atteinte à la fertilité, malformations, baisse des défenses immunitaire (**Echode, 2010**).

b) Les effets indirects des pesticides

Des effets indirects s'observent également sur la faune et la flore sauvage:

- ✓ La réduction des disponibilités alimentaires pour les animaux d'espèce supérieure. L'on observe par exemple en France une diminution de la population d'hirondelles de fenêtre qui s'explique par la destruction illégale des nids mais aussi et surtout, pour ces purs insectivores, par le manque de nourriture suite à l'usage massif des insecticides
- ✓ La contamination de la chaîne alimentaire. En effet, la consommation répétée de proies intoxiquées conduit à la concentration de certains pesticides non biodégradables dans l'organisme des prédateurs, qui s'intoxiquent à leur tour (**Echode, 2010**).

4.8. Impacts des pesticides sur la diversité microbienne

Les produits phytosanitaires parviennent jusqu'au sol et touchent les bactéries, les champignons, les algues, les vers de terre et les insectes. Cela peut avoir un effet nocif sur la fertilité du sol. En effet, Les traitements phytosanitaires répétés provoquent aussi un appauvrissement, moins visible mais bien réel, de la microfaune et de la flore microbienne des sols, diminuant ainsi leur fertilité (**Marin, 2009**). Les effets des pesticides sont très divers et affectent plusieurs fonctions de la microflore des sols (Tab.4).

Tableau 4 : Effets des pesticides (herbicides) sur la microflore du sol (**Marin, 2009**)

Pesticide	Effet	Références citées par les auteurs
Dalapon	Inhibition de la dénitrification	Grant et Payne, 1982
Simazine	Augmentation des bactéries aérobies fixatrices d'azote et diminution des bactéries anaérobies	Kaiser <i>et al.</i> , 1970
Pyrazone, atrazine, linuron	Diminution de l'activité et des populations d'algues et de bactéries	Hauke-Pacewiczowa, 1971
Trifluraline	Réduction de la nodulation des légumineuses mais pas d'effets sur les rhizobiums	Brock, 1972
Chlorprophame	Inhibition de la croissance des actinomycètes	Taha <i>et al.</i> , 1972
Diquat	Inhibition de la fixation d'azote par les bactéries non symbiotiques	Atkinson, 1973

4.9. Impact des pesticides sur la santé de l'homme

Les pesticides peuvent être toxiques pour l'homme. Ces produits phytosanitaires peuvent être aisément absorbés par les voies orales, cutanées et respiratoires au cours des pulvérisations. L'exposition à travers la peau est fréquente et souvent insoupçonnée chez les manipulations. La plupart des pesticides peuvent en effet être absorbés par la peau en quantité suffisante pour que se produisent des intoxications systémiques, en plus des effets dermatologiques. L'absorption par voie orale (volontaire) provoque une intoxication aiguë qui se manifeste généralement peu de temps après l'absorption d'une dose élevée. L'intoxication chronique (ou la toxicité à long terme) survient par suite de l'absorption répétée de faibles doses de pesticides (dans l'eau ou dans les aliments par exemple). Plusieurs enquêtes à travers le monde ont montré qu'une grande partie de la population mondiale est fortement contaminée par des pesticides ou par leurs résidus qui se concentrent plus particulièrement dans les

graisses, à des teneurs de plus en plus importantes, au fur et à mesure qu'ils remontent la chaîne alimentaire (**Bouvier, 2005**).

II : Les Actinomycètes

1. Généralités

Le terme actinomycète a été utilisé pour la première fois par Bollinger, en 1877, pour désigner l'agent responsable d'une maladie du bétail. L'agent étiologique des actinomycoses, précédemment décrit par Harz sous forme de grains parasites, a été isolé par Israël en 1879 qui décrit l'aspect clinique de la maladie (**Sanglier et Trujillo, 1997**). Etymologiquement, le mot actinomycète a été dérivé des mots grecs « Aktis » qui veulent dire rayon et « mykes » qui veut dire champignon. Les actinomycètes ont été considérés comme un groupe intermédiaire entre bactéries et champignons. Maintenant, ils sont reconnus comme des organismes procaryotes.

Les actinomycètes sont des bactéries filamenteuses, fragmenté ou non, ramifiées, à coloration de Gram positif. La morphologie des différents groupes d'actinomycètes est très variable, elle va de formes peu évoluées comme *Mycobacterium*, à des formes très évoluées comme le genre *Streptomyces* qui forme un véritable mycélium non fragmenté et sporulant (**Smaoui, 2010**). Les actinomycètes ont longtemps été considérés comme des champignons primitifs, du fait de leur mycélium, souvent à la fois aérien et pénétrant dans le substrat nutritif, et un cycle de développement très apparent (**Horinouchi, 2002**). La structure chimique de leur paroi cellulaire des actinomycètes ne renferme ni chitine ni cellulose mais une glycoprotéine contenant de la lysine (formes fermentatives) ou de l'acide diaminopimélique (formes oxydatives) et leur cytologie est celle des bactéries. Ces caractères s'ajoutent à d'autres comme la sensibilité à des Actinophages et à des antibiotiques antibactériens (**Mariat et Sebald, 1990**).

D'autre part les actinomycètes sont le groupe microbien le plus important si l'on considère sa production d'antibiotiques. Ces bactéries ont une proportion de (G+C%) élevée (>55 mol %) (**Madigan H. et al., 2007**). Lorsque les actinomycètes croissent sur un substrat solide comme la gélose, le réseau ramifié d'hyphes formé par les actinomycètes se développe à la fois à la surface du substrat et à l'intérieur de ce dernier pour former le mycélium végétatif. Des septums divisent habituellement les hyphes en longue cellules (>20um) contenant plusieurs nucléoides. Parfois, il se forme une masse ressemblant à un tissu qui porte le nom du thalle. Cela explique leur dénomination par le mot « actinomycète

» qui signifie « champignons à rayons » ou « champignons rayonnants » (**Basilio, 2003**). En culture liquide sans agitation, les hyphes formés après la germination des spores montent en surface pour croître en contact de l'air (**Keulen et al., 2003**).

Cependant, en milieu liquide avec agitation, il n'y a pas de formation du mycélium aérien ni de spores (**Keulen et al., 2003**). La majorité des actinomycètes croient dans des conditions humides mais aérobies et peuvent se développer dans des endroits où l'activité de l'eau (A_w) est très basse (**Goodfellow et Williams, 1983**). Ils sont hétérotrophes, leur croissance est plus lente (7 à 28 jours) que celle des autres bactéries (24 heures) (**Andriambololona, 2010**). Les facteurs importants contrôlant l'abondance et l'activité des actinomycètes dans le sol sont : la disponibilité des nutriments, la nature et l'abondance de la matière organique, la salinité, la teneur en humidité relative, la température, le pH et la végétation du sol (**Goodfellow et Williams, 1983**).

Les actinomycètes ont une importance pratique considérable. Ce sont, essentiellement, des habitants du sol et ils sont très largement distribués. Ils peuvent dégrader un nombre et une variété énormes de composés organiques et ils sont extrêmement efficaces pour la minéralisation de la matière organique (**Basilio, 2003**). Les actinomycètes produisent la plupart des antibiotiques naturels utilisés en médecine (**Birch, 1990**). Bien que beaucoup d'actinomycètes soient des micro-organismes vivant librement, quelques uns sont pathogènes chez l'homme, les animaux et certains végétaux (**Birch, 1990**).

2. Morphologie

La morphologie des différents groupes d'actinomycètes varie de simples bacilles diphtéroïdes à des formes mycéliennes complexes (**Gottlieb, 1973**). Certains peuvent présenter un mycélium se développant sur et dans les milieux : mycélium végétatifs, ou de substrat constitué par des hyphes, qui pénètrent dans le milieu ou se propagent à sa surface (**Michel et al., 1995**). Cette formation montre la capacité des actinomycètes à dégrader la matière organique insoluble grâce à leurs enzymes extracellulaires (**Locci, 1976**). La plupart des actinomycètes sont immobiles. Toutefois certains types produisent des spores flagellées permettant leur dispersion dans les habitats aquatiques (**Djabbalah, 2010**). Le diamètre des hyphes, habituellement de 0,5 à 1 μ m (**Eunice, 1983**) et

deux à dix fois plus petit que celui des champignons (de 2 à 5 μm) (**Gottlieb, 1973**). Le mycélium de ces bactéries présente une grande diversité de morphologie. Les colonies formées par les actinomycètes sur des milieux solides présentent différents aspects macroscopiques qui peuvent être regroupés en trois types :

- a) Des colonies poudreuses habituellement couvertes d'hyphes aériens fermement attachés au milieu (Fig.4) ;
- b) Des colonies pâteuses, rugueuses ou lisses et rarement couvertes de mycélium aérien et qui peuvent être facilement détachées des milieux solides ;
- c) Des colonies exemptes de mycélium de substrat et se composent d'hyphes aériens attachés au milieu par des crampons (**Klakoutsakii et al., 1976**).

Ces colonies sont généralement de taille moyenne (1 à 4 mm). Elles sont très souvent pigmentées en blanc, crème, jaune, orange, vert, violet, rose, gris, noir,...etc (**Leclerc, 1975**).

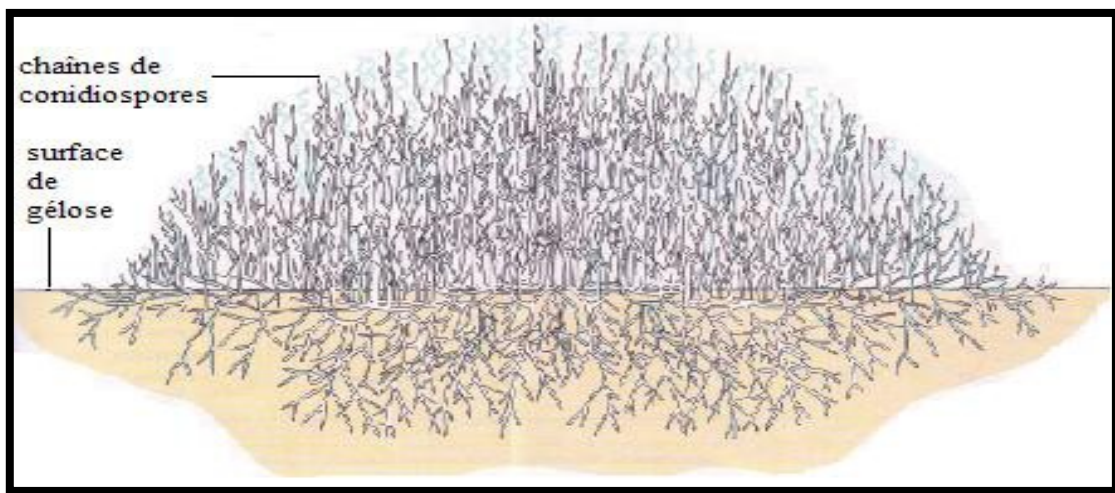


Figure 4 : Coupe transversale d'une colonie d'actinomycète avec des hyphes vivants (bleu-vert) et morts (blancs). La figure montre le mycélium végétatif et le mycélium aérien avec des chaînes de conidiospores (**Prescott et al., 2008**).

En milieu solide, une différenciation morphologique est donc observée (formation du mycélium aérien) tandis qu'en milieu liquide, les cellules se développent uniquement sous forme de mycélium primaire, même si de très rares *Streptomyces* peuvent sporuler dans cet environnement donc la différenciation est généralement physiologique (**Smaoui S., 2010**).

Les *Streptomyces* peuvent présenter, trois types de morphologie (Fig.5) :

- des hyphes branchés ou non, sous forme de mycélium dispersé.
- un mycélium plus ramifié formant des enchevêtrements.
 - ✓ des pelotes denses dont la taille peut varier de 0,1 µm à plusieurs millimètres. Ces pelotes peuvent donner lieu à des limitations de transfert d'oxygène et/ou des Nutriments du milieu de culture vers les bactéries se trouvant à l'intérieur de la pelote (Silini S., 2011).

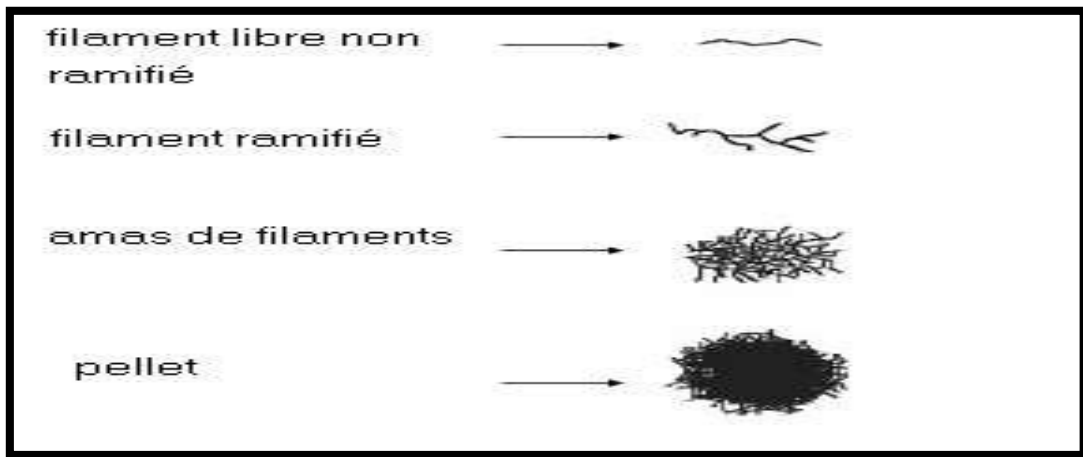


Figure 5 : Les classes morphologiques de *Streptomyces olindensis* cultivés en milieu liquide (Aouar, 2012).

3. Classification des actinomycètes

Les Actinomycètes sont divisés en plusieurs genres en fonction d'un ensemble de caractères morphologiques et chimiotaxonomiques (Prescott, 2007).

3.1. Caractères morphologiques

Les principaux critères morphologiques correspondent à la présence, l'abondance et la disposition des hyphes du substrat ou du mycélium aérien. Ainsi que la présence des spores, leur nombre, leur mobilité, leur forme, leur position sur les hyphes, la présence de sclérotés, de sporanges ou de synnémata (Prescott, 2007).

3.2. Caractères chimio taxonomiques

La composition de la paroi cellulaire en acide aminés, glucides et lipides constituent le principal caractère utilisé en chimio taxonomie (Prescott, 2007).

3.3. Les acides nucléiques

Les déterminations portent sur le pourcentage de guanine et cytosine, sur le spectre obtenu par électrophorèse des fragments de l'ADN, sur le taux d'hybridation ADN – ADN ou ADN-ARN et sur la séquence de l'ARNr 16S. Une

différence de plus de 10% indique que deux souches sont sans relation. Au de la de 70% de similitude (l'hybridation ADN-ADN), deux souches sont considérées comme appartenant à la même espèce (**Prescott, 2007**).

➤ **La classification** : selon (**Prescott, 2007**)

Domaine= *Bacteria*

Embranchement = *Actinobacteria*

Classe = *Actinobacteria*

La classe des *Actinobacteria* est divisée en cinq sous-classes *Acidimicrobidae*, *Rubrobacteridae*, *Coriobacteridae*, *Sphaerobacteridae* et *Actinobacteridae*. Chacune de ces sous-classes est constituée d'un ou de plusieurs ordres, eux-mêmes constitués d'une ou de plusieurs familles. Dans la sous-classe des *Actinobacteridae*, l'ordre des *Actinomycetales* est subdivisé en dix sous-ordres: *Actinomycineae*, *Micrococcineae*, *Corynebacterineae*, *Micromonosporineae*, *Propionibacterineae*, *Psuedonocardineae*, *Streptomycineae*, *Streptosporangineae*, *Frankinea* et *Glycomycineae* (**Aouar, 2006**).

4. Physiologie

Plusieurs facteurs environnementaux tels que la température, le pH, l'humidité, la salinité, le type de sol, la profondeur dans le sol, la nature et l'abondance de la matière organique et la végétation du sol influencent la croissance des actinomycètes (**Sykes et Skinner., 1973 ; Basilio, 2003**).

4.1. Le taux d'humidité

La croissance du mycélium végétatif des actinomycètes dans le sol est favorisée par un faible taux d'humidité, particulièrement quand les spores sont remplies d'eau. Dans les sols secs où la tension d'humidité est plus grande, la croissance devient très limitée voir même arrêtée (**Oskay et al., 2004 ; Prescott et al., 2007**)

4.2. La température

La plupart des actinomycètes se comportent comme des bactéries mésophiles avec croissance optimale située entre 25 °C et 30 °C. Toutefois, il existe des souches thermophiles isolées à une température située entre 55 °C et 65 °C (Rangaswami *et al*, 2004).

4.3. Le pH

La plupart des actinomycètes se comportent comme des bactéries neutrophiles. Leur croissance est meilleure à un pH compris entre 6 et 9, avec un maximum autour de la Neutralité. Cependant, certaines souches de streptomycètes ont été isolées à partir des échantillons de sol acide pH = 3,5 (Rangaswami *et al*, 2004).

4.4. Le rapport avec l'oxygène

Les actinomycètes isolés du sol sont généralement aérobies mais certains genres peuvent être anaérobies facultatifs voir même anaérobies strictes comme est le cas d'*Actinomyces* (Djaballah, 2010).

4.5. L'oxygène

4.5.1. La forme fermentative

Elle est illustrée par le genre *Actinomyces* qui sont des commensales obligatoires des cavités naturelles de l'homme et des animaux supérieurs. Ces organismes peuvent être anaérobies ou aérobies, mais ils sont souvent micro aérophiles morphologiquement Ces espèces sont peu variées et ne forment pas de spores (Avril *et al*, 1992).

4.5.2. La forme oxydative

Il s'agit d'aérobies, tels que les *Streptomyces*, qui, sont abondantes dans la nature en particulier sur le sol (Avril *et al*, 1992).

4.6. L'activité de l'eau (Aw)

La germination des spores de la pluparts des actinomycètes, peut-être observée à des valeurs d'activité d'eaux supérieures ou égales a 0.67, l'activité d'eau optimale pour la croissance et le développement des actinomycètes est égal à 0,98 (Zvyagintsev *et al.*, 2005).

4.7. Tolérance en sel (NaCl)

Selon leurs exigences en NaCl, les microorganismes sont divisés en deux groupes :

a) Les halophiles : ont besoin de sel (NaCl) pour leur croissance, cette concentration peut varier de 1 à 6 % (P/V) pour les faiblement halophiles, jusque 15 à 30 % pour les bactéries halophiles extrêmes (**Nanjani, 2011**).

b) Les halotolérants : acceptent des concentrations modérées de sels mais non obligatoires pour leur croissance. On distingue, les légèrement tolérants (tolère de 6 à 8 % de NaCl (P/V)); les modérément tolérants (tolère de 18 à 20 % de NaCl (P/V)) ; et les extrêmement tolérants (se développe de 0 % jusqu'à saturation en NaCl) (**Nanjani, 2011**). Différentes stratégies sont suivies par les microorganismes halophiliques pour assurer l'osmo-régulation de leurs cytoplasmes tout en gardant une concentration faible en ions de sodium (Na⁺) (**Oren, 2002**).

La première consiste à l'accumulation des ions de K⁺ et Cl⁻ dans leur cytoplasme sous forme de KCl (**Sandhya et al, 2011**),

à des concentrations plus élevées que la concentration de NaCl présente tout autour du milieu. Ce mode d'adaptation est énergétiquement moins coûteux (**Oren, 1999(a)** ; **Oren, 2006**).

La seconde agit par exclusion des différents ions présents dans le cytoplasme, par des pompes, tout en accumulant des solutés organiques pour maintenir l'équilibre osmotique. Les différents solutés organiques utilisés sont : glycérol, betaine, ectoine, les sucres comme le saccharose et tréhalose (**Galinski, 1995**). Ce mode est énergétiquement coûteux à cause du coût de la synthèse des molécules organiques (**Oren, 1999**).

5. Les Caractères chimiques

5.1. La paroi cellulaire

La paroi cellulaire des actinomycètes ne renferme ni chitine ni cellulose mais une glycoprotéine contenant la lysine (formes fermentatives) ou de l'acide diaminopimelique (formes oxydatives) et leur cytologie est celle des bactéries. Ils n'ont pas de membrane nucléaire, elles possèdent des organites flagellaires ressemblant à ceux des bactéries. Elles sont pour la plupart, sensibles au lysozyme et aux agents antibactériens ; le diamètre de leur hyphes est plus petit que celui des champignons (**Mariat et Sebald, 1990**).

5.2. Le matériel génétique des Actinomycètes

La taille de l'ADN des actinomycètes est de 3.7 Méga Daltons c'est à dire deux fois celui de *E.coli*, la durée de réplication de l'ADN est de 50 à 65 minutes. Le génome des *actinomycetes* contient de 4 à 11 paires de base. Le principal véhicule d'information génétique est un « chromosome » circulaire souvent présent en multiples copies dans les cellules hyphales, mais toujours en copie unique dans les spores. Les bactéries actinomycétales possèdent un remarquable degré de variabilité génétique due à des réarrangements du génome à cause de plusieurs types de mutations essentiellement chromosomiques, les plasmides peuvent aussi être sujets à des réarrangements. A la suite de croisements des actinomycètes, des parties du chromosome de la souche donneuse peuvent devenir plasmides dans la souche receveuse. Ces derniers jouent un rôle de régulation dans la synthèse des antibiotiques.

Il est rare de trouver des gènes codant pour la biosynthèse d'antibiotiques localisés sur le plasmide. Ils sont normalement chromosomiques, regroupés en plusieurs unités de transcription, ils ont pour voisinage des gènes de régulation spécifiques (**Larpent et al, 1989**).

6. Cycle de développement

Tout comme les eucaryotes multicellulaires, les actinomycètes possèdent un cycle de vie qui est le résultat de trois processus physiologiques majeurs : la croissance végétative, la différenciation et la sénescence cellulaire puis la mort.

Sur un milieu solide, les spores d'actinomycètes produisent un ou plusieurs mycéliums de substrats, ramifié et non fragmenté, suite à la germination d'une spore et se développent par croissance apicale (**Danilenko et al., 2005**). En réponse à certains signaux, le mycélium aérien émerge par la réutilisation de composés assimilés par le mycélium végétatif tels que l'ADN, les protéines ainsi que des composés stockés résultants de la lyse du mycélium du substrat (**Ou et al., 2008**).

6.1. Germination des spores

Quatre étapes peuvent être distinguées ; l'activation, l'initiation, l'émergence du tube germinatif et sa croissance, pour lesquelles le degré hygrométrique joue un rôle important (**Ou et al., 2008**).

6.2. Mycélium primaire

Le tube de germination va croître et donner des hyphes qui se ramifient intensément. Ce mycélium se développe sur et dans le substrat. Il est dénommé mycélium primaire, mycélium végétatif ou mycélium de substrat. Eventuellement pigmenté, il forme des parois transversales isolant les zones les plus âgées. Il peut se fragmenter chez les bactéries du genre *Nocardioformes* (Ou *et al.*, 2008).

6.3. Mycélium secondaire

Sur ce mycélium primaire va se développer un mycélium secondaire aérien (Fig.6). Ces hyphes sont peu ramifiés et pourvues d'une enveloppe hydrophobe, elles sont plus épaisses que les hyphes primaires. Ce mycélium est généralement pigmenté (gris, vert, rouge...) sur ce mycélium aérien se forment des spores (Ou *et al.*, 2008).

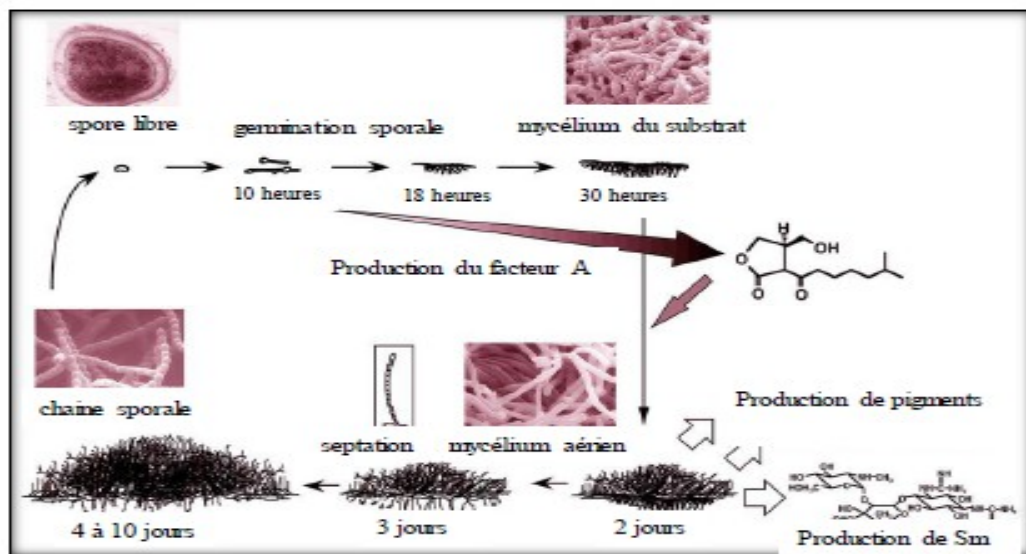


Figure 6: Cycle de développement de *Streptomyces griseus* (Horinouchi, 2002)

6.4. Formation des spores par des actinomycètes

Les divers types des spores des actinomycètes peuvent être classés en deux groupes principaux selon leur mode de formation ; les exospores et les endospores (Fig.7). Ces structures permettent la propagation de l'espèce et la survie dans des conditions défavorables à la croissance végétative (Zerman, 2008).

a) **Les exospores** : sont formées par septation des hyphes existants et séparation des éléments obtenus (Zerman, 2008).

b) **Les endospores** : sont issues d'une réorganisation cytoplasmique et de la formation d'une nouvelle paroi dans l'hyphe existant (Zerman, 2008).

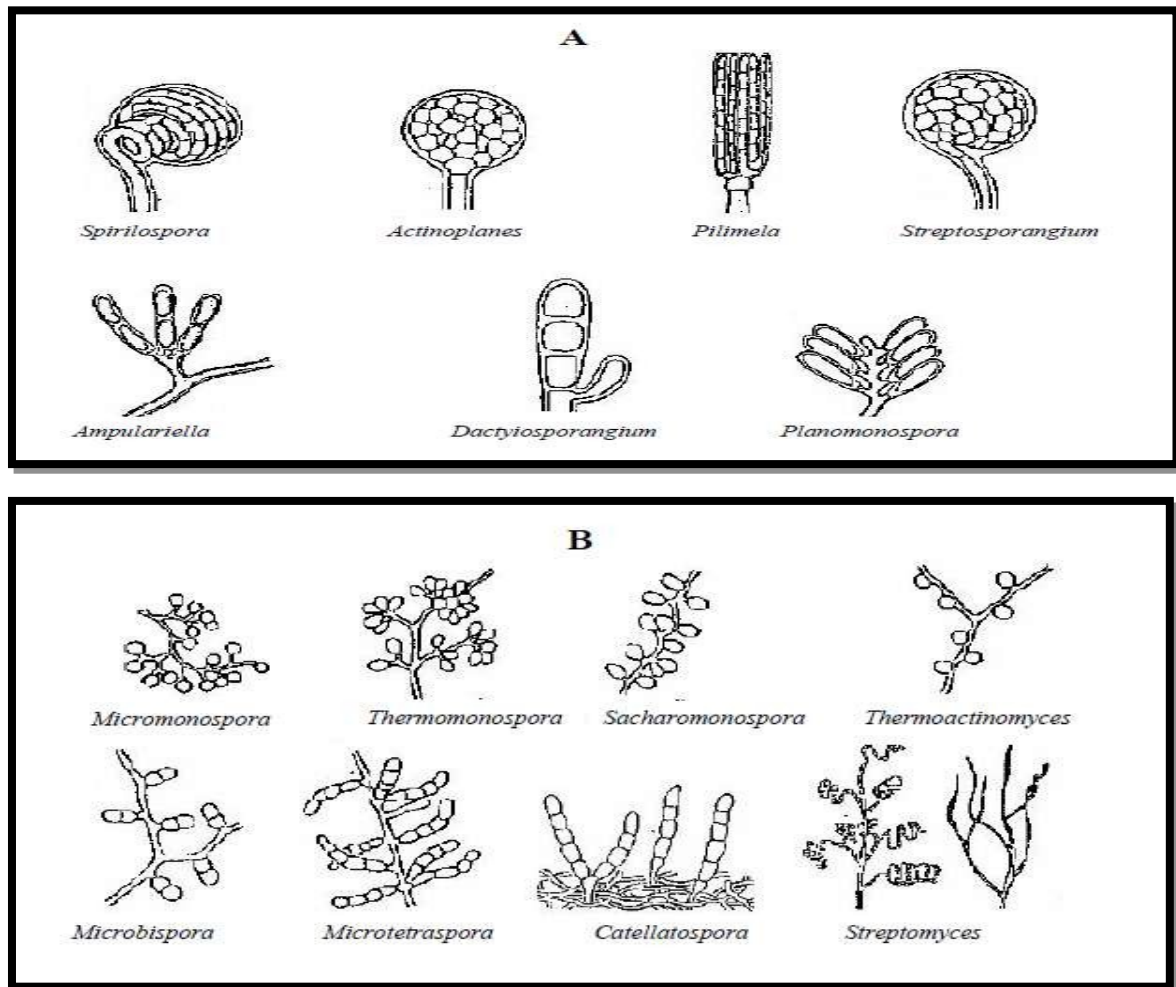


Figure 7 : Différents types de chaînes de spores chez les actinomycètes, (A) spores endogènes; (B) spores exogènes (Errakhi, 2008).

7. Ecologie

Les actinomycètes sont des microorganismes ubiquitaires que l'on rencontre sur tous les substrats naturels courants, et en particulier le sol (Lacey, 1973; Porter, 1971; Williams *et al.*, 1984). Le nombre des Actinomycètes atteint est de l'ordre de 10^6 germes par gramme de sol séché, d'après (Goodfellow *et* Williams, 1983). D'après (Waksman, 1967), le rapport microorganisme totaux /

actinomycètes, diminue au fur et à mesure que la profondeur augmente. Selon ce même auteur, la couche superficielle contient au moins 80% de bactéries actinomycétales par rapport au nombre total des microorganismes, tandis que la couche située à une profondeur de 80 cm n'en contient plus que 16 à 40% (Ouhdouch, 1989).

7.1. Les actinomycètes dans les sols

Dans le sol, de nombreux actinomycètes sont saprophytes. Ils sont l'un des principaux groupes de la population du sol et sont très largement distribués. Les *Streptomyces* sont tolérants à des conditions d'acidités (Davies et Williams, 1970). Les sols arides de pH alcalin ont tendance à contenir moins de *Streptomyces* en plus des genres rares tel que *Actinoplanes* et *Streptosporangium*. Les sols des oasis du Sahara Algérien, bien que soumis à un climat aride, se sont révélés riches en actinomycètes parfois réputés rares de par le monde (Boudemagh, 2007). On les trouve non seulement dans les horizons de surface, mais aussi à plus de 2 mètres de profondeur et en quantité appréciable (Sabaou et al., 1998). Les bactéries actinomycétales produisent des substances spécifiques telles que la géosmine et le 2-méthyl isobornéol qui sont responsables de l'odeur d'humus caractéristiques des sols (Omura, 1992 ; Zaitlin et al., 2003).

7.2. Les actinomycètes dans les sols sahariens

Les sols sahariens sont caractérisés par une teneur minime en eau avec un degré de pluviométrie souvent inférieur à 100 mm par an, des températures extrêmement élevées et de faibles quantités d'humus. Des travaux anciens ont prouvé définitivement que les sols désertiques ne sont pas stériles, ils sont peuplés d'une flore microbienne très variée. Parmi les bactéries isolées, les actinomycètes font partie essentielle de cette microflore, leur présence est considérable dans ce type d'écosystème extrême. Leur rôle dans le sol est important en raison de leur aptitude à dégrader les substances organiques non biodégradables par les champignons et les bactéries), et à produire des substances probiotiques et antibiotiques (Kieser et al., 2000).

7.3. Les actinomycètes dans les milieux marins

L'opinion selon laquelle des actinomycètes peupleraient normalement le milieu marin est très controversée. Selon les uns, les souches d'Actinomycètes isolées de tels milieux ne seraient que des formes terricoles adaptées à la salinité de l'eau de mer; selon d'autres, il existerait bien une flore d'actinomycètes propre aux sédiments marins caractérisée par sa barotolérance, son halophilie et une température optimale faible; ainsi, certaines souches Nocardioformes isolées à plus de 2000 m de profondeur se développent sous les pressions hydrostatiques de 500 bars en présence d'eau de mer à 18°C (Weyland, 1981).

7.4. Les actinomycètes dans l'air

L'air constitue pour les actinomycètes, non pas un habitat, mais un moyen de transport (Reponen *et al.*, 1998).

Les spores d'actinomycètes thermophiles sont produites en grande quantité et sont facilement mises en suspension dans l'air et leur dissémination se fait facilement grâce au mouvement de l'air, c'est le cas des spores de l'espèce *Actinomyces invulnerabilis*. Les spores des actinomycètes sont des contaminants importants de notre environnement. L'exposition à ces derniers peut causer des effets néfastes sur la santé (Gazenko *et al.*, 1998 ; Reponen *et al.*, 1998).

6.5. Les actinomycètes dans les composts

Le compostage est défini comme étant la décomposition biologique thermophile, en présence d'oxygène et dans des conditions contrôlées, de déchets organiques collectés séparément, sous l'action de micro et macro organismes, afin de produire du compost. Le compost, produit final du compostage est composé pour l'essentiel de la matière organique de type humique stable et de composés minéraux. Des actinomycètes sont isolés des composts, il s'agit de genres thermophiles tels que *Thermoactinomyces*, *Sacharomonospora* et d'autres thermotolérants tel que *Microbispora*, *Micropolyspora*, *Pseudonocardia* (Ensign *et al.*, 1993 ; Lacey, 1997 ; Song *et al.*, 2001). Les actinomycètes sont actifs dans les derniers stades du compostage. Ils se sont spécialisés dans l'attaque des structures plus résistantes comme la cellulose, l'hémicellulose et la lignine.

8. Métabolisme

La croissance des actinomycètes est plus lente que celle des autres bactéries; le temps de génération moyen est d'environ 2 à 3 heures (Ottow *et*

Glathe, 1968 ; Larpent et Sanglier, 1989). Les actinomycètes se séparent en deux groupes physiologiques. Le plus important est composé de germes ayant un métabolisme oxydatif et habitant surtout le sol. Le second rassemble des bactéries fermentatives, hôtes des cavités naturelles de l'homme et des animaux (**Le minor, 1989**). Les formes oxydatives, aérobies, sont localisées principalement dans le sol à partir duquel elles sont disséminées. L'archétype de cette catégorie est le genre *Streptomyces* (**Reponen et al, 1998**). Les formes fermentatives, anaérobies strictes ou facultatives, sont illustrées par le genre *Actinomyces*. Ces organismes sont des saprophytes obligatoires des cavités naturelles de l'homme et des animaux supérieurs et ils ne sont jamais retrouvés dans le sol (**Mariat et Sebald, 1990**).

En général, les actinomycètes sont des bactéries chimioorganotrophes utilisant une grande variété de sources de carbone et d'énergie, y compris les biopolymères complexes (chitine, cellulose, lignine). Mais plusieurs espèces sont capables aussi de croissance chimioautotrophe utilisant l'oxydation de l'hydrogène comme source d'énergie et le gaz carbonique comme source de carbone (**Mariat et Sebald, 1990**). Le métabolisme primaire des actinomycètes est semblable à celui des autres organismes. Les métabolites primaires ou généraux essentiels forment la structure cellulaire et permettent le fonctionnement du métabolisme général (**Theilleux, 1993**).

Le métabolisme secondaire est considéré comme l'ensemble des voies de synthèse de composés qui n'ont ensuite pas des fonctions apparentes dans le métabolisme cellulaire (**Colombié, 2005**).

Deux des propriétés les plus significatives des actinomycètes sont leur capacité à se développer sur les substrats les plus divers et leur aptitude à synthétiser de très nombreux métabolites bioactifs (**Theilleux, 1993**).

9. Importance des actinomycètes

La principale raison derrière l'engouement pour les actinomycètes vient du fait qu'ils possèdent des rôles importants dans le sol et dans les interactions avec les plantes, (**Conn, 2005**), mais également pour la synthèse de nombreux métabolites d'intérêt biotechnologique. Il a été estimé que sur 16500 antibiotiques connus, 8700 (53%) sont produits par les actinomycètes dont 6550 (40%) par des espèces de *Streptomyces* (**Choulet, 2006**). En plus de la production

d'antibiotiques, les actinomycètes produisent un grand nombre d'autres métabolites secondaires dotés d'une large gamme d'activités, tels que des inhibiteurs d'enzymes, immunosuppresseurs, toxines et pesticides (**Dairi, 2005**). Certaines espèces ont la capacité de solubiliser le phosphore. D'autres sont également impliquées dans le contrôle phytopathologique et dans la production des composés antifongiques (**Riedlinger et al., 2006**).

9.1. Importance dans le domaine industriel

Les actinomycètes fournissent une ressource précieuse pour les produits d'intérêt industriel, y compris les enzymes et les agents antimicrobiens (**Tsujibo et al., 2003**), participent à la dégradation de la matière organique difficilement décomposables, et produisent des substances intéressantes, telles que les antibiotiques les vitamines, des substances anti-histaminiques, les immunostimulantes et des enzymes utilisées dans les industries (**Clement et Lozet, 2011**). Ils seraient susceptibles de décomposer les composés aromatiques de la matière organique fraîche (lignine, certains tannins) (**Duchaufour, 2001**).

9.2. Importance dans le domaine agronomique

Les actinomycètes peuvent être considérés comme des agents efficaces de la fertilisation des sols. Elles ont une grande capacité de recyclage de la matière organique (biodégradation des composés organiques) ainsi que la fixation d'azote atmosphérique et sa conversion en formes chimiques utilisables par les bactéries et par d'autres êtres vivants.

Ce processus vital est assuré surtout par le genre *Frankia*. Elles prolifèrent surtout quand l'action des bactéries ordinaires touche à sa fin, on pourrait dire qu'elles terminent leur action (**Leclerc, 1975 ; Avril et al., 1992**).

10. Rôle des actinomycètes dans la biodégradation de la matière organique

Les matières organiques subissent, au contact du sol, une série de transformations (**Soltner, 2005**). Les microorganismes jouent un rôle prépondérant dans la formation du sol et dans son fonctionnement. L'un des processus principaux concerne la dégradation de la matière organique et les grands cycles qui dépendent directement comme celui du carbone et de l'azote. A l'égard des éléments nutritifs, les microorganismes peuvent à la fois agir comme source et

comme réservoir. Mais les microorganismes participent également à la réalisation d'association organo-minérale du sol (**Oustani, 2006**).

10.1. La biodégradation des composés organiques naturels

Les actinomycètes sont des microorganismes saprophytes, qui jouent un rôle dans la dégradation de la matière organique naturelle et donc un rôle dans le recyclage des biopolymères complexes comme la cellulose, la lignocellulose, la pectine et le xylane par la production d'enzymes extracellulaires qui sont d'une importance majeure dans l'industrie. La dégradation de ces biopolymères par les enzymes peut être le résultat d'un mécanisme Radicalaire (oxydation biologique) ou d'un changement chimique (hydrolyse biologique). Dans le cas de l'oxydation biologique, les enzymes réagissent directement avec l'O₂. Comme les cytochromoxidasés qui sont des enzymes actives dans la chaîne respiratoire. La plupart du temps, l'oxygène est incorporé directement au substrat (cas des oxygénases). Parfois, il joue le rôle d'un accepteur d'hydrogène (cas des oxydases) (**Kimura et Urushigawa, 2001**).

10.2. La biodégradation des composés organiques de synthèse

Les capacités biodégradatrices des actinomycètes ne se limitent pas seulement aux composés organiques naturels mais concernent également des substrats organiques plus difficiles à dégrader car peu solubles dans l'eau. Il s'agit des hydrocarbures (chaînes Hydrocarbonées), de phénols et d'autres composés récalcitrants (**Kimura et Urushigawa, 2001**).

Les actinomycètes ont un potentiel considérable pour la biotransformation et biodégradation des pesticides. Les membres de ce groupe de bactéries Gram-positif ont été trouvés pour dégrader les pesticides avec très différentes structures chimiques, y compris les organochlorés, s-triazines, tétrazines, les carbamates, les organophosphates, les organophosphates, acétanilides et sulfonilurées. Un nombre limité de ces pesticides xénobiotiques peut être minéralisée par des isolats simples, mais souvent des consortiums de bactéries sont nécessaires à la dégradation complète. Cométabolisme des pesticides est fréquemment observé au sein de ce groupe de bactéries. (**Jim et Van Veld, 1983**)

En comparaison avec la dégradation des pesticides par des bactéries Gram-négatives, beaucoup moins d'informations sur les mécanismes moléculaires impliqués dans la biotransformation des pesticides par actinomycètes est disponible (**Jim et Van Veld, 1983**). Le principal mécanisme enzymatique pour

l'assimilation et/ou la détoxification des pesticides est l'oxydation enzymatique par les monoxygénases ou, dioxygénases: il y a formation de groupes polaires qui permettent d'augmenter la solubilité et de faciliter ainsi leur assimilation (**Cerniglia, 1992 ; Pelmont, 1993 ; Bossert et Kosson, 1997**). C'est également, le mécanisme de biodégradation des substrats organochlorés tels que les chlorobiphényles . La déchloration bactérienne a été démontrée en condition anaérobie avec formation de métabolites facilement biodégradables en aérobiose (**Focht, 1997**).

11. Pouvoir pathogène des actinomycètes

Les actinomycètes sont généralement saprophytes, mais quelques-uns sont pathogènes pour les plantes telle *Streptomyces scabies*, responsable de la gale de la pomme de terre. Ils sont importants en raison des maladies humaines et animales que certains provoquent, ils peuvent occasionner certaines tumeurs (mycétomes) chez l'homme les Nocardioses, les tuberculoses (**Focht, 1997**).

1. Revivification des souches d'actinomycètes

Les actinomycètes qui ont été isolés à partir de sols sahariens de la région d'El Oued de genre *streptomycètes*, purifiés puis conservés par congélation ont subi une revivification. 0.1 ml de chaque suspension bactérienne sont ensemencés en surface dans des boîtes de Pétri contenant le milieu GLM (**Annexe**). Le milieu GLM est un milieu riche en sources de carbone et d'azote et plus favorable pour l'isolement des actinomycètes à partir des sols sahariens (**Boughachiche, 2012 ; Reghioua et al., 2008**). Les boîtes de Pétri sont ensuite incubées à 28 °C pendant 21 jours. Des observations régulières sont effectuées chaque jour après la première semaine.

2. Caractéristiques des pesticides utilisés dans cette étude

Quatre pesticides très répandus en agriculture en Algérie, ont été utilisés : Décis 25 EC, 240 SC Movento, Karaté 2 ULV et Doppler plus 310 EW

2.1. Décis 25 EC

Décis 25 EC est un insecticide à base de deltaméthrine, substance active de la famille des pyréthriinoïdes de synthèse. Il se caractérise par son large spectre d'activité sur les insectes nuisibles. Il est également doté d'une excellente persistance d'action et agit par contact et ingestion sur un grand nombre d'insectes suceurs et broyeurs comme la Punaise, la Teigne, la Cératite et la Mouche blanche. Cet insecticide est utilisé dans le traitement des cultures de maïs, colza, pomme de terre, betteraves, pois et des cultures légumières.

Décis 25 EC présente plusieurs avantages :

- ✓ Excellent effet ovo-larvicide (lépidoptères) et adulticide
- ✓ Excellente sélectivité vis-à-vis des cultures traitées
- ✓ Meilleure résistance au lessivage que les autres pyréthriinoïdes
- ✓ Une formulation pure sans mélanges, contrairement aux autres pyréthriinoïdes de synthèse
- ✓ Large spectre d'action sur plusieurs cultures
- ✓ Excellente persistance d'action [3].

2.2. 240 SC Movento

240 SC Movento est un insecticide de la famille des kétoénoles. Le transport de MOVENTO dans la plante se produit de deux façons : par le xylème et par le phloème, ce qui lui permet de protéger aussi bien les feuilles matures que les jeunes feuilles développées après application, ainsi que les racines. 240 SC Movento est

efficace sur les premiers stades de développement des insectes piqueurs-suceurs, et présente une très bonne persistance d'action. 240 SC Movento est une solution polyvalente dans la lutte contre les ravageurs des arbres fruitiers à pépins et à noyau, des salades (laitue, scarole, frisée), des cultures maraichères comme le Puceron rose du pommier, le Psylle du poirier, la Cochenille et le Kermès du pêcher [4].

2.3. Karaté 2 ULV

Karaté 2 ULV est un insecticide du groupe 3 (contient l'ingrédient lambda-cyhalothrine actif). Destiné à être utilisé pour lutter contre certains insectes sur les cultures sélectionnés comme les différentes céréales, plantes fourragères, oignon et ail, etc. Ce pesticide est extrêmement toxique pour les poissons et les invertébrés aquatiques. Il est très déconseillé de l'appliquer directement à l'eau ou dans des zones où l'eau de surface est présente Ce produit est très toxique pour les abeilles exposées directement au traitement ou aux résidus sur les cultures ou les mauvaises herbes que les abeilles butinent [5].

2.4. Doppler plus 310 EW

C'est un désherbant très puissant. Ce composé est un mélange de trois substances actives : Diclofop-méthyl+fenoxaprop-p-éthyl+mefenpyr-diéthyl. Utilisé pour le désherbage dans les grandes cultures céréalières [6].

3. Mise en évidence de la capacité des actinomycètes à dégrader certains composés de synthèse

La technique utilisée nécessite l'emploi du milieu minimum de Vandermesse (**Annexe**). Ce milieu est composé essentiellement de source minérale et d'azote et ne contient pas de source de carbone. Les différents pesticides constituent la source de carbone manquante. Chaque souche d'actinomycète purifiée a étéensemencée par des stries à la surface d'une boîte de Pétri contenant le milieu minimum additionné de 0.1g de chaque pesticide

Plusieurs boîtes témoins composées uniquement du milieu minimum, sont égalementensemencées par l'ensemble des isolats. Toutes les boîtes sont incubées pendant une semaine à 28° C. La dégradation du pesticide se traduit par une bonne croissance des colonies sur le milieu additionné de pesticide. Cette croissance est comparée avec celle du témoin.

1 .Revivification des souches d'actinomycètes

Quinze actinomycètes de la collection se présentent sur milieu sélectifs GLM sous l'aspect caractéristique des actinomycètes (**Boudemagh et al., 2005**). Ce sont des colonies qui apparaissent sèches, rugueuses, de couleurs multiples et qui adhèrent fortement à la gélose. Elles sont de tailles moyennes, poudreuses, régulières ou non, aplaties ou bombées. La technique de conservation appliquée à ces bactéries dans des travaux précédents est très adéquate, car nous avons pu réactiver ces souches sans dommages et pertes. La photographie 1, montre l'aspect macroscopique d'un isolat représentatif d'un actinomycète de la collection étudiée.



Photographie 1 : Colonie d'actinomycète cultivée sur milieu GLM.

1. Mise en évidence de la biodégradation des différents pesticides

La capacité de croissance des isolats d'actinomycètes a été mise en évidence sur le milieu minimum additionné de Decis **25 EC**, de Dopler plus 310 EW, de 240 SC Movento ou de Karaté 2 ULV. Ces quatre pesticides sont pris comme seule source de carbone et d'énergie. Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau 5.

Si les souches sont incapables d'utiliser ce substrat, leur croissance est soit faible ou totalement absente. Dans le cas contraire, les souches présentant une bonne croissance, sont dites positives (Tab.5).

Tableau 5 : Croissance des souches sur le milieu témoin et sur les quatre milieux minimums contenant chacun un pesticide.

Pesticides Souches	MM	MM + Dopler Plus	MM + Décis	MM + Karaté	MM + Movento
S1	(-)	(-)	(+)	(+++)	(+)
S2	(-)	(-)	(++ +)	(+++)	(+)
S3	(-)	(-)	(+++)	(+++)	(++)
S4	(-)	(-)	(++)	(+++)	(++)
S5	(-)	(-)	(+++)	(+++)	(++)
S6	(-)	(-)	(+++)	(+++)	(+)
S7	(-)	(-)	(+++)	(+++)	(+)
S8	(-)	(-)	(+++)	(+++)	(++)
S9	(-)	(-)	(+)	(+++)	(++)
S10	(-)	(-)	(-)	(+++)	(-)
S11	(-)	(-)	(-)	(+++)	(-)
S12	(-)	(-)	(-)	(+++)	(+)
S13	(-)	(-)	(+++)	(+++)	(+++)
S14	(-)	(-)	(+)	(+++)	(+++)
S15	(-)	(-)	(++)	(+++)	(+++)

MM : milieu minimum (témoin)

S : souche

(+) : Croissance modérée

(++) : Bonne croissance

(+++) : Très bonne croissance

(-) : absence de croissance.

Les résultats, réunis dans le tableau 5, montrent que sur le milieu minimum, il y a absence totale de bactérie ce qui prouve que le milieu minimum ne contient aucune source de carbone nécessaire pour la croissance des actinomycètes, ce qui se traduit par une croissance négative.

On constate que parmi les souches testées, aucune bactérie n'est capable de dégrader l'herbicide **Dopler Plus** (Photo.2). Ce résultat, montre l'urgence de rechercher d'autres microorganismes capables de dégrader ce polluant. Il serait très intéressant également de doser cet herbicide dans les zones où il est utilisé, afin de percevoir les concentrations de ce produit chimique dans le sol et dans les eaux souterraines.

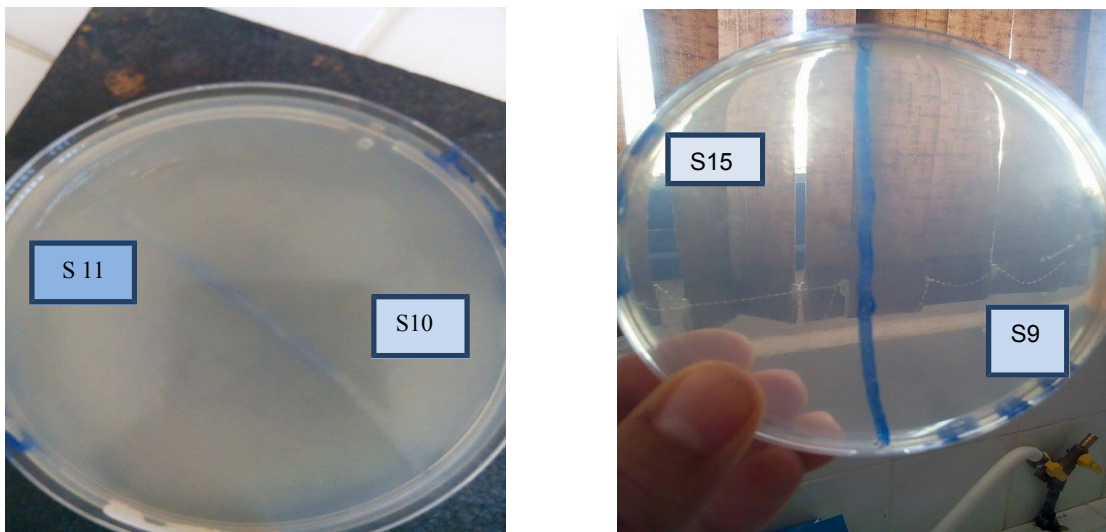
On remarque par contre que les 15 actinomycètes ont montré une très bonne croissance sur le milieu qui contient l'insecticide **Karaté**. Cette croissance est traduite par une apparition d'un nombre très élevé de colonies d'actinomycètes sur le milieu minimum additionné de cet insecticide, ce qui prouve qu'elles sont capables de le dégrader (Photo.3). Ce résultat indique que les actinomycètes présents dans les sols Sahariens peuvent être des acteurs très efficaces contre les problèmes de pollution par ce xénobiotique. Ces bactéries, peuvent par conséquent, être utilisées comme des agents de dépollution dans les sols Sahariens qui ne contiennent pas des microorganismes qui dégradent le Karaté. Ces mêmes bactéries adaptées aux concentrations élevées en sel, peuvent être utilisées dans les autres sols salins

Sept souches (S2, S3, S5, S6, S7, S8, S13) soit 47% ont montré une très bonne croissance sur le milieu qui contient l'insecticide **Décis** (Photo.4), deux autres actinomycètes (S4 et S15) se sont bien développés sur ce même milieu, alors que des isolats d'actinomycètes (S9 et S14) dégradent modérément le **Décis**. Par ailleurs les actinomycètes (S10, S11, S12) n'ont pas pu se développer et par conséquent ne dégradent pas ce polluant. Pour ce pesticide, le pourcentage des actinobactéries qui dégradent est considéré moyen. Il serait intéressant de stimuler ces bactéries à action positive, afin qu'elles dégradent suffisamment ce polluant.

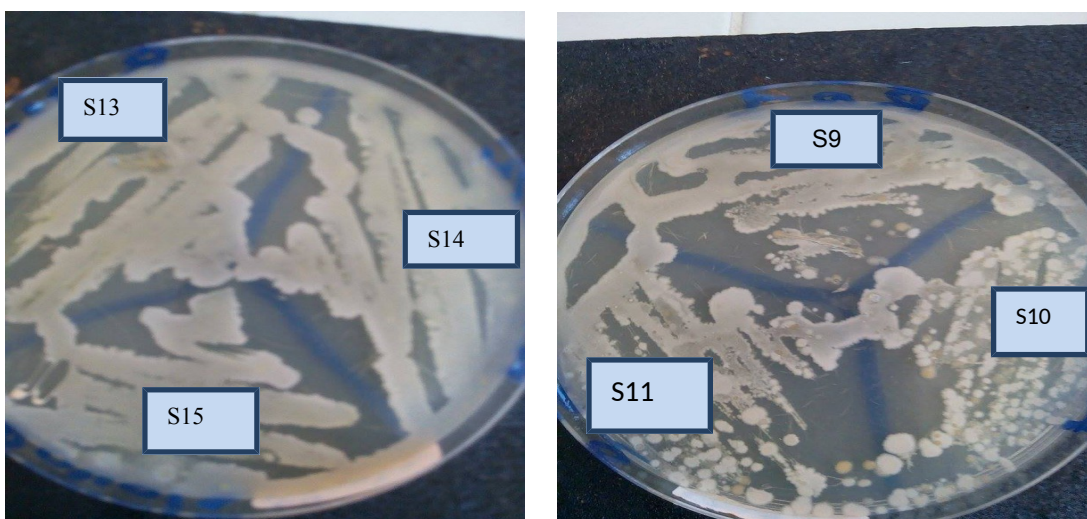
Parmi les 15 souches actinomycétales testées, 3 bactéries seulement soit 20% ont très bien dégradé l'insecticide **Movento**, il s'agit de (S13, S14 et S15) (Photo.5). Cinq autres soit 34% ont montré une bonne croissance sur le milieu additionné par le pesticide et cinq isolats ont pu croître sur le même milieu. Par contre une croissance négative est constatée chez

(S10, S11). Ces résultats impliquent également des techniques de biostimulations, afin d'augmenter la capacité de ces bactéries à dégrader ce polluant.

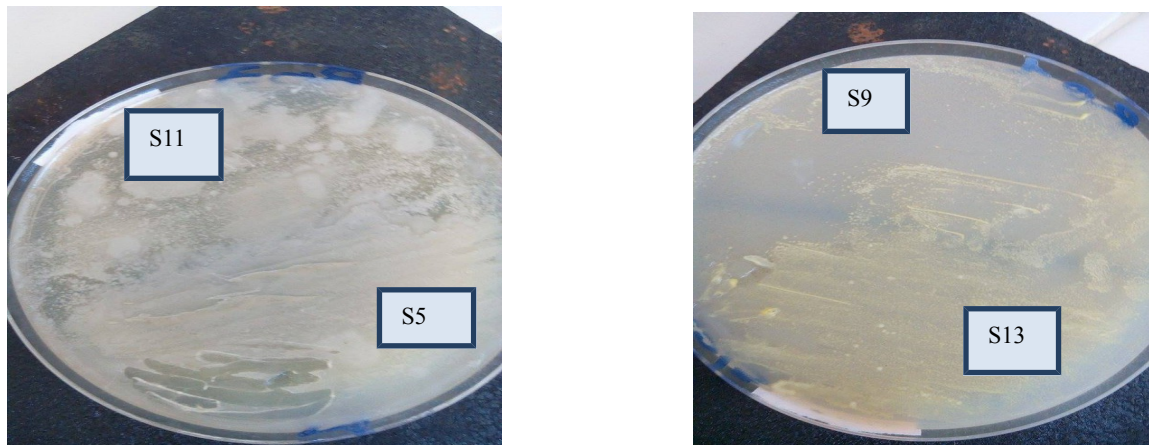
Nos résultats montrent que seule la souche S13 a présenté une très bonne croissance sur les trois insecticides testés : Karaté, Décis et Movento, ce qui montre qu'elle possède les enzymes nécessaires pour la dégradation de ce type de pesticide. Sept isolats parmi les quinze testés, soit 47% ont pu bien se développer sur au moins deux pesticides. Par contre les bactéries S10 et S11 n'ont pu dégrader qu'un seul polluant nommé **Karaté**.



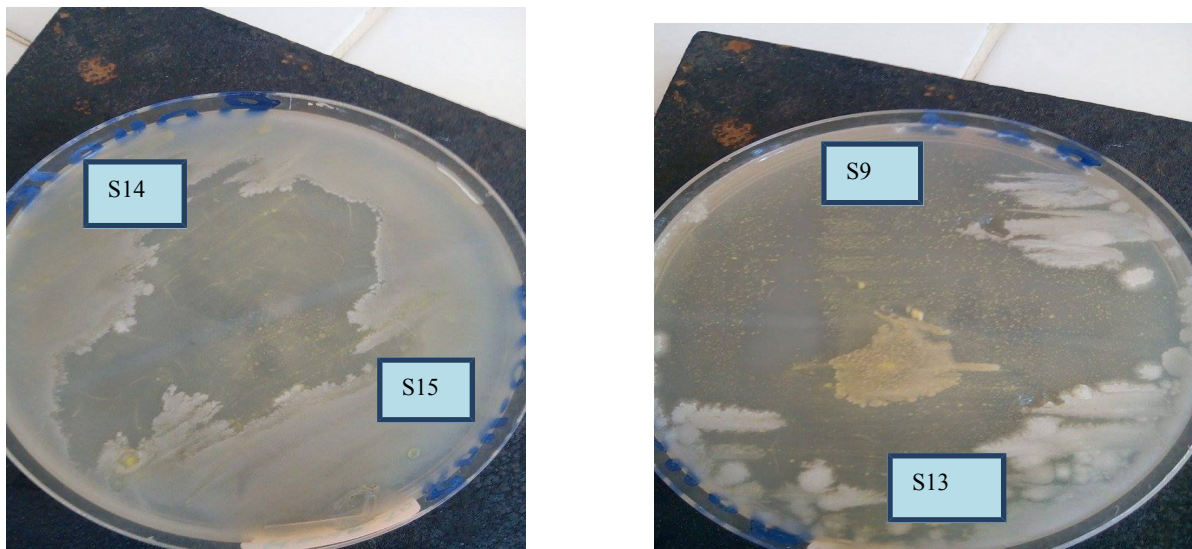
Photographie 2 : Absence de biodégradation de l'herbicide Dopler plus par les souches S9, S15, S11, S10.



Photographie 3 : Biodégradation de l'insecticide karaté par les souches d'actinomycètes S9, S10, S11, S13, S14, S15.



Photographie 4 : Biodégradation de l'insecticide Décis par les souches d'actinomycètes S9, S13, S5, S11.



Photographie 5 : Biodégradation de l'insecticide Movento par les souches d'actinomycètes S9, S13, S14, S15.

Les références bibliographiques

Boughachiche. F. 2012. Étude de molécules antibiotiques secrétées par des souches appartenant au genre *Streptomyces*, isolées de Sebkh. Thèse doc : Université Mentouri- Constantine. Pp : 150.

Reghioua. S. Boughachiche . F. Oulmi. L. Zerizer. H. Kitouni. M. Boudemagh. A. Boulahfrouf. A. 2008. Separation et caracterisation preliminaire d'antibiotiques produits par une souche representative d'actinomycetes isoles de sol aride de la region de Biskra. Sciences & Technologie. N°28. Pp.59-64.

Meklat. A, Sabaou. N, Zitouni. A, Mathieu. F. Lebrihi. A. 2011. Halophilic Actinomycetes in Saharan Soils of Algeria: Isolation, Taxonomy and Antagonistic Properties. Appl Environ Microbiol. 77(18) Pp : 6710-4.

Conclusion

Les actinomycètes sont connus par leurs aptitudes de biodégradation des polymères les plus variés. Ces bactéries, sont encore plus intéressantes si en plus des diversités métaboliques naturelles qu'elles possèdent, elles ont des capacités adaptatives supplémentaires, leur permettant de vivre dans les conditions climatiques très rudes. La région d'El-Oued se caractérise par un climat aride de type Saharien désertique, en hiver la température baisse au dessous de 0° C alors que en été elle atteint 50° C. La pluviométrie moyenne varie entre 80 et 100 mm/an concentrée en une seule période (d'octobre à février). Le Sirocco (vent chaud et sec) peut être observé durant toute l'année et peu provoquer des dégâts très importants comme les dessèchements et les déshydratations.

Les travaux d'isolements des actinomycètes halophiles à partir de ces milieux Sahariens extrêmes sont relativement rares en Algérie (**Boughachiche, 2012 ; Reghioua et al., 2008 ; Meklat et al., 2011**). Les essais de biodégradation des pesticides par ces bactéries sont encore plus rares.

Les produits phytosanitaires se distribuent selon une large échelle de biodégradabilité dans le sol allant d'une minéralisation complète (*métabolisme*) à un ensemble, de transformations susceptibles de produire des produits intermédiaires dont, la présence à long terme peut devenir dommageable pour l'environnement (*co-métabolisme*). Dans la plus part des cas, les produits phytosanitaires ne sont pas du tout dégradés et présentent des problèmes d'accumulations dans les sols et les eaux. En plus, les traitements utilisés par les agriculteurs ne sont dans la plus part des cas bien adaptés et ne répondent exactement pas aux modes d'emploi exigés par le producteur, ils sont généralement sur dosés ce qui aggrave encore plus les phénomènes d'accumulation.

Le travail présenté dans ce mémoire a pour objectif de tester 15 souches d'actinomycètes halophiles sur la biodégradation de quatre pesticides à savoir Décis, Dopler plus, Karaté et Movento. Les résultats indiquent que ces souches présentent un potentiel de biodégradabilité important suivant la souche bactérienne et le pesticide utilisé. Ainsi, le Karaté, le Decis, et le Movento sont dégradés par plusieurs actinomycètes, alors que l'herbicide Dopler plus est très résistant et ne peut être dégradé par aucune de nos souches testées. Ce résultat important montre que les produits phytosanitaires composés de plusieurs molécules chimiques sont très difficilement dégradable par une seule bactérie. Des mécanismes de symbioses et de mutualisme entre les microorganismes contrôlent fort probablement ces dégradations.

Conclusion et perspectives

En perspective à ce travail, nous proposons de comprendre le mécanisme bactérien responsable de la biodégradation de ces pesticides, et d'identifier les enzymes bactériennes impliquées et d'utiliser des consortiums bactériens pour la dégradation de l'herbicide Dopler plus. Il serait également très intéressant d'utiliser nos souches dans le phénomène de bioremédiation des écosystèmes telluriques pollués.

Résumé

Aptitude de biodégradation de certains pesticides par des Actinomycètes halophiles isolés d'écosystèmes sahariens

Dans cette étude, des actinomycètes isolés à partir des échantillons de sol Saharien provenant d'El-Oued ont été utilisés. 15 actinobactéries ont été testées pour leurs aptitudes à utiliser des pesticides comme seule source de carbone et d'énergie. Ainsi, tous les isolats d'actinomycètes ont été ensemencés par stries sur milieu minimum additionné des pesticides. Nous avons testé trois insecticides: le Décis, le Karaté et le Movento et un herbicide: le Dopler plus. Les résultats obtenus montrent que 88,88% des souches présentent des aptitudes de biodégradation positives sur les trois insecticides testés. Cependant, environ 11 % de ces souches, sont négatives et sont par conséquent incapables de dégrader ces types d'insecticide. Nos résultats montrent également que toutes les souches d'actinomycètes testées sur l'herbicide Dopler plus, sont incapables de le dégrader. Ces actinobactéries peuvent donc être d'excellents agents pour la bioremediation des sols pollués par ce genre de pesticides.

Mots clés : Actinomycètes, biodégradation, Sol désertique, pesticides.

Abstract

Ability of degradation of some pesticides by isolated halophilic actinomycetes Saharan ecosystems

In this study, actinomycetes isolated from soil Saharan from El-Oued samples were used. 15 Actinobacteria were tested for their ability to use pesticides as the sole source of carbon and energy. Thus, all isolates of actinomycetes were streaked on minimum medium supplemented with pesticides. We tested three insecticides: Decis, Karate and the Movento and herbicide: the Dopler more. The results show that 88, 88% of strains are positive biodegradation abilities on all three tested insecticides. However, approximately 11% of these trains are negative and are therefore unable to degrade these types of insecticide. Our results show also that all strains of actinomycetes tested on the Dopler herbicide more, are unable to degrade it. These Actinobacteria can therefore be excellent agents for bioremediation of soils contaminated by this kind of pesticides.

Key words: Actinomycetes, biodegradation, desert soil, pesticides.

المخلص

قدرة التحليل البيولوجي لبعض المبيدات بواسطة الفطريات الشعاعية المعزولة من نظام بيئي صحراوي

في هذه الدراسة، أجرينا عزل الفطريات الشعاعية من التربة الصحراوية لولاية الوادي. تم اختبار 15 نوع من الفطريات الشعاعية لقدرتها على استخدام المبيدات كمصدر وحيد للكربون والطاقة. وايضا جميع العزلات من الفطريات الشعاعية تم تلقيحها بشرائط فوق مستنبت الحد الأدنى من المتوسط مضاف إليها المبيدات. لقد استعملنا 3 أنواع من المبيدات الحشرية ديسيز، كارا، و موفنتور، و مبيد للأعشاب دوبر بلوس. وتبين النتائج أن 88-88 في المائة من السلالات لها القدرة على التحليل البيولوجي ل 3 أنواع من المبيدات الحشرية المستعملة حوالي 11 بالمائة من السلالات هي سالبة التحليل البيولوجي لهذه الأنواع من المبيدات الحشرية وتظهر النتائج التي توصلنا إليها أيضا أن جميع السلالات التي اختبرت على مبيد الأعشاب دوبر، غير قادرة على تحليله. ولذلك يمكن استعمال الفطريات الشعاعية كأداة ممتازة للمعالجة البيولوجية للتربة الملوثة بهذا النوع من المبيدات.

الكلمات الرئيسية : الفطريات الشعاعية، التحلل البيولوجي، التربة الصحراوية، المبيدات.

Annexe 1

A▪ Milieu minimum

- KNO₃.....13.76 g
- KH₂PO₄1.78 g
- Na₂ HPO₄2H₂O4.66 g
- Na₂SO₄9.68 g
- MgSO₄7H₂O0.8 g
- EDTA10 mg
- FeSO₄7H₂O5 mg
- MnCl₂4H₂O1.22 mg
- ZnSO₄ 7 H₂O0.25 mg
- CuSO₄ 5H₂O0.2 mg
- CaCl₂ 2H₂O1 mg
- Na₂ MOO₄ H₂O0.2 mg
- Agar18 g
- Eau distillée1000 ml
- pH = 7.2 à 7.4

B▪ Milieu GLM (Gélose à l'extrait de levure – extrait de malt)

- Extrait de levure03 g
- Extrait de malt03 g
- Peptone05g
- Glucose10 g
- Agar20 g
- Eau distillée1000 ml
- pH =7.2

Annexe 2

▪ La Fiche-technique des pesticides :

1. Karaté 2 ULV (insecticide) [5]

Type de traitement	TRAITEMENT INSECTICIDE
Composition	5 g/l lambda-cyhalothrine 100 g/l pyrimicarbe
Famille(s) chimique(s)	Pyréthroïdes de synthèse Carbamates
Formulation	EC Concentré émulsionnable
Mode d'action	Curatif Préventif Contact Translaminaire Vapeur Foliaire Contact Ingestion Action de choc
Mode d'application	Nouveau catalogue des usages (arrêté du 26 mars 2014) : L'utilisation de ce produit est préconisée uniquement sur les cultures et cibles précisées dans les préconisations et usages homologués. Syngenta France décline en conséquence toute responsabilité en cas d'utilisation du produit sur des cultures ou contre des cibles non préconise

2. Dopler Plus 310 EW [6]

Matière Active	Fénoxaprop-P-éthyl + Diclofopméthyl + Mefenpyrdiethyl (Safner)
Dose	(20 + 250 +40)g/l
Culture	Céréales d'automne
Ennemis	Adventices graminées
Mode d'action	Désherbage

3.
Decis®
25 EC
(Herbicide)
[3]

Applications

Culture	Cible	Dose	D.A.R*
Pommier	Carpocapse	0,3 - 0,4 l/ha	14 jours
Poirier	Carpocapse	0,3 - 0,4 l/ha	14 jours
Agrumes	Cératite	0,5 l/ha	14 jours
Toutes les Cultures	<u>Noctuelles défoliatrices (Noctuidae)</u>	0,5 l/ha	3 jours
Toutes les Cultures	Noctuelles des sols	0,5 l/ha	3 jours
Pomme de terre	Teigne	0,4 - 0,5 l/ha	3 jours
Cultures sous Serres	<u>Mouche Blanche (Bemisia tabaci et Trialeurodes vaporium)</u>	50 ml/hl soit 0,5 l/ha	3 jours
<u>Céréales (blé dur et blé tendre)</u>	Punaise	0,5 l/ha	7 jours
Lutte anti-Acridienne	Criquet Pèlerin	1 l/ha	---
Olivier	Dacus	0,5 l/ha	7 jours

Distributeur	Casap
---------------------	-------

Matière active:	Deltaméthrine
Type de formulation	Concentré émulsionnable (EC)
Propriétés	25 g/l
Le mode d'action	<p>Decis® 25 EC possède un large spectre d'action et agit par contact et ingestion sur un grand nombre d'insectes suceurs et broyeurs.</p> <p>Il est caractérisé par une action très rapide (remarquable effet de choc) et un effet répulsif sur les insectes ravageurs volants.</p> <p>Eviter le traitement près des points d'eau et en période de floraison (voir étiquette du produit).</p>

4 .Movento® [4]

type de produit	Insecticide
Formulation	SC - suspension concentrée (concentré fluidifiable)
Ingrédients actifs	spirotetramat 240 g / L
Type de formulation	concentré en suspension
Taille du paquet (s)	10 L 2,5 L
Groupe chimique	Spirotetramat
Les segments du marché	Horticulture
Regroupement	23
Mode d'action	Un inhibiteur de lipide insectes (acide gras) biosynthèse

