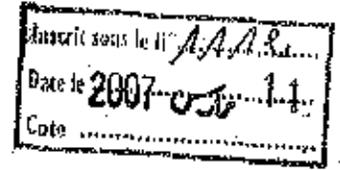


Université des Sciences et de la Technologie
« Houari Boumediène » Alger

Institut des Sciences de la Nature

THÈSE



POUR L'OBTENTION DU GRADE DE
DOCTEUR ES - SCIENCES NATURELLES

Option : MICROBIOLOGIE DES SOLS

PAR

Nasserdine SABAOU

**Contribution à l'Etude des Actinornycètes
des Sols des Palmeraies Algériennes :
Systématique et Ecologie**

- SOUTENUE LE 14 SEPTEMBRE 1988 DEVANT LA COMMISSION D'EXAMEN -

M. A. CHIKHI
Mme N. BOUNAGA
M. G. BILLES
M. T. BHATNAGAR
M. R. BAKOUR

- Président
- Rapporteur
- Examineurs



Ce travail est dédié à Monsieur BOUNAGA Djilali

qui fut,

qui est

et qui sera

toujours présent dans nos cœurs

et dans le cœur de tous ceux qui l'ont connu.

A mes parents et à ma famille

qui m'ont aidé à tant surmonter

AVANT - PROPOS

Ce travail a été réalisé au laboratoire de Botanique de l'Unité de Recherche sur les Zones Arides (U.R.Z.A).

Il m'est particulièrement agréable d'adresser mes sincères remerciements à toutes les personnes qui, de diverses façons et à différents moments m'ont apporté leur aide et leur soutien.

Madame N. BONINAGA, Maître de Conférences à l'USTHB et Directeur de l'U.R.Z.A, n'a ménagé aucun effort pour résoudre les problèmes rencontrés, malgré ses nombreuses charges. Elle m'a encouragé tout au long de mes travaux et m'a prodigué de précieux conseils. Je lui suis reconnaissant d'avoir participé à la correction de ce manuscrit et la prie de croire à mon soutien et à mon amitié.

Monsieur A. CHIKHI, Professeur à l'USTHB, a bien voulu examiner cette thèse et me fait l'honneur de présider mon Jury. Qu'il reçoive ici l'expression de ma profonde gratitude.

Monsieur G. BILLES, Maître de Recherches au Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques Louis Emberger de Montpellier, a accepté de participer à la correction de ce travail et de faire partie du Jury. Qu'il trouve ici l'assurance de toute ma reconnaissance.

Monsieur T. BHATNAGAR, Professeur à l'USTHB, a lu ce manuscrit et m'a prodigué de précieux conseils avec beaucoup d'amabilité et de gentillesse. Qu'il reçoive l'expression de ma profonde gratitude.

Monsieur R. BAKOUR, Maître de Conférences à l'USTHB, a bien voulu examiner ce manuscrit et faire partie du Jury. Je l'en remercie infiniment.

Monsieur H.A. LECHEVALIER, Professeur à l'Université de Rutgers (New Jersey, USA) et éminent spécialiste sur la taxonomie des actinamycètes, pour son aide et ses encouragements. Il a accepté avec beaucoup d'amabilité et de gentillesse de lire le manuscrit et de me prodiguer de précieux conseils. Qu'il reçoive ici l'expression de ma profonde gratitude.

Mes sincères remerciements s'adressent également à tous mes amis et collègues :

Monsieur et Madame BENADJI, pour leur réconfort et leurs encouragements. Leur aide et leurs conseils dans le domaine de la pédologie m'ont été très précieux. Je les prie de croire à ma profonde amitié.

Monsieur et Madame AMIR, Monsieur HACENE, Mademoiselle BOUHREB, Mesdames DJEBROUNI, BENNACEUR et BARAKA, qui, tout au long de mes recherches m'ont apporté, en plus de leur aide et leurs conseils, le réconfort de leur amitié.

Messieurs BENSATO, SALAHOUHADI, ALI OU SALAH, BOUTAIBA, MEHDI, RIBA, BADJI, Mesdemoiselles TERRAK, GRIM, OUAFI, LOTMANI et tous les chercheurs et jeunes stagiaires de l'U.R.Z.A.

Mes sincères remerciements s'adressent aussi :

A Madame BENBERNOU, Monsieur DRAIFI, Mademoiselle RABTA et Monsieur NAIT-DJOUDI, pour leur grande disponibilité et leur aide précieuse.

Au personnel technique et administratif des Laboratoires d'Alger, de Béné-Abbès et d'El Goléa, de l'U.R.Z.A. : Messieurs HABTIA, GUEMAT, BOUSSAAD, Monsieur et Madame CHAOUI, Messieurs HASSANI, SALMI et HADJADI... que tous soient remerciés pour leur aide.

A Madame MEKABEL, pour la conscience, l'application et l'intérêt qu'elle a montré lors de la dactylographie de ce manuscrit. Qu'il me soit permis de lui exprimer ma vive gratitude.

Aux responsables administratifs de l'Ecole Normale Supérieure de Kouba pour les facilités qu'ils m'accordèrent lors du tirage de ce texte.

	<u>Pages</u>
2 - Autres palmeraies	21
2.1 - Conditions de prélèvement des échantillons de sol	21
2.2 - Caractéristiques des sols	21
<u>CHAPITRE DEUXIEME : DISTRIBUTION QUANTITATIVE DES ACTINO-MYCETES ET AUTRES MICROORGANISMES DANS LES SOLS DES PALMERAIES</u>	24
<u>INTRODUCTION</u>	24
<u>MATERIEL ET METHODES</u>	25
I - Méthode de dénombrement et comptage	25
II - Choix des milieux de culture	25
III - Etude morphologique partielle de quelques groupes d'isolats d'actinomycètes	26
<u>RESULTATS ET DISCUSSIONS</u>	28
I - Palmeraie de Béni-Ahbèd	28
1 - Toposéquence	28
1.1 - Résultats	28
1.1.1 - Les mésophiles	28
1.1.1.1 - Distribution quantitative	28
1.1.1.2 - Distribution des différents groupes dominants d'actinomycètes	30
1.1.2 - Les thermophiles	36
1.1.2.1 - Les actinomycètes	36
1.1.2.2 - Les bactéries	37
1.2 - Discussion	41
2 - Sols amendés	44
2.1 - Résultats	44
2.1.1 - Distribution quantitative	44
2.1.1.1 - Sol témoin non amendé	44
2.1.1.2 - Sol amendé avec des fragments de paille d'orge	45
2.1.1.3 - Sol amendé avec des fragments de palmes de dattier	45

	<u>Pages</u>
2.1.2 - Distribution des groupes dominants d'actinomycètes	46
2.2 - Discussion	46
II - Autres palmeraies	52
1 - Résultats	52
1.1 - Distribution quantitative	52
1.1.1 - Palmeraie d'Adrar	53
1.1.2 - Palmeraie de Timimoun	53
1.1.3 - Palmeraie d'El Goléa	53
1.1.4 - Palmeraie de Ghardaïa	53
1.1.5 - Palmeraie de Ouargla	54
1.1.6 - Palmeraies de la région de Tougourt	55
1.1.7 - Palmeraie de Tâqqa	55
1.2 - Distribution des groupes dominants d'actino- mycètes	57
2 - Discussion	59
<u>CONCLUSION</u>	62
<u>CHAPITRE TROISIEME : DETERMINATION DES ACTINOMYCETES</u>	65
<u>INTRODUCTION</u>	65
I - Historique et évolution de la taxonomie des actinomycètes	65
II - Critères actuels utilisés pour la classification des actinomycètes	67
1 - Critères morphologiques	67
1.1 - Critères macromorphologiques	67
1.2 - Critères micromorphologiques	67
2 - Critères physiologiques	69
3 - Critères chimiques	69
<u>MATERIEL ET METHODES</u>	71
I - Choix des isolats pour la détermination	71
II - Méthodes	73

IV - Détermination des actinomycètes à parois de types III B et III C	111
1 - Identification des genres	111
1.1 - Les actinomycètes à paroi de type III B	111
1.2 - Les actinomycètes à paroi de type III C	111
2 - Identification de l'isolat de <i>Streptosporangium</i>	112
3 - Identification des isolats de <i>Spirillospora</i>	112
4 - Identification des isolats d' <i>Actinomadura</i>	113
4.1 - Groupe I : 23 isolats	114
4.2 - Groupe II : 8 isolats	114
4.3 - Groupe III : 4 isolats	115
4.4 - Groupe IV : 2 isolats	115
4.5 - Groupe V : 3 isolats	116
4.6 - Groupe VI : 22 isolats	116
5 - Identification des isolats de <i>Nocardiopsis</i>	116
5.1 - Groupe I : 6 isolats	119
5.2 - Groupe II : 10 isolats	119
5.3 - Groupe III : 3 isolats	120
5.4 - Groupe IV : 2 isolats	120
5.5 - Groupe V : 1 isolat	120
5.6 - Groupe VI : 2 isolats	121
5.7 - Groupe VII : 2 isolats	121
5.8 - Groupe VIII : 3 isolats	122
V - Détermination des actinomycètes à paroi de type IV A	125
1 - Identification des genres	125
1.1 - Acides mycoliques présents dans les cellules	125
1.2 - Acides mycoliques absents dans les cellules	126
2 - Identification des isolats de <i>Nocardia</i>	127
2.1 - Identification des isolats contenant des acides mycoliques	127
2.1.1 - Groupe I : 1 isolat	127
2.1.2 - Groupe II : 1 isolat	127
2.1.3 - Groupe III : 1 isolat	127
2.1.4 - Groupe IV : 1 isolat	128
2.1.5 - Groupe V : 24 isolats	128

	<u>Pages</u>
2.2 - Identification des isolats ne contenant pas des acides mycoliques	129
2.2.1 - Groupe I : 1 seul isolat	129
2.2.2 - Groupe II : 8 isolats	130
2.2.3 - Groupe III : 2 isolats	130
3 - Identification des isolats de <i>Micropolyspora</i>	133
4 - Identification des isolats de <i>Saccharopolyspora</i>	133
5 - Identification des isolats de <i>Saccharomonospora</i>	136
VI - Détermination des actinomycètes à paroi de type VI	137
<u>CONCLUSION</u>	139
<u>CHAPITRE QUATRIEME : DISTRIBUTION ECOLOGIQUE DES GENRES ET ESPECES D'ACTINOMYCETES DANS LES SOLS DES PALMERAIES</u>	144
I - Introduction	144
II - Répartition des genres et espèces par palmeraie	144
1 - Répartition des genres	144
2 - Répartition des espèces	148
III - Distribution écologique des genres et espèces en fonction des caractéristiques pédologiques des sols des palmeries	157
1 - Genre <i>Streptomyces</i>	157
1.1 - Distribution dans les sols non amendés	157
1.1.1 - Sols de surface	157
1.1.2 - Sols profonds	158
1.2 - Distribution dans les sols amendés	161
2 - Genre <i>Micromonospora</i>	162
3 - Genre <i>Nocardia</i>	164
4 - Genre <i>Actinomadura</i>	164
5 - Genre <i>Nocardopsis</i>	166
6 - Genre <i>Nocardioïdes</i>	166
7 - Genre <i>Elytrosporangium</i>	167
8 - Autres genres	167

	<u>Pages</u>
<u>CONCLUSION GENERALE</u>	169
BIBLIOGRAPHIE	176
Liste des figures	191
Annexe	192

Dans la même édition, les bactéries "corynéformes" (*Corynebacterium*, *Cellulomonas*, etc...) qui présentent un pléomorphisme mais ne sont pas filamenteuses, sont mises dans la même section que les actinomycètes et considérées comme apparentées à ce groupe de microorganismes grâce à certains caractères chimiques relevant des constituants cellulaires.

2 - Lieux d'habitats

Les actinomycètes sont universellement répandus. Ils constituent une part importante de la microflore tellurique (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970). On les retrouve dans l'air, le fumier et les composts, le foin et les pailles, les grains de céréales, les résidus fibreux de cannes à sucre, le pollen des plantes et bien d'autres substrats (LACEV, 1973; BREUILLAND et al., 1974; COUCH et BLAND, 1974). Généralement neutrophiles, ils peuvent cependant être prédominants dans certains sols très acides (REED RODRIGUES COELHO et DROZDOWICZ, 1978). Ils sont présents dans les débris végétaux et les litières, les sols glacés de l'Arctique, les déserts chauds et secs de divers continents, les sols des régions industrielles pollués par du pétrole ou des métaux lourds, dans les lacs extrêmement alcalins et dans certains milieux très salés (LECHEVALIER, 1981). Les actinomycètes sont aussi retrouvés dans les milieux aquatiques : dans les lacs, les rivières et les ruisseaux, dans les mers et les océans et même dans des sédiments océaniques situés à plus de 4 000 m de profondeur (CROSS, 1981; GOODFELLOW et WILLIAMS, 1983).

Ces données nous donnent donc un aperçu sur la diversité des milieux colonisés par les actinomycètes ainsi que leur adaptation et leur résistance à certaines conditions très hostiles.

3 - Les actinomycètes en tant que microorganismes utiles

3.1 - Importance dans le domaine industriel

Les actinomycètes ont un rôle très important dans le secteur pharmaceutique. De nombreux isolats produisent des substances intéressantes, telles que les antibiotiques, les vitamines, des substances anti-histaminiques, vasodilatatrices ou immunostimulantes et des enzymes utilisées dans les industries; certaines souches interviennent même dans la transformation des stéroïdes en dérivés plus intéressants (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970; ASSELINEAU et ZALTA, 1973; WAGMAN et WEINSTEIN, 1980; SFAMIER et al., 1982; TYRABI et ESTIENNE, 1983).

Parmi ces substances, les antibiotiques sont ceux qui ont suscité le plus grand intérêt. TIRABY et ESTIENNE (1983), rapportant les valeurs établies à partir des données du "Hand Book of Antibiotic Compounds, 1980", signalent qu'environ 65 % des antibiotiques produits par des microorganismes, le sont par des actinomycètes. Un nombre appréciable d'antibiotiques antibactériens, antifongiques et anticancéreux, a trouvé une application dans la thérapeutique. Le plus grand nombre d'antibiotiques est produit par le genre *Streptomyces* (Streptomycine, tétracycline, kanamycine, etc...); 50 à 70 % des souches telluriques de *Streptomyces* sont capables de sécréter des antibiotiques (TYRABI et ESTIENNE, 1983).

3.2 - Importance dans le domaine agronomique

Les actinomycètes constituent l'un des plus grands groupes de la population microbienne du sol; on a suggéré plusieurs explications à cette large distribution, telles que leur grande capacité d'utilisation des substrats et leur activité antagoniste vis-à-vis des microorganismes du même habitat (KUSTER, 1976; ISHIZAWA et ARARAGI, 1976; ALEXANDER, 1977).

DOMMERMUES et MANGENOT (1970) rapportent que les actinomycètes sont aptes à dégrader les substances organiques non biodégradables par les champignons et les bactéries. Ces microorganismes contribuent énormément à la dégradation et au recyclage de polymères complexes tels que les polysaccharides et même les lignocelluloses des plantes (LECHEVALIER, 1981; GOODFELLOW et WILLIAMS, 1983); ils jouent, par conséquent, un rôle dans la fertilité des sols.

Les actinomycètes du genre *Frankia* sont des fixateurs symbiotiques de l'azote atmosphérique, formant des nodules chez de nombreuses plantes dicotylédones arbustives, autres que les légumineuses (BEICKING, 1974). Ces plantes peuvent être trouvées dans toutes les parties du monde, y compris les régions tropicales et arctiques; elles sont des "pionniers" extrêmement importants dans les régions où les conditions nutritionnelles limitent la croissance des autres espèces végétales (LECHEVALIER, 1981).

Grâce à leurs propriétés antagonistes, les actinomycètes sont également utilisés pour le contrôle biologique des maladies de certaines plantes; GOODFELLOW et WILLIAMS (1983) ont signalé quelques succès dans la réduction de maladies fongiques.

4 - Les actinomycètes en tant que microorganismes pathogènes et nuisibles

Les actinomycètes peuvent être phytopathogènes. *Nocardia vaccini*, *Rhodococcus fasciens* et quelques espèces de *Streptomyces* dont *S. scabies*, infectent plusieurs plantes, dont la pomme de terre (GOODFELLOW et WILLIAMS, 1983).

Plus nombreux sont les genres et espèces d'actinomycètes pathogènes pour l'homme et les animaux. Certains sont connus depuis très longtemps, comme les agents de la tuberculose et de la lèpre (*Mycobacterium*). Des espèces comme *Nocardia asteroides*, *Actinomyces israelii*, *Dermatophilus congolensis*, *Streptomyces somaliensis*, etc..., sont également responsables de diverses infections telles que les actinomycoses, les nocardioses pulmonaires et systémiques, les actinomycétomes, etc... D'autres genres et espèces peuvent être des pathogènes opportunistes (MISHRA *et al.*, 1980; LECHEVALIER, 1981).

Certains sont responsables de sérieuses réactions d'hypersensibilité et d'allergies pulmonaires (LACEY, 1981).

Enfin, les actinomycètes peuvent également être responsables du goût et de l'odeur désagréable (moisi) de l'eau des réservoirs et même de l'eau potable (LECHEVALIER, 1981; GOODFELLOW et WILLIAMS, 1983).

II - SITUATION DE NOTRE TRAVAIL DANS L'ENSEMBLE DES RECHERCHES DE BIOLOGIE DES SOLS DE L'URZA

C'est en 1977 que notre équipe de recherche de l'URZA entreprit sous la direction du regretté Professeur D. BOUNAGA, une étude systématique de la biologie des sols des palmeraies pour mieux cerner les problèmes de la fusariose du palmier dattier ou bayoud et aboutir à des moyens de lutte contre cette maladie qui a atteint la majorité des palmeraies du sud-ouest algérien et également celles de la région de Ghardaïa.

Les recherches s'orientèrent vers l'étude des champignons (LAGUFI, 1978) et des activités microbiennes (ALI HAIMOUD *et al.*, 1979; CHAMI et BOUNAGA, 1980) au niveau de la rhizosphère des palmiers sensibles (sains et malades) et résistants.

Parallèlement, nous avons recherché des champignons antagonistes de l'agent pathogène : *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* (KILLIAN et MAIRE) GORDON, en vue d'un contrôle biologique du bayoud (SABAOU, 1979). Cependant, les résultats

les plus intéressants furent obtenus avec les actinomycètes. En effet, nous avons constaté que le sol de la palmeraie d'Adrar contenait un pourcentage élevé d'actinomycètes par rapport à la microflore totale et que sur 271 isolats testés, environ 50 % exerçaient une action antibiotique contre *F.o. albedinis* (SABAOU *et al.*, 1980). De même, deux souches identifiées aux espèces *Streptomyces alni* et *Nocardioopsis dassonvillei*, montrèrent, *in vitro*, des actions antibiotique, mycolytique et parasitaire contre le pathogène. L'interaction entre ces deux souches et le champignon dans le sol (dans des conditions de laboratoire) a laissé entrevoir des résultats prometteurs. Ces travaux firent l'objet d'une thèse de Magister (SABAOU, 1980) puis ultérieurement, de quelques publications (SABAOU *et al.*, 1981; AMIR et SABAOU, 1983; SABAOU *et al.*, 1983 et SABAOU et BOUNAGA, 1987).

Parallèlement, AMIR et ses collaborateurs entreprirent des recherches complémentaires sur la lutte biologique contre le bayoud (AMIR, 1981; AMIR *et al.*, 1985), puis continuèrent dans cette voie.

Les résultats obtenus, montrant la richesse en actinomycètes des sols de palmeraies, nous ont amené à effectuer des travaux sur la systématique et l'écologie de ces microorganismes dans ces sols. Ces travaux font partie intégrante des programmes de recherche de l'URZA dans le domaine de :

1 - La connaissance microbiologique et pédologique des sols des palmeraies et de la fusariose du palmier dattier :

Nos recherches sur les actinomycètes s'effectuent parallèlement aux études portant sur la cartographie des sols des palmeraies et sur la dynamique de la matière organique dans ces sols (BENADJI A. et BENADJI-MEFTAH SAOUES H., Thèses de 3ème Cycle en voie de soutenance).

Les isolats d'actinomycètes identifiés dans le cadre du présent travail ont été testés au préalable contre *F.o. albedinis*, afin de mettre en évidence leur action antifongique et sélectionner les plus performants pour les utiliser dans un programme de lutte biologique.

L'ensemble de toutes ces recherches représente donc des études de base sur le problème du bayoud, sur les sols des palmeraies, mais aussi sur celui de la fertilisation des sols en zones arides.

2 - La recherche sur les actinomycètes des sols des palmeraies en vue de la production d'antibiotiques

Cette recherche s'intègre dans le projet de l'URZA que nous dirigeons. Plusieurs souches productrices d'antibiotiques antibactériens et/ou antifongiques, isolées au cours de notre étude, ont été sélectionnées. Les plus performantes ont été retenues et font actuellement l'objet de travaux consistant à identifier les antibiotiques et à améliorer leur production.

Il est à noter que les sols des palmeraies, soumis à des conditions particulières, peuvent constituer un milieu de choix pour l'isolement d'espèces nouvelles d'actinomycètes ou de souches intéressantes par les antibiotiques ou autres substances secrétées.

Dans le cadre du présent travail, nous avons étudié la systématique et l'écologie des actinomycètes des sols de huit palmeraies algériennes : Béni-Abbès, Adrar, Timimoun, El Goléa, Ghardaïa, Ouargla, Touggourt et Tolga. La palmeraie la plus étudiée est celle de Béni-Abbès en raison des travaux pédologiques qui ont été réalisés en parallèle.

Le premier chapitre est réservé à la présentation des régions et des palmeraies, à la description des profils et des horizons de sol ainsi qu'à l'échantillonnage. Les caractéristiques pédologiques principales des échantillons sont également données.

Dans le deuxième chapitre, nous avons étudié la distribution quantitative des actinomycètes et également des bactéries et des champignons (pour pouvoir évaluer l'importance numérique des actinomycètes par rapport à la microflore totale) dans les horizons de surface et profonds de la palmeraie de Béni-Abbès et dans les sols de surface des autres palmeraies. Nous avons également suivi, tous les trois mois et pendant une année, l'évolution de la microflore dans le sol amendé avec des fragments de paille d'orge ou de folioles de palmes de dattier. Les résultats obtenus au cours de ces expériences nous ont permis de déterminer certains facteurs physico-chimiques des sols, intervenant dans la distribution quantitative de ces microorganismes.

Le troisième chapitre est relatif à la systématique des actinomycètes. Au total, 1 059 isolats prélevés à partir des différents échantillons analysés, ont été identifiés. Cette détermination a nécessité l'analyse des constituants cellulaires en acides aminés, en sucres et en lipides, une étude morphologique et une étude physiologique détaillée dans le cas de certains genres et espèces. Parmi les 1 059 isolats, 428 ayant montré une activité antibiotique appréciable (la majorité étant des *Streptomyces*) contre des bactéries et/ou des champignons, ont été identifiés en collaboration avec nos trois post-graduants : HACENE H. (1986); BOUTAIBA A. et ALI OU SALAH A. (magisters en voie de soutenance).

Dans le quatrième chapitre, nous avons étudié la distribution écologique des genres et des espèces d'actinomycètes dans les différents horizons de sols ainsi que dans les sols amendés. Les résultats obtenus sont discutés.

CHAPITRE PREMIER : SITES D'ETUDE ET ECHANTILLONNAGE

I - SITUATION GEOGRAPHIQUE ET CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DES PALMERAIES

Huit palmeraies sont choisies : Béni-Abbès, Adrar, Timimoun, El Goléa, Ghardaïa, Ouargla, Touggourt et Tolga (Figure 1). Elles sont toutes situées dans la région saharienne (zones arides), à l'ouest (Béni-Abbès, Adrar, Timimoun), au centre (Ghardaïa et El Goléa) et plus à l'est (Ouargla, Touggourt et Tolga). La palmeraie qui se trouve le plus au sud est celle d'Adrar (latitude entre 27 et 28°) contrairement à celle de Tolga qui est plus au nord (latitude entre 34 et 35°).

D'après le climagramme d'Emberger, le climat de ces régions est du type saharien. Les caractéristiques essentielles sont des variations d'amplitudes thermiques entre le jour et la nuit (10 à 15°C), des précipitations assez faibles durant l'année, des étés très chauds et des nuits hivernales parfois glaciales, un rayonnement solaire et une évapotranspiration intenses ainsi que des vents violents et fréquents.

A titre indicatif, nous donnons dans les tableaux 1 et 2 des relevés météorologiques effectués à Béni-Abbès et Adrar au cours de quatre années consécutives (1980 à 1983).

La moyenne mensuelle de la température de l'air (relevée sous abri à 12 heures) est représentée par le tableau 1. En général, les températures d'Adrar sont plus élevées que celles de Béni-Abbès. Les températures maximales les plus élevées s'observent aux mois de juillet et août : 42°C à Béni-Abbès et 44°C à Adrar qui est située dans l'une des régions les plus chaudes d'Algérie. Les températures les plus faibles ont lieu aux mois de décembre et janvier. Les températures nocturnes hivernales peuvent atteindre des valeurs en dessous de 0°C.

Les précipitations annuelles (tableau 2) sont faibles et irrégulières d'une année à l'autre. Les valeurs supérieures à 50 mm ne sont obtenues que très rarement.

MUNIER (1973) rapporte des précipitations annuelles de 57,7 mm à Touggourt et 137,8 mm à Biskra, très proche de Tolga, palmeraie qui est située beaucoup plus au nord.

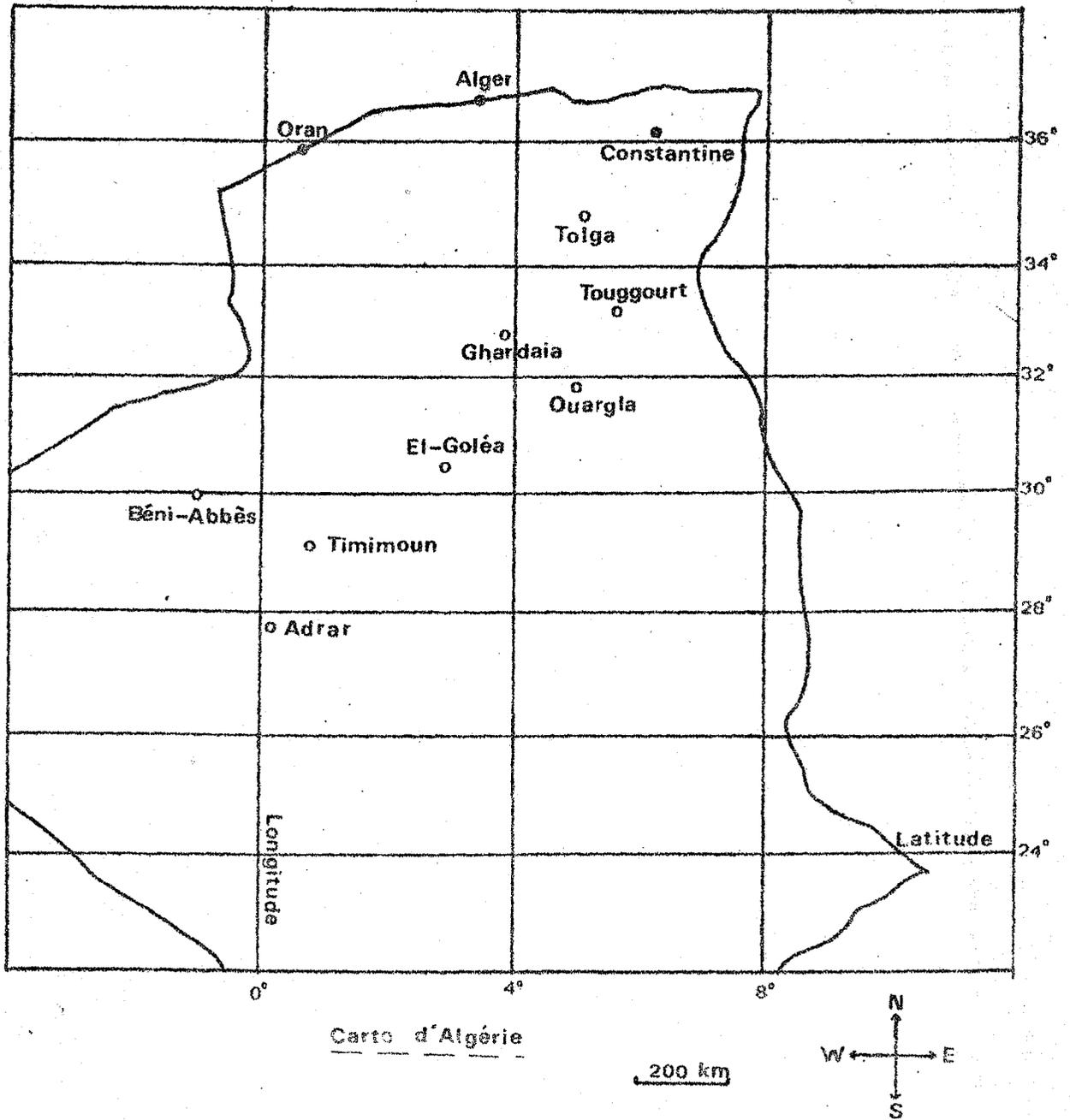


Figure 1 : Situation géographique des palmeraies étudiées (o)

Tableau 1 : Températures moyennes mensuelles de l'air en degrés Celsius
(à 12 heures) à Adrar (AD) et Béni-Abbès (BA)

Années	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyen nes
		1980	AD	12,8	16,2	20,0	25,4	28,9	25,3	36,6	36,2	31,8	24,4	
	BA	10,6	14,8	18,0	28,6	26,5	33,2	35,4	35,6	30,3	22,2	16,1	09,6	23,4
1981	AD	10,2	14,0	22,3	25,8	30,2	37,0	37,0	34,0	31,0	25,9	17,9	14,4	25,0
	BA	09,8	12,7	20,9	22,7	27,8	33,1	35,9	32,5	30,0	24,7	16,7	13,6	23,4
1982	AD	13,6	16,2	20,2	24,5	27,7	33,0	37,9	36,6	31,1	24,9	17,9	14,0	24,8
	BA	11,2	14,1	18,7	20,8	26,4	33,0	35,6	34,6	30,0	22,4	14,9	09,8	22,6
1983	AD	10,5	14,7	20,7	25,5	30,3	34,3	37,4	37,6	32,0	24,9	20,2	12,7	25,7
	BA	08,6	17,2	20,7	24,6	27,3	33,0	35,0	35,0	27,0	25,2	19,8	12,8	23,8

Tableau 2 : Précipitations (en mm) mensuelles et annuelles à Adrar (AD)
et à Béni-Abbès (BA)

Années	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
		1980	AD	0	0,5	1,0	1,5	0	0	0	0	0	0	
	BA	2,4	0	3,3	1,0	0,3	0,4	0	0	2,0	0	48,0	26,3	83,7
1981	AD	0	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	01,8
	BA	0	6,4	0	0	0	0,4	0	0	1,8	0	0	0	08,6
1982	AD	5,6	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	05,9
	BA	0,6	7,9	0	0,5	3,0	0	0,4	0	1,0	0	6,3	0	19,7
1983	AD	0	0	0	1,3	0	0	0	2,3	0	0,8	0	0	04,4
	BA	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	00,3

L'humidité relative moyenne annuelle de l'air est de l'ordre de 27 % à Béni-Abbès et de 23 % à Adrar. Durant la période estivale, elle est inférieure à 12 % dans les deux régions.

II - SITES D'ETUDE ET ECHANTILLONNAGE

Les échantillons de sol sont prélevés dans des conditions aseptiques, durant les mois de février 1983 et 1984 pour ceux des palmeraies de Béni-Abbès, Adrar et Timimouni, et mars et avril 1986 pour ceux des autres palmeraies. Ils sont analysés, soit immédiatement (sols de Béni-Abbès analysés sur place), soit après 16 à 40 heures au maximum (autres palmeraies) et dans ce cas, ils sont conservés durant tout ce temps, à basse température.

1 - Palmeraie de Béni-Abbès

Cette palmeraie est prise comme modèle d'étude pour les raisons suivantes :

- sa superficie est relativement réduite par rapport aux immenses palmeraies, surtout celles du sud-est algérien;
- la palmeraie a fait l'objet de nombreuses études pédologiques et microbiologiques par l'équipe de recherche de biologie des sols de l'URZA;
- la présence de la station de recherche de l'URZA, dotée d'un laboratoire équipé, permet d'effectuer une étude détaillée sur place.

Dans cette palmeraie, nous avons travaillé au niveau d'une séquence de sol ou toposéquence et également au niveau d'une parcelle où le sol est amendé avec des fragments de paille d'orge local ou de folioles de palmier dattier.

1.1 - Toposéquence

1.1.1 - Données pédologiques

Tous les travaux pédologiques relatifs à la toposéquence ont été réalisés par BENADJI A.

La toposéquence passe par le milieu de la palmeraie et est longue d'environ 300 m. Le lieu a été choisi après un sondage préliminaire effectué tous les 10 m et au niveau de toute la palmeraie. La grande majorité des volumes de sol de la palmeraie est représentée au niveau de cette séquence laquelle représente donc un choix modèle pour les analyses.

Les volumes de sol sont déterminés à partir de la surface jusqu'à environ 2 à 2,5 mètres de profondeur (Figure 2).

Le long de la toposéquence, 9 fosses de 3 mètres de profondeur et distantes entre elles de 20 m ou 40 m, furent creusées. Au niveau de chaque profil, plusieurs horizons de sol ont été délimités et définis sur la base de quelques caractéristiques pédologiques.

L'épaisseur des différents horizons et les profondeurs de prélèvements des échantillons de sol sont données dans la figure 3. Quelques caractéristiques physico-chimiques des échantillons sont exposés dans le tableau 3.

Les sols ne sont pas salés. Leur pH est basique (7,9 à 8,9). Ils sont caractérisés par une bonne porosité texturale et une structure massive (V1, V2, V3 et V4) ou massive à débits polyédriques (V5, V6, V7 et V8). Les taux de carbone sont faibles, surtout au niveau du V2 et du V4 (1).

- Le volume de sol V1 est brun. Le taux de carbone varie entre 0,14 et 0,51 %, le taux d'argiles entre 7 et 11 % et celui de calcaire entre 4,3 et 12,3 %.
- Le volume de sol V2 se retrouve uniquement au niveau des profils 1, 2 et 3. Il est de couleur jaune et d'apparence inorganique et très sableux. Le taux de carbone est très faible (0,01 %), de même que celui des argiles (5 %) et de calcaire (1,5 %).
- Le volume de sol V3 est présent dans les mêmes profils que le V2. Il est brun clair à jaune-brun et d'apparence plus organique que le V2. Le taux de carbone est de 0,1 %, celui des argiles de 6 à 10 % et celui de calcaire de 1,4 à 4,4 %.
- Le volume de sol V4 se rencontre uniquement au niveau des profils 1 et 2 et présente les mêmes apparences morphologiques que le V2. Les taux de carbone (0,02 à 0,04 %), des argiles (3,1 à 4,2 %) et de calcaire (0,13 à 1,3 %) sont très faibles.

(1) Pour plus de clarté dans le texte, nous jugeons utile de donner les précisions suivantes :

- Lorsqu'on raisonnera au niveau de la toposéquence, on parlera de volumes de sol. Celui de surface est noté V1 et les autres de V2 à V8. Ces volumes peuvent s'étendre sur toute la séquence (V1, V5) ou sur une partie parfois très limitée (V2, V3 et surtout V4 et V8).
- Lorsqu'on raisonnera au niveau d'un profil, on parlera d'horizons; exemple : les horizons H5V5 du profil 1 (=P1H5V5) et H3V5 du profil 4 (=P4H3V5) appartiennent au même volume de sol (V5), mais H5V5 est en 5ème position dans le profil 1 et en 3ème position dans le profil 4. De même, lorsqu'on précisera : "l'échantillon P1H5V5", cela signifiera : "l'échantillon de sol prélevé au niveau du 5ème horizon du profil 1 et appartenant au volume 5".

→ SW

NE ←

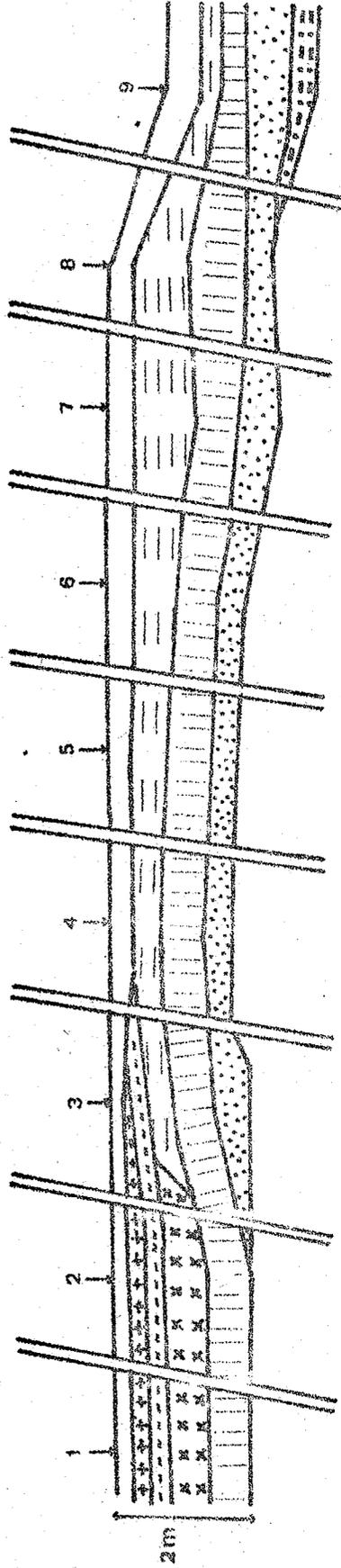
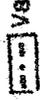
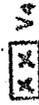
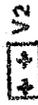
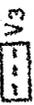


Figure 2 : Toposéquence (schématisée) passant par le milieu de la palmeraie de Béni-Abbès

- Les chiffres de 1 à 9 indiquent les endroits où ont été effectués les profils 1 à 9
- La distance entre les profils est de 20 mètres, sauf entre P4 et P5 et entre P6 et P7 où elle est de 40 mètres (les barres verticales étant des barres de discontinuité).

Volumes de sol



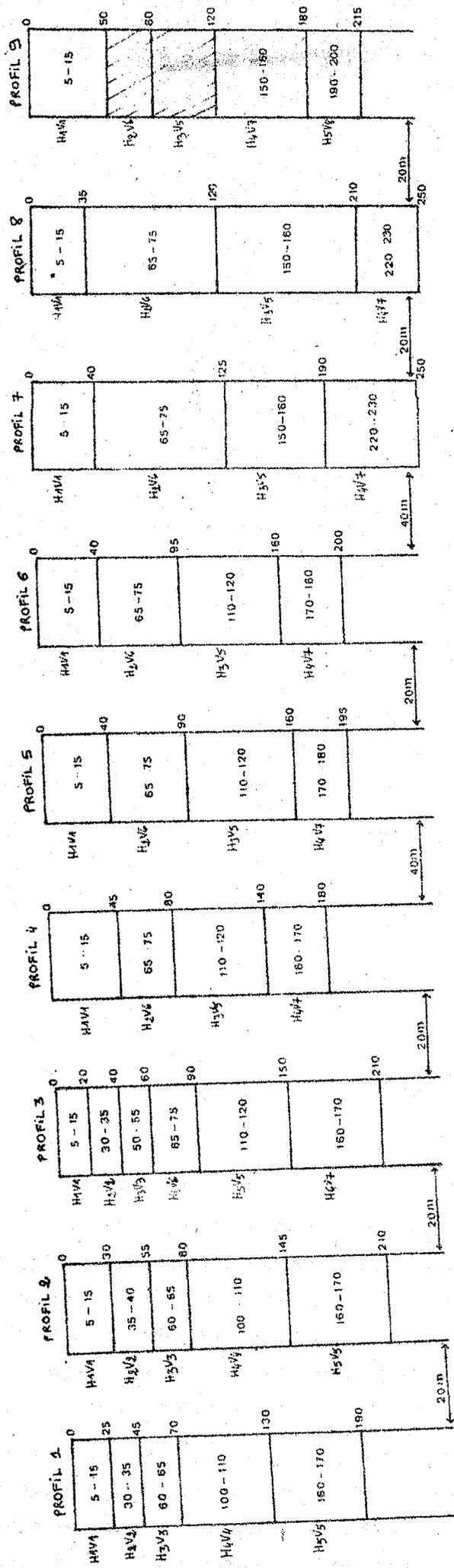


Figure 3 : Palmeraie de Béni-Abbès: profils réalisés au niveau de la toposéquence

- Les profondeurs des horizons et celles des prélèvements de sol (à l'intérieur des rectangles désignant les horizons) sont données en centimètres.
- Les horizons hachurés (profil 9) n'ont pas fait l'objet d'une analyse microbiologique.

Les échantillons sont prélevés, lorsque cela est possible, à une profondeur identique ou assez proche pour les horizons de même volume appartenant à des profils différents.

Exemple :

- Bien que la profondeur et l'épaisseur des horizons du V6 soient très variables, tous les prélèvements sont effectués entre 65 et 75 cm.
- Pour le V5, 4 échantillons sont prélevés entre 110 et 120 cm et 3 autres entre 150 et 170 cm. De même, pour le V7, la profondeur des prélèvements est de 160 à 180 cm au niveau de 4 profils et de 220 à 230 cm pour 2 profils.

1.2 - Amendement du sol avec des fragments de paille d'orge ou de palmes de dattier

Cette expérience est réalisée au niveau d'une parcelle distante d'environ 100 à 150 m (nord-ouest) du milieu de la toposéquence. Tous les travaux concernant la mise en place du dispositif de l'expérimentation, l'amendement du sol, les analyses pédologiques et ceux concernant la composition chimique des pailles et des palmes sont effectués par H. BENADJI-MEFTAH SAQUES.

1.2.1 - Dispositif expérimental

La parcelle choisie (environ 5 m de côté) est uniforme du point de vue pédologique. Quelques caractéristiques physico-chimiques du sol sont données dans le tableau 4. Un dispositif expérimental en blocs aléatoires complets fut mis en place (Figure 4). Trente-six cylindres creux en polychlorure de vinyl, de 15 cm de diamètre et de 40 cm de hauteur, furent enfoncés dans le sol. Trois blocs sont délimités; chacun est constitué de quatre sous-parcelles et dans chacune d'elles, il y a trois cylindres dont :

- un contient du sol non amendé, constituant le témoin (noté T);
- un deuxième contient du sol amendé avec des fragments de 2 cm de paille d'orge locale, jaune et sèche, recueillie après épiaison. Cet essai est noté PL;
- un troisième contient du sol amendé avec des fragments de 2cm de folioles vertes, mais séchées, de palmier dattier. Cet essai est noté PM.

Au total, il y a 12 T, 12 PL et 12 PM.

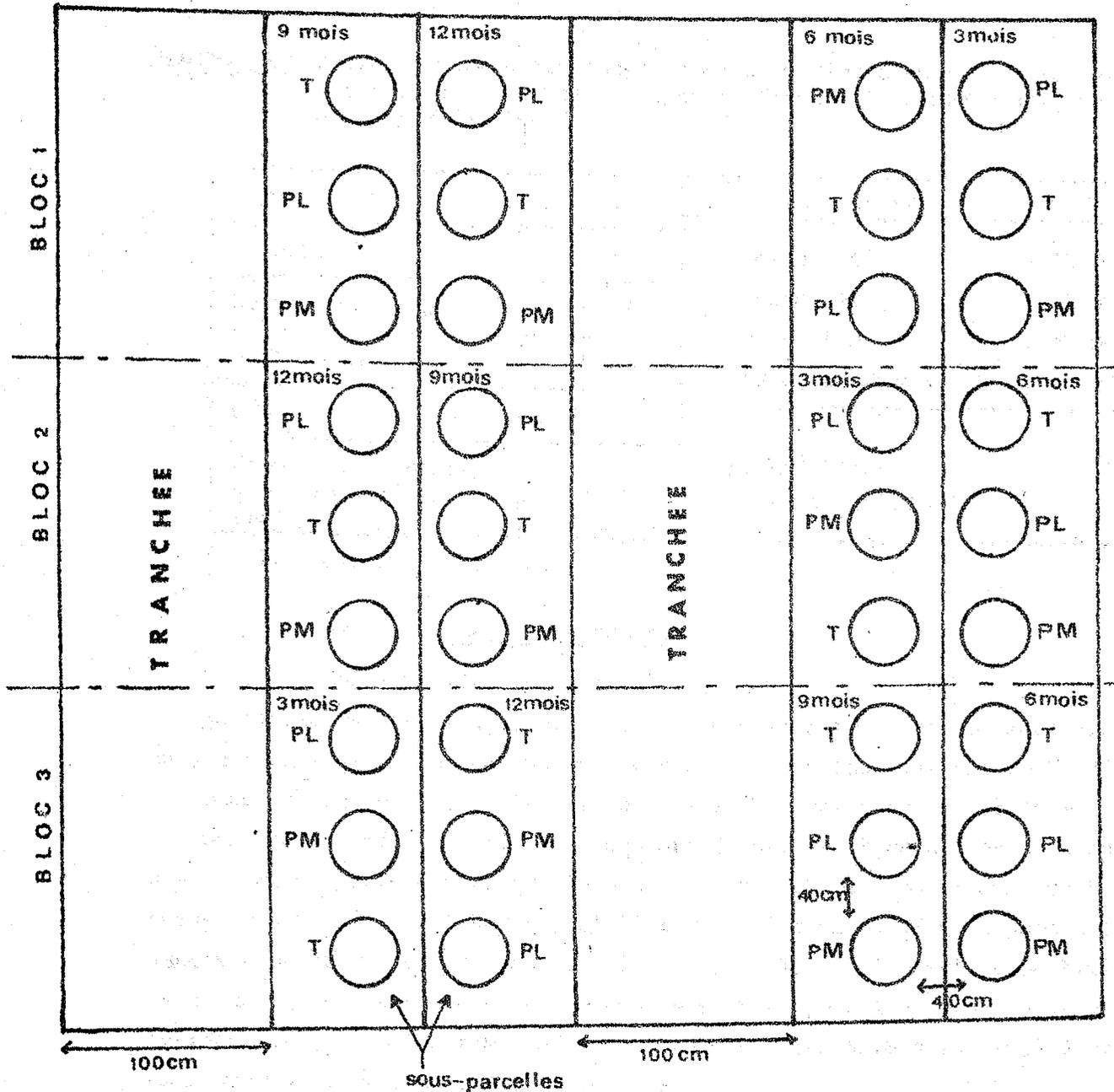


Figure 4 : Dispositif expérimental en bloc aléatoire complet.

- Dans chaque sous-parcelle, il y a trois cylindres : 1 T (sol témoin), 1 PL (sol amendé avec de la paille d'orge) et 1 PM (sol amendé avec des palmes de dattier)
- A l'intérieur de chaque rectangle représentant une sous-parcelle est mentionnée la durée d'incubation (en mois).
- Les tranchées (100 cm de profondeur) furent creusées de manière à adapter un système permettant de recueillir les pluviocessivats dans le cas où il y aurait de fortes chutes de pluie. Ceci s'est avéré inutile car durant toute l'année, il n'y a presque pas eu de pluie.

Tableau 5 : Teneurs en carbone, azote, hémicelluloses, cellulose et lignine brute (exprimées en % du poids) des fragments de paille d'orge et de palmes de dattier avant leur incubation dans le sol

	Carbone	Azote	C/ N	Hémicelluloses	Cellulose	Lignine brute
Paille d'orge	39,2	0,27	145,2	32,2	20,4	41,5
Palmes de dattier	43,2	1,08	40,0	17,4	19,0	59,6

1.2.4 - Caractéristiques microbiologiques de la paille et des palmes

La paille et les palmes n'étant pas autoclavées, nous avons jugé important de faire une analyse microbiologique de leurs broyats respectifs (sous forme de poudre). Les résultats sont exposés dans le tableau 6. Ces résultats montrent que la quantité de microorganismes est excessivement faible; dans les deux cas (paille et palmes), aucun actinomycète, mésophile ou thermophile, n'a été mis en évidence.

Tableau 6 : Caractéristiques microbiologiques de la paille et des palmes

	Paille d'orge	Palmes de dattier
Bactéries mésophiles	250	130
Bactéries thermophiles	35	12
Actinomycètes mésophiles et thermophiles	0	0
Champignons mésophiles	45	22

Les résultats sont exprimés en germes (bactéries) ou propagues (champignons) pour 10 g de poudre sèche de paille ou de palmes.

1.2.5 - Nombre d'échantillons et analyses

Le sol (0-10 cm de profondeur) contenu dans chaque cylindre, représente un échantillon. Les analyses microbiologiques sont effectuées tous les trois mois et pendant une année.

- Au temps $t = 0$ (avril 1983), le sol de la parcelle (non encore amendé) composé de plusieurs prélèvements provenant de sous-parcelles des différents blocs, est analysé.

- A Timimoun, les sols ne sont pas salés, mais plus pauvres en carbone.
- A El Goléa, EG3, contrairement aux trois autres, est prélevé au niveau d'une parcelle abandonnée dont la surface est parsemée de croûtes blanches de sels (CE = 6,3 ms/cm). Le taux de carbone le plus élevé est celui de EG1 (0,72 %) et le taux d'azote le plus faible est obtenu dans EG2 (0,008 %).
- A Ghardaïa, GH1, GH2 et GH3 sont modérément salés à salés. Par contre, GH4 est très salé (CE = 7,4 ms/cm). Le taux de carbone le plus faible est celui de GH2.
- A Ouargla, OG1, OG3 et OG4 sont prélevés dans des parcelles abandonnées. OG3 et OG4 sont très secs (humidité = 1 %). OG3 est le plus pauvre en carbone et c'est le seul qui ne soit pas salé. OG4 est modérément salé; par contre, la salinité devient extrêmement importante dans OG2 et surtout OG1 (CE = 27,6 ms/cm pour ce dernier).
- Exceptionnellement, à Touggourt, les quatre échantillons ne proviennent pas tous d'une même palmeraie. Ils sont prélevés dans deux stations différentes de l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), l'une située à Sidi-Mahdi, à une dizaine de kilomètres de Touggourt (cas de TG1 et de TG2) et l'autre, à El Arfiâne, à environ 40 km au nord de Touggourt (cas de TG3 et de TG4). Cependant, les échantillons sont tous très salés, encore plus TG3 (CE = 26,4 ms/cm); ce dernier échantillon possède le taux le plus élevé de carbone. TG2 est caractérisé par un taux d'azote extrêmement faible (0,007 %).
- A Tolga, seul TL2, très sec et salé, est prélevé dans une parcelle abandonnée. Les autres échantillons étant non salés (TL1 et TL3) ou modérément salé (TL4). D'une manière générale, les échantillons de Tolga sont, comparative-ment à ceux des autres palmeraias, les plus riches en carbone, en azote, en calcaire et parfois aussi en argiles et en limons.

Tableau 7 : Quelques caractéristiques physico-chimiques des échantillons de sol de surface des palmeraies d'Adrar, de Timimoun, d'El Goléa, de Ouargla, de Ghardaïa, de Touggourt et de Tolga.

Palme- raies	Humidité (%) des sols prélevés	pH eau	CaCO ₃ (%)	Carbone (%)	Azote total (%)	C/N	Conductivité (1/5) à 25°C (ms/cm)	Granulométrie					Texture(*)
								Argiles (%)	Limons (%)	Sables fins (%)	Sables grossiers (%)		
Adrar	AD1	10,0	8,0	10,6	0,51	0,037	13,8	1,58	8,10	11,27	63,39	18,55	Sablo-limoneuse
	AD2	5,0	8,0	6,3	0,45	0,022	20,4	1,46	5,85	6,45	56,56	37,12	Sableuse
	AD3	13,5	7,9	6,6	0,42	0,020	21,0	4,37	7,15	7,03	68,06	17,73	Sablo-limoneuse
	AD4	8,5	7,7	8,1	0,75	0,048	15,6	1,21	12,47	12,90	56,50	22,41	Limono-sableuse
Timimoun	TM1	11,0	8,3	3,3	0,26	0,035	7,4	0,78	6,82	8,96	54,12	27,54	Sablo-limoneuse
	TM2	7,5	8,5	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
	TM3	10,5	7,9	3,3	0,30	0,029	10,3	1,30	8,25	8,75	61,52	19,82	sablo-limon.
	TM4	5,5	8,0	4,3	0,35	0,035	10,0	0,25	7,37	9,83	66,92	13,51	sablo-limon.
El Goléa	EG1	11,5	7,7	6,0	0,72	0,056	12,8	0,02	10,32	10,37	69,03	11,28	Sablo-limoneuse
	EG2	6,0	8,8	1,6	0,25	0,048	37,0	0,15	2,22	3,45	70,55	16,90	Sableuse
	EG3	11,5	8,8	6,6	0,25	0,048	37,0	0,15	2,22	3,45	70,55	16,90	Sablo-limon.
	EG4	11,5	7,7	1,6	0,33	0,032	10,3	0,35	8,05	9,07	83,03	5,21	Sablo-limon.
Ouargla	OG1	14,0	8,3	9,0	0,69	NE	NE	3,18	4,6	5,12	78,68	8,08	Sableuse
	OG2	8,0	7,8	3,6	0,30	0,034	8,8	2,58	13,97	13,50	58,11	13,39	Limono-sabl.
	OG3	10,0	8,0	3,5	0,63	0,054	11,7	3,11	6,67	7,02	65,88	13,83	Sablo-limon.
	OG4	6,5	8,4	4,6	0,81	0,043	18,8	7,37	9,62	8,47	57,88	22,86	Sablo-limon.
Touggourt	TG1	13,0	8,2	2,0	0,51	0,027	18,9	27,62	12,27	12,00	48,54	22,86	Limono-sabl.
	TG2	18,5	8,5	0,6	0,27	0,030	9,0	10,09	9,27	8,82	52,83	26,92	Sablo-limon.
	TG3	1,0	7,7	NE	0,15	0,010	15,0	0,53	6,52	6,87	29,47	53,63	Sablo-limon.
	TG4	1,0	8,0	3,5	0,42	0,014	30,0	2,3	6,30	7,60	43,07	42,48	Sablo-limon.
Tolga	TG1	7,5	7,8	5,3	0,20	0,013	15,4	8,89	11,65	9,82	54,04	24,36	Limono-sabl.
	TG2	12,5	8,4	4,6	0,36	0,007	51,4	13,43	9,67	9,17	51,24	18,67	Sablo-limon.
	TG3	15,5	8,7	5,3	1,02	0,044	23,2	26,42	11,20	11,42	60,51	11,67	Limono-sabl.
	TG4	19,0	7,6	3,3	0,45	0,015	30,0	14,30	10,67	9,92	73,82	9,15	Sablo-limon.
Tolga	TL1	6,5	7,8	28,0	2,07	0,163	12,7	0,22	14,75	14,77	57,75	9,31	Limono-sabl.
	TL2	1,5	8,2	27,8	0,72	0,054	13,3	3,82	18,37	18,26	52,75	8,65	Limono-argilo-sableuse
	TL3	2,5	7,6	27,6	1,11	0,093	11,9	0,59	18,92	19,20	42,78	19,09	Limono-argilo-sableuse
	TL4	21,5	7,8	10,6	3,69	0,176	21,00	1,65	11,28	12,00	55,70	21,00	limono-sabl.

(*) Triangle de l'U.S.D.A

NE : analyses non effectuées

CHAPITRE DEUXIEME : DISTRIBUTION QUANTITATIVE DES ACTINOMYCETES
ET AUTRES MICROORGANISMES DANS LES SOLS
DES PALMERAIES

INTRODUCTION

La majorité des travaux sur l'écologie des actinomycètes telluriques sont basés sur les résultats obtenus par la méthode de suspension-dilution des sols, dans des conditions de laboratoire.

Cette méthode fut mieux adaptée aux actinomycètes après d'une part, l'utilisation d'une substance antifongique : le cycloheximide, éliminant les champignons dont la croissance mycélienne importante gêne les dénombrements (PORTER *et al.*, 1960; WILLIAMS et DAVIES, 1965; Eak HOUR et LECLERC, 1973) et d'autre part, l'utilisation de milieux de culture favorisant mieux la croissance des actinomycètes par rapport aux bactéries (PORTER *et al.*, 1960; LINGAPPA et LOCKWOOD, 1962; EL NACKKEB et LECHEVALIER, 1963; KUSTER et WILLIAMS, 1964; WILLIAMS et DAVIES, 1965; MACKAY, 1977; etc...). Plusieurs antibiotiques ont également été utilisés pour l'isolement et le dénombrement de genres ou d'espèces spécifiques, tels que la novobiocine, pour les *Thermoactinomyces* (thermophiles) et les *Micromonospora* (mésophiles) (CROSS, 1968; GOODFELLOW et HAYNES, 1983), la rubomycine et la rifampicine pour les *Actinomadura* (PREOBRAZHENSAYA *et al.*, 1976; ATHALYE *et al.*, 1981), la chlor-tétracycline et la méthacycline pour les *Nocardia* (ORCHARD *et al.*, 1977) et la kanamycine pour l'espèce *Thermonospora chromogena* (McCARTHY et CROSS, 1981).

Dans notre cas, en raison du nombre assez élevé d'échantillons analysés, nous n'avons pas utilisé les méthodes qui permettent d'effectuer le comptage d'isolats appartenant à des genres spécifiques, à l'exception de l'utilisation de la novobiocine pour la sélection des espèces de *Thermoactinomyces*. Cependant, avant d'entreprendre les travaux, nous avons réalisé une expérience préliminaire qui nous a permis de choisir les milieux les mieux adaptés à la numération des actinomycètes.

Les observations macro et microscopiques sont effectuées scrupuleusement de manière à s'assurer que les isolats de chaque groupe possèdent les mêmes caractères morphologiques et culturels et ont donc des chances d'appartenir à une même espèce. Certains d'entre eux seront par la suite retenus pour une détermination plus complète, de manière à s'assurer définitivement de leur appartenance à une même espèce.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

I - PALMERAIE DE BENI-ABBES

1 - Toposéquence

1.1 - Résultats

1.1.1 - Les mésophiles

1.1.1.1 - Distribution quantitative

Les résultats sont exposés dans le tableau 8.

Nous remarquons que les populations des actinomycètes, des bactéries et des champignons présentent une grande variabilité quantitative dans les V1, V6, V5 et V7, suivant les profils et ce, contrairement aux V2, V3 et V4.

- Au niveau du V1, les densités varient entre 1 et 10 millions de propagules par gramme de sol sec (= p/gss) pour les actinomycètes, entre 7 et 28 millions de germes (= g/gss) pour les bactéries et entre $1,4$ et $4,7 \times 10^4$ p/gss pour les champignons. Le pourcentage des actinomycètes par rapport à la microflore totale est appréciable (15,7 à 37,8 %).
- Dans le V2, les densités des trois groupes microbiens diminuent fortement par rapport à celles du V1. La quantité d'actinomycètes n'est que de $0,73$ à $2,26 \times 10^4$ p/gss; leur pourcentage par rapport à la totalité des microorganismes est très faible (2,5 à 6,6 %).
- Dans le V3, pourtant plus profond, le nombre et le pourcentage d'actinomycètes sont significativement plus élevés que ceux obtenus dans le V2 : 10 à $14,5 \times 10^4$ p/gss, représentant 28,3 à 47,6 % de la microflore totale. Par contre, les populations bactériennes et fongiques décroissent encore par rapport à celles du V2.
- Dans le V4, la densité des trois groupes microbiens est plus faible que celle du V3. Cependant, la quantité d'actinomycètes ($0,74$ à $1,08 \times 10^4$ p/gss) est à peu près similaire à celle du V2, pourtant moins profond, et leur pourcentage (15 à 19,3 %), relativement plus élevé que dans ce dernier volume, mais moindre que celui obtenu dans le V3. Il est à noter que dans le V4, la densité des champignons est nulle ou excessivement faible.
- Dans le V6, la quantité d'actinomycètes varie entre $2,1$ et $9,7 \times 10^4$ p/gss et le pourcentage de 10 à 13 %, à l'exception de P6H2V6 où le nombre et le pourcentage atteignent respectivement $35,5 \times 10^4$ p/ss et 57,13 %. Nous

- constatons dans tous les cas que la densité des actinomycètes dans le V6 est significativement supérieure à celle du V4, inférieure (sauf P6H2V6) à celle du V3 et supérieure ou égale à celle du V2. Les densités bactériennes et fongiques sont très variables suivant les profils, les valeurs maximales étant obtenues respectivement au niveau des profils 6 et 7.
- Dans le V5, la densité des actinomycètes ($4,3$ à $27,6 \times 10^4$ p/gss) est toujours supérieure à celles obtenues dans le V2 et le V4; elle est même supérieure à celle du V6 si on considère le même profil (sauf le n° 6). Leur pourcentage est très élevé : 67 à 89 % de la microflore totale. Cependant, on remarque que le nombre d'actinomycètes est, par exemple, plus important dans P7H3V5 que dans P3H5V5 et P4H3V5 pourtant moins profonds. La population bactérienne est dans tous les cas plus faible que celle du V6. La densité des champignons est supérieure à celle obtenue dans V3 et V4, équivalente ou supérieure à celle de V2 et inférieure, similaire ou supérieure (selon les profils) à celle de V6 avec un maximum au niveau du profil 6.
 - Dans le V7, la densité des actinomycètes est en général plus faible que celle du V5 et ce, en considérant le même profil. Leur nombre varie entre $0,9$ et $7,5 \times 10^4$ p/gss, mais leur pourcentage par rapport à la microflore totale est très élevé : 78,7 à 91,3 %. La population bactérienne est encore plus faible que celle des autres volumes. Pour la densité fongique, les mêmes constatations sont faites que pour le V5, avec toujours un maximum au niveau du profil 6.
 - Dans le V8, représenté uniquement au niveau du profil 9 et dont les caractéristiques rappellent beaucoup celles du V5, la densité des trois groupes microbiens est très faible, avec cependant, comme pour le V5 et le V7, une nette prédominance des actinomycètes (83,6 %).

Les figures 5, 6 et 7 représentent les variations de la densité de chacun des trois groupes de microorganismes en fonction de la profondeur et au niveau des horizons de sol de chaque profil (sauf ceux du V1).

- . Pour les actinomycètes (Figure 5), les mêmes types de variations sont généralement notés au niveau des profils composés par les mêmes horizons.
 - Dans les profils 1, 2 et 3, leur nombre et leur pourcentage, assez bas dans le V2, augmentent dans le V3 pourtant plus profond, diminuent dans le V4 (ou V6 pour le profil 3) et reaugmentent dans le V5 lequel est encore plus profond. Au niveau du P3, le nombre baisse dans le V7, mais le pourcentage s'élève.

- Dans les profils 4, 5, 7 et 8, la densité des actinomycètes croît en passant du V6 au V5 et décroît dans le V7. Leur pourcentage augmente graduellement en fonction de la profondeur.
 - Exceptionnellement dans le P6, le nombre d'actinomycètes est plus élevé dans V6 et baisse dans V5 et V7. Inversement, leur pourcentage augmente.
 - Enfin, dans P9, leur quantité est plus élevée dans V7 que dans V8, plus profond.
- . Pour les bactéries (Figure 6), les résultats sont différents. En effet, nous constatons qu'au niveau de tous les profils, leur densité diminue en fonction de la profondeur, en passant d'un horizon à un autre et ceci, indépendamment des caractéristiques pédologiques de chaque horizon.
 - . Pour les champignons (Figure 7), la population décroît en fonction de la profondeur jusqu'aux horizons du V5 où elle augmente nettement, puis diminue de nouveau dans le V7. Les seules exceptions sont notées dans les profils 7 et 8 où la densité fongique est plus élevée dans V6 que dans V5.

1.1.1.2 - *Distribution des différents groupes dominants d'actinomycètes*

Lors des comptages des colonies, nous avons remarqué parfois une dominance plus ou moins marquée de groupes d'isolats macro et micromorphologiquement semblables entre eux, au sein du même groupe. Une étude partielle de plusieurs d'entre eux (se référer au "Matériel et Méthodes", paragraphe III), nous a permis de les subdiviser en 9 groupes (Tableau 9), les représentants de chacun d'entre eux ayant de fortes chances d'appartenir à une même espèce.

Cette dominance peut être observée, soit au niveau de certains profils seulement (groupes 6, 7, 8 et 9), soit au niveau de tous les profils d'un même volume (groupes 1, 2, 3, 4 et 5), ce qui pourrait constituer dans ce cas, des données très importantes pour la connaissance de l'écologie des actinomycètes.

La dominance des groupes d'isolats est moins marquée dans les sols de surface V1 (seulement 5 à 15 % du total des actinomycètes) que dans ceux qui sont plus profonds : 5 à 30 % dans V6, 30 à 50 % dans V2 et V4 et jusqu'à 80 % dans V3, V5, V7 et V8. Le cas le plus intéressant est celui du groupe 5 dont les isolats prédominent dans tous les échantillons prélevés au niveau des volumes de sol à caractères pédologiques assez proches (V6, V5, V7 et V8); ces isolats constituent la presque totalité des actinomycètes des volumes les plus profonds (V5, V7 et V8).

Tableau 8 : Distribution quantitative des actinomycètes, des bactéries et des champignons mésophiles dans les différents volumes de sol de la palmeraie de Béni-Abbès

Volumes de sol	V1			V2			V3			V4			V5			V6			V7			V8				
	A x 10 ⁶	B x 10 ⁶	C x 10 ⁴	A x 10 ⁴	B x 10 ⁴	C x 10 ²	A x 10 ⁴	B x 10 ⁴	C x 10 ²	A x 10 ⁴	B x 10 ⁴	C x 10 ²	A x 10 ⁴	B x 10 ⁴	C x 10 ²	A x 10 ⁴	B x 10 ⁴	C x 10 ²	A x 10 ⁴	B x 10 ⁴	C x 10 ²	A x 10 ⁴	B x 10 ⁴	C x 10 ²		
1	A:	9,1 ± 1,3*	(27,7)**	0,7 ± 0,09	(2,5)	10,0 ± 1,7	(28,3)	1,1 ± 0,3	(19,3)	8,5 ± 1,1	(67,0)	8,5 ± 1,1	8,5 ± 1,1	(67,0)	8,5 ± 1,1	8,5 ± 1,1	(67,0)	8,5 ± 1,1	8,5 ± 1,1	(67,0)	8,5 ± 1,1	8,5 ± 1,1	(67,0)	8,5 ± 1,1	8,5 ± 1,1	(67,0)
	B:	23,7 ± 3,1		28,7 ± 2,8		25,3 ± 2,3		4,5 ± 0,6		4,2 ± 0,7		4,2 ± 0,7		4,2 ± 0,7		4,2 ± 0,7		4,2 ± 0,7		4,2 ± 0,7		4,2 ± 0,7		4,2 ± 0,7		4,2 ± 0,7
	C:	3,3 ± 0,2		1,4 ± 0,1		0,9 ± 0,08		0,3 ± 0,04		2,7 ± 0,2		2,7 ± 0,2		2,7 ± 0,2		2,7 ± 0,2		2,7 ± 0,2		2,7 ± 0,2		2,7 ± 0,2		2,7 ± 0,2		2,7 ± 0,2
2	A:	4,3 ± 0,5	(37,8)	1,1 ± 0,1	(3,7)	12,0 ± 2,1	(41,9)	0,7 ± 0,1	(15,0)	4,8 ± 0,6	(73,8)	4,8 ± 0,6	4,8 ± 0,6	(73,8)	4,8 ± 0,6	4,8 ± 0,6	(73,8)	4,8 ± 0,6	4,8 ± 0,6	(73,8)	4,8 ± 0,6	4,8 ± 0,6	(73,8)	4,8 ± 0,6	4,8 ± 0,6	(73,8)
	B:	7,1 ± 0,9		29,0 ± 3,3		16,7 ± 1,9		4,2 ± 0,5		1,7 ± 0,2		1,7 ± 0,2		1,7 ± 0,2		1,7 ± 0,2		1,7 ± 0,2		1,7 ± 0,2		1,7 ± 0,2		1,7 ± 0,2		1,7 ± 0,2
	C:	3,2 ± 0,3		2,0 ± 0,2		0,7 ± 0,05		0		22,8 ± 3,0		22,8 ± 3,0		22,8 ± 3,0		22,8 ± 3,0		22,8 ± 3,0		22,8 ± 3,0		22,8 ± 3,0		22,8 ± 3,0		22,8 ± 3,0
3	A:	3,5 ± 0,4	(28,6)	2,3 ± 0,2	(6,6)	14,5 ± 2,2	(47,6)	14,5 ± 2,2		2,2 ± 0,2	(13,0)	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,2	(13,0)	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,2	(13,0)	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,2	(13,0)	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,2	(13,0)	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,2	(13,0)
	B:	8,8 ± 0,9		32,0 ± 3,8		16,0 ± 1,8		16,0 ± 1,8		14,7 ± 1,9		14,7 ± 1,9		14,7 ± 1,9		14,7 ± 1,9		14,7 ± 1,9		14,7 ± 1,9		14,7 ± 1,9		14,7 ± 1,9		14,7 ± 1,9
	C:	1,4 ± 0,2		2,0 ± 0,2		0,6 ± 0,04		0,6 ± 0,04		0		0		0		0		0		0		0		0		0
4	A:	1,7 ± 0,1	(16,4)							2,1 ± 0,2	(13,0)	2,1 ± 0,2	2,1 ± 0,2	(13,0)	2,1 ± 0,2	2,1 ± 0,2	(13,0)	2,1 ± 0,2	2,1 ± 0,2	(13,0)	2,1 ± 0,2	2,1 ± 0,2	(13,0)	2,1 ± 0,2	2,1 ± 0,2	(13,0)
	B:	8,8 ± 0,7								14,1 ± 1,5		14,1 ± 1,5		14,1 ± 1,5		14,1 ± 1,5		14,1 ± 1,5		14,1 ± 1,5		14,1 ± 1,5		14,1 ± 1,5		14,1 ± 1,5
	C:	4,2 ± 0,5								0,1 ± 0,01		0,1 ± 0,01		0,1 ± 0,01		0,1 ± 0,01		0,1 ± 0,01		0,1 ± 0,01		0,1 ± 0,01		0,1 ± 0,01		0,1 ± 0,01
5	A:	3,3 ± 0,3	(26,4)							5,7 ± 0,9	(10,4)	5,7 ± 0,9	5,7 ± 0,9	(10,4)	5,7 ± 0,9	5,7 ± 0,9	(10,4)	5,7 ± 0,9	5,7 ± 0,9	(10,4)	5,7 ± 0,9	5,7 ± 0,9	(10,4)	5,7 ± 0,9	5,7 ± 0,9	(10,4)
	B:	9,2 ± 1,0								48,7 ± 5,3		48,7 ± 5,3		48,7 ± 5,3		48,7 ± 5,3		48,7 ± 5,3		48,7 ± 5,3		48,7 ± 5,3		48,7 ± 5,3		48,7 ± 5,3
	C:	1,8 ± 0,1								3,8 ± 0,4		3,8 ± 0,4		3,8 ± 0,4		3,8 ± 0,4		3,8 ± 0,4		3,8 ± 0,4		3,8 ± 0,4		3,8 ± 0,4		3,8 ± 0,4
6	A:	6,4 ± 0,7	(23,5)							35,5 ± 4,3	(57,1)	35,5 ± 4,3	35,5 ± 4,3	(57,1)	35,5 ± 4,3	35,5 ± 4,3	(57,1)	35,5 ± 4,3	35,5 ± 4,3	(57,1)	35,5 ± 4,3	35,5 ± 4,3	(57,1)	35,5 ± 4,3	35,5 ± 4,3	(57,1)
	B:	21,0 ± 2,8								26,7 ± 3,1		26,7 ± 3,1		26,7 ± 3,1		26,7 ± 3,1		26,7 ± 3,1		26,7 ± 3,1		26,7 ± 3,1		26,7 ± 3,1		26,7 ± 3,1
	C:	2,3 ± 0,2								3,7 ± 0,3		3,7 ± 0,3		3,7 ± 0,3		3,7 ± 0,3		3,7 ± 0,3		3,7 ± 0,3		3,7 ± 0,3		3,7 ± 0,3		3,7 ± 0,3

A = actinomycètes B = bactéries et C = champignons. Les quantités sont exprimées par gramme de sol sec. * écarts types (5 répétitions). ** pourcentage des actinomycètes par rapport à la microflore totale.

Tableau 8 (suite)

Volumes de sol Profils numéros	V1 ⁸		V2 ⁴		V3 ⁴		V4 ⁴		V6 ⁴		V5 ⁴		V7 ⁴		V8 ⁴	
	A × 10 ⁶	B × 10 ⁴	A × 10 ⁴	B × 10 ²	A × 10 ⁴	B × 10 ²	A × 10 ⁴	B × 10 ²	A × 10 ⁴	B × 10 ²	A × 10 ⁴	B × 10 ²	A × 10 ⁴	B × 10 ²	A × 10 ⁴	B × 10 ²
7	A: 4,6 ± 0,4* (33,3)**								9,7 ± 1,4 (12,8)		21,5 ± 3,5 (84,8)		3,3 ± 0,2 (87,4)			
	B: 9,2 ± 1,1								66,0 ± 7,3		3,8 ± 0,5		0,5 ± 0,05			
	C: 4,7 ± 0,3								9,8 ± 1,1		4,4 ± 0,5		3,3 ± 0,3			
8	A: 1,4 ± 0,2 (15,7)								4,2 ± 0,9 (10,0)		6,0 ± 0,8 (82,0)		0,9 ± 0,2 (80,7)			
	B: 7,5 ± 0,7								38,0 ± 4,1		1,3 ± 0,1		0,2 ± 0,04			
	C: 2,8 ± 0,3								4,1 ± 0,5		3,2 ± 0,3		0,7 ± 0,3			
9	A: 9,6 ± 1,4 (25,6)												14,9 ± 2,1 (78,8)		4,2 ± 0,6 (83,5)	
	B: 28,0 ± 3,1												4,0 ± 0,4		0,8 ± 0,1	
	C: 3,8 ± 0,4												3,2 ± 0,2		2,4 ± 0,3	

A = actinomycètes, B = bactéries et C = champignons.

Les quantités sont exprimées par gramme de sol sec.

* écarts types (5 répétitions), ** pourcentage des actinomycètes par rapport à la microflore totale.

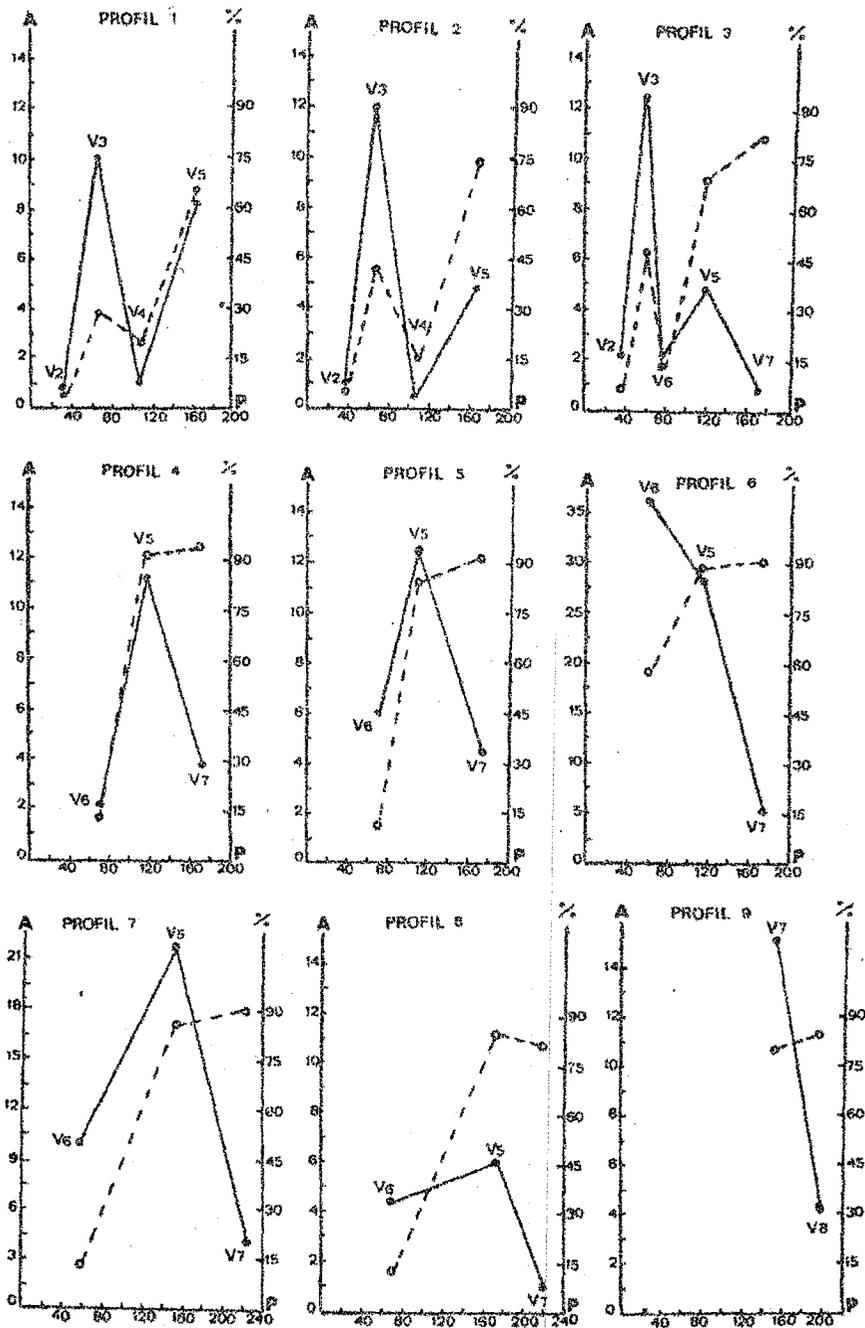


Figure 5 : Variations de la densité des actinomycètes mésophiles dans les horizons profonds de sol au niveau des différents profils de la palmeraie de Béni-Abbès

—●— A = nombre d'actinomycètes ($\times 10^4$) par gramme de sol sec

P = profondeur des prélèvements du sol (en centimètre)

- - - ● - - - % = pourcentage des actinomycètes par rapport à la microflore totale

V1 à V8 : échantillons de sol prélevés au niveau des différents volumes.

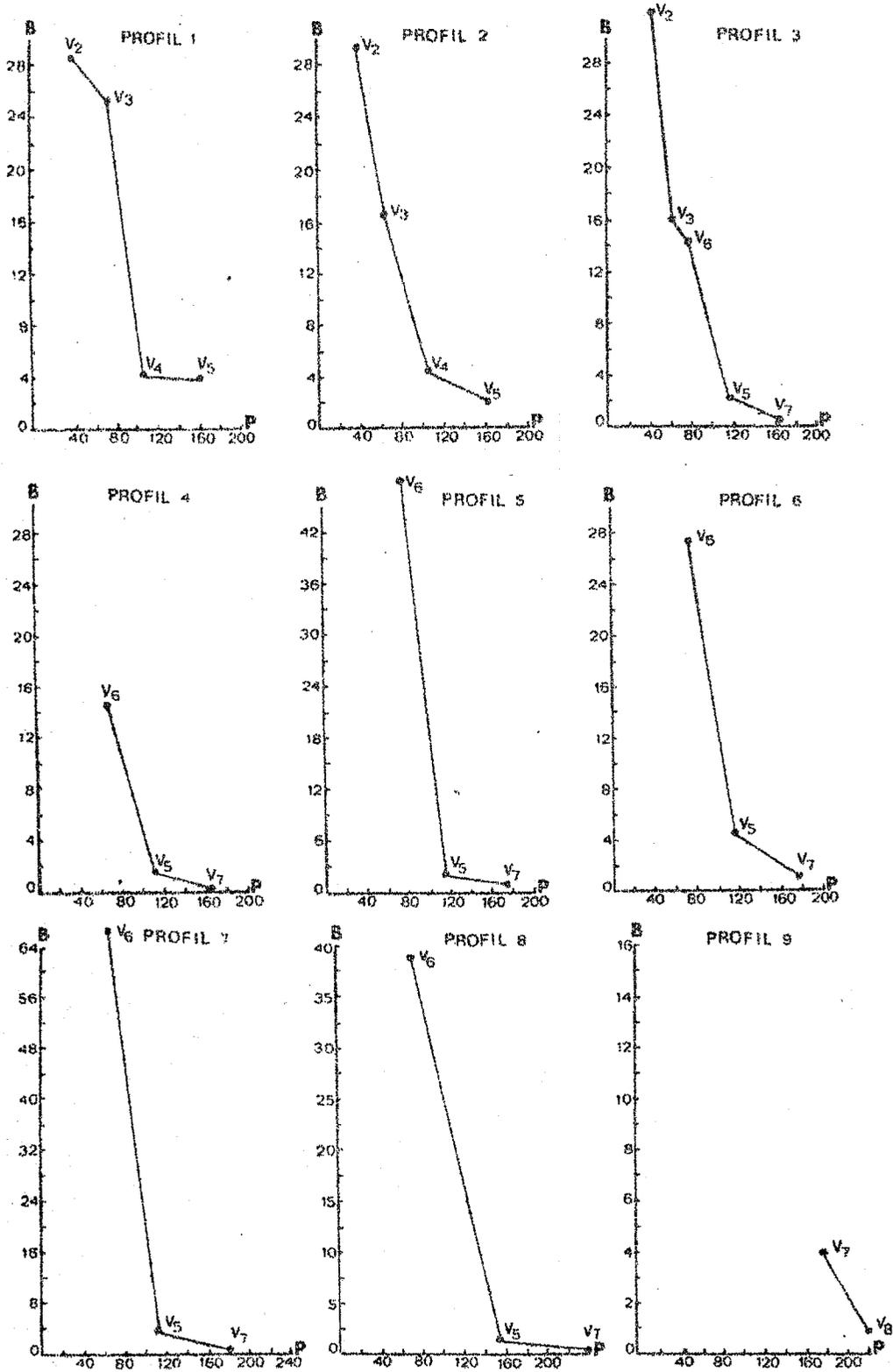


Figure 6 : Variations de la densité des bactéries mésophiles dans les horizons profonds de sol au niveau des différents profils de la palmeraie de Béni-Abbès.

B = nombre de bactéries ($\times 10^4$) par gramme de sol sec

P = profondeur des prélèvements du sol (en centimètre)

V1 à V8 : échantillons de sol prélevés au niveau des différents volumes.

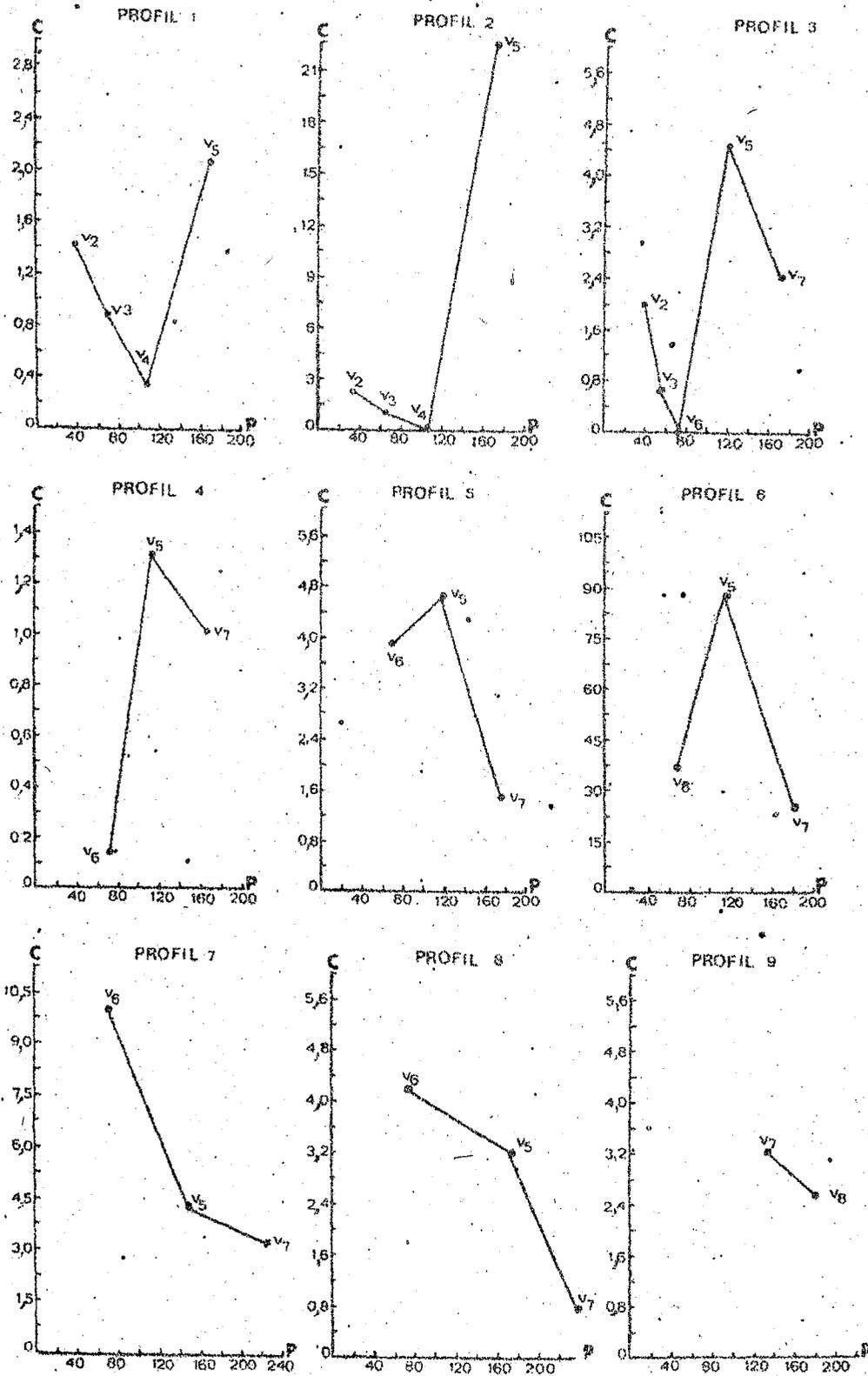


Figure 7 : Variations de la densité des champignons mésophiles dans les horizons profonds de sol au niveau des différents profils de la palmeraie de Béni-Abbès

C = nombre de champignons ($\times 10^2$) par gramme de sol sec
 P = profondeur des prélèvements du sol (en centimètre)
 V1 à V8 : échantillons de sol prélevés au niveau des différents volumes.

Tableau 9 : Distribution quantitative des groupes d'actinomycètes dominants au niveau des différents volumes de sol de la palmeraie de Béni-Abbès

Volumes de sol	Numéro des groupes	% approximatif par rapport au total des actinomycètes
V1 : tous les profils	1	5 à 15 %
V2 : tous les profils	2	30 à 50 %
V3 : tous les profils	3	80 %
V4 : tous les profils	4	30 %
tous les profils	5	5 à 20% (et 30% dans P6)
V6 uniquement P6	6	60 %
uniquement P3	7	10 %
tous les profils	5	80 %
V5 uniquement P1, P2 et P3	8	5 à 10 %
uniquement P1	9	5 à 10 %
V7 : tous les profils	5	80 %
V8	5	80 %

1.1.2 - Les thermophiles

1.1.2.1 - Les actinomycètes

Les résultats sont exposés dans le tableau 10.

Les actinomycètes thermophiles sont aisément dénombrés sur gélose nutritive contenant de la novobiocine, laquelle sélectionne strictement les espèces du genre *Thermoactinomyces*. Cependant, aucun isolat appartenant à un autre genre n'a été observé, même dans le milieu sans novobiocine.

- Dans le V1, leur densité varie entre 530 et 4 470 p/gss; leur pourcentage par rapport à la totalité des thermophiles* oscille entre 5 et 20 %.
- Dans le V2, cette densité devient excessivement faible (14 à 22 p/gss). Elle augmente légèrement dans le V3 (31 à 40 p/gss) puis diminue ou s'annule dans le V4 (0 à 11 p/gss), alors que dans tous les cas, le pourcentage

* Les champignons thermophiles ne sont pas considérés, leur densité étant excessivement faible ou le plus souvent nulle.

par rapport à la totalité des thermophiles reste très faible (0 à 3 %). Dans le V6, la densité augmente et oscille entre 40 et 175 p/gss, mais le pourcentage reste faible (1,4 à 5,2 %), alors que dans V5, elle varie entre 30 et 150 p/gss suivant les profils, mais le pourcentage devient assez élevé (40,2 à 100 %). Dans le V7, le nombre d'actinomycètes est nul, sauf au niveau des profils 6 (29 p/gss) et 9 (55 p/gss).

Si on considère les variations de la quantité d'actinomycètes par profil, nous constatons, comme le montre la figure 8, que :

- . dans les profils 1 et 2, le nombre d'actinomycètes, faible dans le V2, augmente dans le V3, diminue dans le V4 et reaugmente dans le V5.
- . Dans le profil 3, ce nombre augmente du V2 au V3 puis au V6, diminue très peu dans V5 et s'annule même dans V7.
- . Dans les profils 4, 5, 6, 7 et 8, la population reste plus ou moins stable en allant du V6 au V5 puis diminue fortement au niveau du V7 jusqu'à s'annuler.
- . Dans le profil 9, la population du V7 est supérieure à celle du V8.

1.1.2.2 - Les bactéries

Le tableau 10 montre que dans le V1, les bactéries constituent la majeure partie de la microflore thermophile. Leur densité varie de 5,2 à 22×10^3 g/gss et leur pourcentage, de 80 à 95 %. Cette densité est beaucoup plus faible dans les sols profonds.

La figure 9 montre que :

- Dans les profils 1, 2 et 3, la population bactérienne augmente légèrement en allant du V2 au V3, diminue dans le V4 (ou V6); devient très faible dans le V5 et s'annule dans le V7 du profil 3.
- Dans les autres profils, leur quantité diminue considérablement en allant du V6 au V5 et s'annule dans le V7, sauf au niveau du profil 6 où seuls 12 g/gss sont dénombrés.
- Dans le profil 9, le V7, moins profond que le V8, contient 30 g/gss alors que ce dernier n'en contient pas.

Il est intéressant de constater que, exception faite pour le V3, la densité des bactéries thermophiles diminue en fonction de la profondeur (indépendamment des caractéristiques pédologiques des horizons), comme dans le cas des bactéries mésophiles.

Tableau 10 : Palmeraie de Béni-Abbès : dénombrement des bactéries et des actinomycètes thermophiles

Volumes de sol	V1	V2	V3	V4	V6	V5	V7	V8
Profils n°								
1	B: 5 200 (± 680)* A: 740 (± 69) (12,4 %)**	B: 1 100 (± 224) A: 18 (± 3) (1,6 %)	B: 1 500 (± 180) A: 40 (± 6) (2,6 %)	B: 650 (± 66) A: 0 (0 %)		B: 20 (± 4) A: 160 (± 19) (88,9 %)		
2	B: 6 800 (± 835) A: 530 (± 46) (7,2 %)	B: 1 800 (± 195) A: 22 (± 5) (1,2 %)	B: 2 300 (± 263) A: 31 (± 5) (1,3 %)	B: 820 (± 109) A: 11 (± 2) (1,3 %)		B: 47 (± 6) A: 120 (± 11) (71,8 %)		
3	B: 7 000 (± 884) A: 800 (± 71) (10,2 %)	B: 2 320 (± 256) A: 14 (± 3) (0,6 %)	B: 2 840 (± 303) A: 32 (± 4) (1,1 %)		B: 2500 (± 251) A: 113 (± 14) (4,3 %)	B: 38 (± 4) A: 96 (± 11) (71,6 %)	B: 0 A: 0	
4	B: 10 300 (± 1 152) A: 1 780 (± 162) (14,7 %)				B: 2830 (± 272) A: 40 (± 5) (1,4 %)	B: 25 (± 3) A: 36 (± 3) (59 %)	B: 0 A: 0	
5	B: 17 300 (± 2 031) A: 4 470 (± 420) (20,5 %)				B: 2300 (± 283) A: 50 (± 6) (2,1 %)	B: 0 A: 60 (± 5) (100 %)	B: 0 A: 0	
6	B: 21 400 (± 2 215) A: 4 280 (± 430) (16,7 %)				B: 3 200 (± 356) A: 175 (± 21) (5,2 %)	B: 223 (± 25) A: 150 (± 13) (40,2 %)	B: 12 (± 1) A: 29 (± 3) (70,7 %)	
7	B: 20 800 (± 2 122) A: 3 580 (± 324) (14,7 %)				B: 2 280 (± 230) A: 98 (± 10) (4,1 %)	B: 80 (± 9) A: 80 (± 7) (50 %)	B: 0 A: 0	
8	B: 22 500 (± 2 242) A: 1 250 (± 110) (5,3 %)				B: 3 810 (± 416) A: 120 (± 11) (3,0 %)	B: 16 (± 3) A: 93 (± 8) (85,3 %)	B: 0 A: 0	
9	B: 14 600 (± 1 513) A: 2 220 (± 241) (13,2 %)						B: 30 (± 4) A: 55 (± 6) (64,7 %)	B: 0 A: 30 (± 3) (100 %)

Les nombres sont exprimés en propagules (ou germes) par gramme de sol sec.
 B = Bactéries; A = Actinomycètes; * écarts types; ** pourcentages des actinomycètes par rapport à la microflore totale

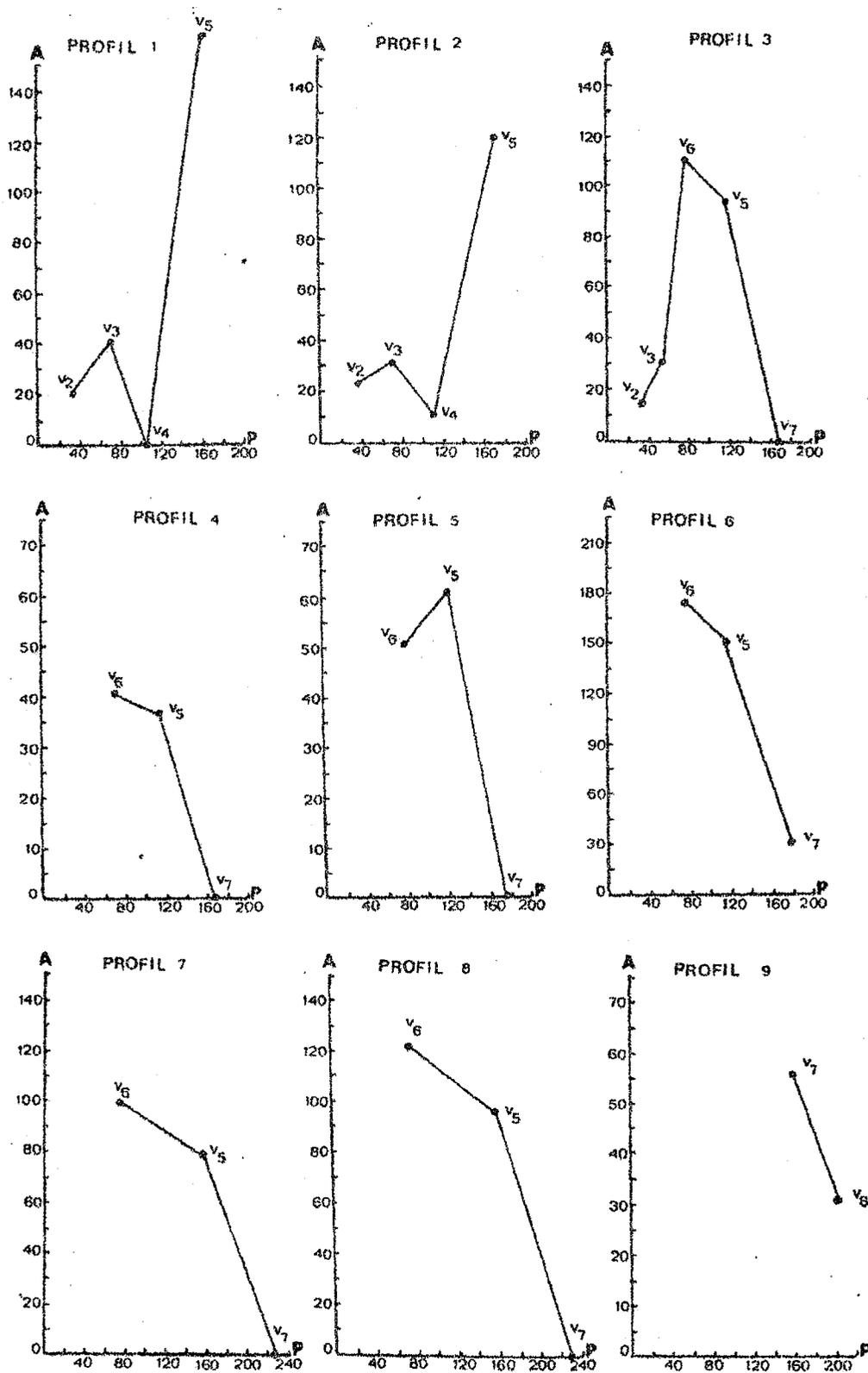


Figure 8 : Variations de la densité des actinomycètes thermophiles dans les horizons profonds de sol au niveau des différents profils de la palmeraie de Béni-Abbès.

A = nombre d'actinomycètes par gramme de sol sec

P = profondeur des prélèvements du sol (en centimètre)

V1 à V8 : échantillons de sol prélevés au niveau des différents volumes.

1.2 - Discussion

La grande variabilité quantitative des microorganismes dans les sols de surface V1 peut s'expliquer par la répartition inégale du carbone organique et par le fait que les sols ont supporté, bien avant les prélèvements, des cultures diverses qui influent directement et différemment sur la population microbienne tellurique. Dans V2, V3 et V4, cette variabilité est minime car ces sols sont peu ou pas soumis à l'influence des cultures et la quantité de carbone organique est à peu près la même pour les échantillons appartenant à un même volume. Par contre, cette variabilité s'observe de nouveau dans V6, V5 et V7, plus profonds, et dans ce cas, elle est en relation avec la richesse des horizons en racines âgées de palmier dattier.

Les échantillons de sol prélevés à partir des volumes de surface ou peu profonds, sont le plus souvent sableux à sablo-limoneux et donc caractérisés par une porosité importante. Même dans les volumes profonds V5 qui sont assez riches en argiles et extrêmement durs, on remarque un nombre très élevé de pores et le calcaire est en quantité relativement importante. Cette constitution favorise donc une certaine aération et ceci peut expliquer le fait que l'on trouve encore des microorganismes aérobies à plus de 2 m de profondeur.

En surface, le nombre d'actinomycètes est relativement important : de l'ordre de 10^6 à 10^7 p/gss et le pourcentage, appréciable (15 à 38 %). En profondeur, leur nombre est nettement moins important qu'en surface. Ceci est dû à la teneur en O_2 qui devient de plus en plus faible en fonction de la profondeur. ISHIZAWA et ARARAGI (1971), LACEY (1973), HAGEDORN (1976), VENKATESWARLU et RAO (1981), ALI-HAIMOUD *et al.* (1983) et AMIR *et al.* (1985) ont constaté aussi que la population d'actinomycètes diminue en fonction de la profondeur; ces microorganismes étant généralement aérobies strictes.

Cependant, dans notre cas, on n'observe jamais une diminution progressive.

La distribution quantitative des actinomycètes est similaire au niveau de tous les profils composés par les mêmes horizons et est fonction des caractéristiques pédologiques de ces horizons.

Les actinomycètes thermophiles sont moins nombreux : $0,5$ à $4,5 \times 10^3$ p/gss en surface et très peu dans les volumes profonds. Ils présentent les mêmes exigences en matière organique que les mésophiles mais semblent être nettement plus sensibles à la baisse de la teneur en O_2 . En effet, leur population est légèrement plus élevée dans le V6 que dans le V5, plus riche en racines mais plus profond, et même nulle dans la majorité des échantillons du V7.

Le facteur "profondeur" semble avoir un rôle très important dans la sélection des souches ou d'espèces tolérantes à une faible teneur en oxygène, lesquelles, par manque de microorganismes compétitifs, peuvent proliférer. En effet, on a noté que tous les échantillons prélevés au niveau des V5 et V7, sont constitués, à environ 80 % du total des actinomycètes, par des isolats morphologiquement semblables entre eux et que les mêmes isolats se retrouvent dans les échantillons du V6 mais dans une proportion beaucoup plus faible (5 à 30 %). Cependant, en plus du facteur "profondeur", il semble que la texture, la structure et la qualité de la matière organique jouent également un rôle important dans cette dominance, puisque ce type d'isolat n'est pas retrouvé dans le volume de sol sableux V4, pourtant plus profond que le V6, mais moins riche en argiles et en calcaire et où les racines de palmiers sont pratiquement inexistantes. D'autres groupes d'isolats dominants et morphologiquement semblables, sont observés également dans les V2, V3 et V4, mais les résultats seront discutés après leur identification et la certitude qu'ils appartiennent véritablement à une même espèce.

Néanmoins, un facteur qui peut avoir contribué à l'importance quantitative des actinomycètes et peut être aussi à la dominance de certaines espèces (à confirmer) est l'humidité qui, dans tous les cas, est assez faible (2 à 3 %). Il est connu que la densité des actinomycètes et leur pourcentage par rapport aux bactéries sont plus élevés dans les sols secs (MEIKLE-JOHN, 1957; BUMBIERIS et LLOYD, 1967) et LACEY (1973) ainsi que WILLIAMS (1978) signalent également que ces microorganismes sont plus tolérants aux sols très secs qu'à ceux qui sont gorgés d'eau.

La densité des bactéries (mésophiles et thermophiles), dont beaucoup de représentants peuvent être anaérobies facultatifs, diminue progressivement en fonction de la profondeur (résultats obtenus au niveau de tous les profils) et ce, indépendamment de la quantité de matière organique ou des caractéristiques pédologiques des différents horizons. Ceci laisse supposer

qu'elles sont plus sensibles à la teneur en O_2 que les actinomycètes et il se pourrait également que les vieilles racines subérifiées de palmiers, qui représentent une matière organique difficilement biodégradable, constituent un substrat peu convenable pour elles.

Par contre, les champignons se comportent plutôt comme les actinomycètes; leur densité diminue en fonction de la profondeur, mais augmente dans le V5. Cependant, leur exigence en racines âgées de palmiers dattiers semble plus grande que celle des actinomycètes puisque leur densité est le plus souvent très faible dans les échantillons du V6 qui contiennent peu de racines mais est nettement plus élevée dans ceux qui en contiennent plus (profils 6 et 7); la valeur maximale étant obtenue dans l'échantillon du V5 le plus riche en racines (profil 6), pourtant plus profond que ceux du V6.

2 - Sols amendés

2.1 - Résultats

2.1.1 - Distribution quantitative

Les résultats sont exposés au niveau des figures 10 et 11.

2.1.1.1 - *Sol témoin non amendé*

Nous remarquons que :

- le nombre d'actinomycètes mésophiles diminue fortement après les six premiers mois, puis semble plus ou moins se stabiliser.
- La population bactérienne mésophile augmente légèrement après trois mois puis diminue progressivement et lentement par la suite.
- La quantité de champignons mésophiles reste stable après trois mois, diminue un peu après 6 et 9 mois puis semble se stabiliser.
- La densité d'actinomycètes thermophiles et principalement celle des *Thermoactinomyces* (aucun autre genre n'a été observé) double après 3 mois (juillet) puis diminue progressivement en fonction du temps. Celle des bactéries thermophiles augmente et atteint un maximum à 6 mois (octobre) puis chute.

2.1.1.2 - Sol amendé avec des fragments de paille d'orge

La densité des actinomycètes mésophiles diminue très lentement et progressivement jusqu'au 12ème mois. Ces résultats comparés à ceux des témoins respectifs après 3 et 12 mois, ne leur sont pas significativement différents. Cependant, après 6 et 9 mois, les valeurs obtenues sont environ le double de celles des témoins aux mêmes temps.

La quantité de bactéries mésophiles augmente beaucoup après 3 mois, diminue lentement et progressivement après 6 et 9 mois puis tend à se stabiliser. Comparée aux témoins respectifs, nous remarquons que cette quantité leur est significativement plus élevée, et ce, à chaque prélèvement.

Les mêmes résultats que pour les bactéries sont obtenus dans le cas des champignons mésophiles, toujours avec un maximum à 3 mois et des différences significatives avec les témoins respectifs, sauf cependant à 12 mois, où la population fongique chute fortement.

L'évolution de la population d'actinomycètes thermophiles (*Thermoactinomyces*) en présence de paille, est comparable à celle du témoin. Les mêmes résultats sont obtenus pour les bactéries thermophiles, bien que les valeurs obtenues après 3 et 12 mois soient significativement plus élevées que celles des témoins respectifs.

2.1.1.3 - Sol amendé avec des fragments de palmes de dattier

La densité des actinomycètes mésophiles augmente après 3 mois, diminue après 6 et 9 mois puis augmente légèrement après 12 mois. Comparées aux témoins respectifs, nous remarquons que les quantités dénombrées sont significativement plus élevées, et ce, pour chaque prélèvement.

Le nombre de bactéries mésophiles augmente progressivement et atteint un maximum après 6 mois. Ce nombre baisse après 9 mois puis s'élève légèrement après 12 mois. Les valeurs obtenues sont significativement plus importantes que celles des témoins respectifs, et ce, pour chaque prélèvement.

La population fongique mésophile augmente et atteint, comme pour les bactéries, un maximum à 6 mois. Par la suite, elle baisse fortement après 9 et 12 mois. Cependant, les différences observées entre les essais et leurs témoins respectifs sont toutes significatives, sauf pour le 12ème mois.

L'évolution de la population d'actinomycètes thermophiles (*Thermoactinomyces*) en présence de palmés de dattier, est comparable à celle du témoin (aucune différence significative). Les mêmes résultats sont observés dans le cas des bactéries thermophiles, sauf au 12ème mois où on note une légère augmentation; cependant la valeur maximale obtenue après 6 mois est significativement inférieure à celle du témoin à la même période.

2.1.2 - Distribution des groupes dominants d'actinomycètes

Dans les échantillons de sol amendé, nous avons remarqué également la dominance de deux groupes d'isolats morphologiquement semblables entre eux (au sein du même groupe).

- Les isolats du 1er groupe constituent environ 20 % du total des actinomycètes des échantillons de sols amendés 3 mois auparavant avec de la paille d'orge. Ces isolats sont rarement retrouvés après 6 mois et disparaissent complètement après 9 et 12 mois. Ils ne sont en aucun cas rencontrés dans les sols amendés avec des fragments de palmés de dattier.

- Les isolats du 2ème groupe constituent la presque totalité des actinomycètes (80 % ou plus) des échantillons de sol amendés 9 mois auparavant avec de la paille d'orge ou des palmés de dattier. Les mêmes types d'isolats ont été également retrouvés après 3 et 6 mois et par la suite, après 12 mois, mais leur importance numérique n'a pas été déterminée.

2.2 - Discussion

Les dénombrements sont effectués tous les trois mois, pendant une année. La microflore du sol doit donc, en principe, être également soumise aux variations saisonnières de température. La figure 12 donne les moyennes hebdomadaires des températures du sol (à 5 cm de profondeur), à 8 heures, 12 heures et 17 heures et ce, pendant une année.

Nous constatons, que même en été où la température de l'air atteint souvent 45°C, celle du sol n'excède pas 37°C et reste même favorable à la croissance des mésophiles. Ceci est dû au fait que le sol est irrigué chaque jour et reste tout le temps humide.

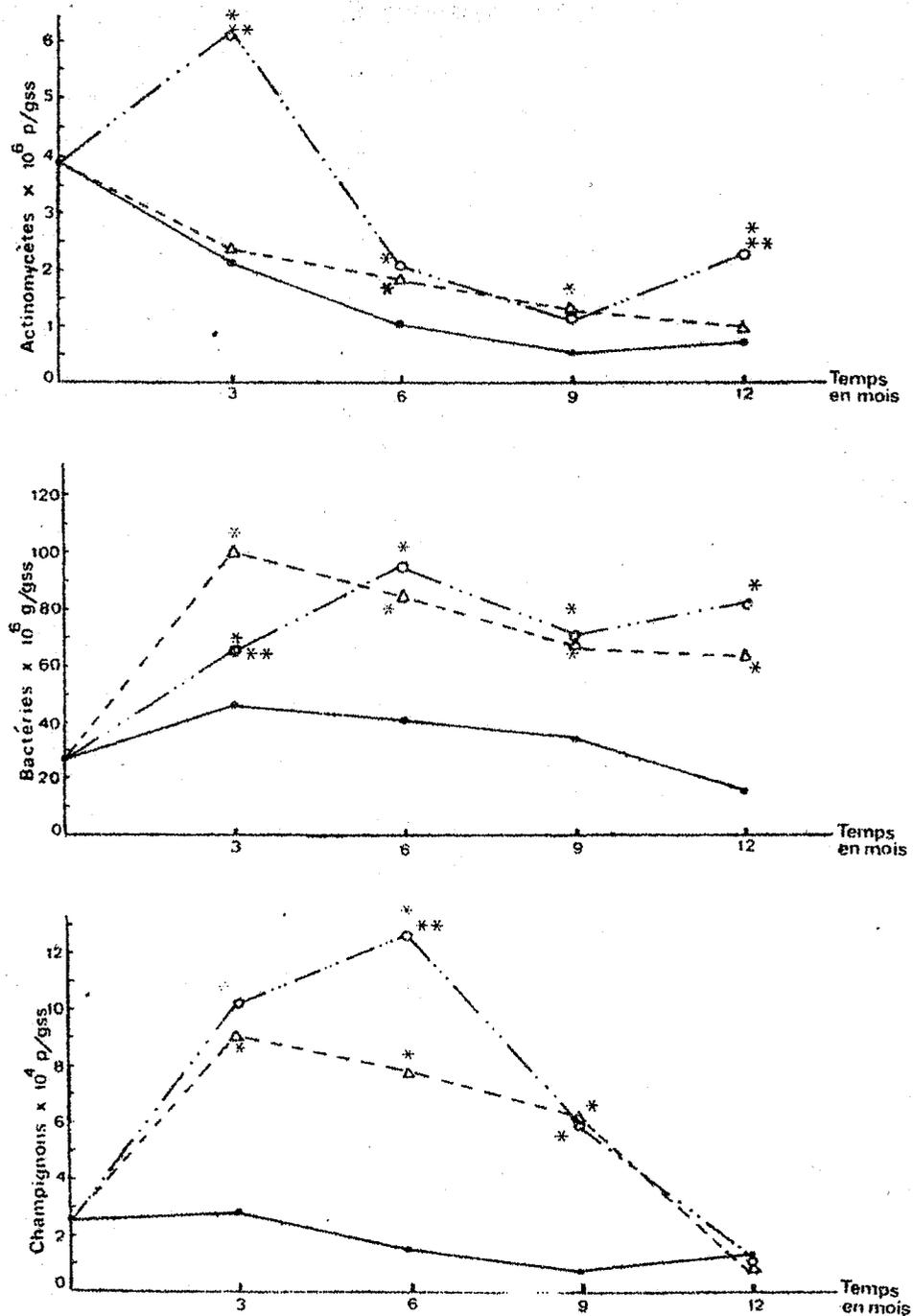


Figure 10 : Variations de la densité des actinomycètes, des bactéries et des champignons mésophiles en fonction du temps, dans le sol amendé avec des fragments de paille d'orge ou de palmes de dattier, de la palmeraie de Béni-Abbès

—●— sol non amendé
 - - - △ - - - sol amendé avec de la paille d'orge
 ... ○ ... sol amendé avec des palmes de dattier

p/gss et g/gss = propagules et germes par gramme de sol sec, respectivement.

* différences significatives avec les témoins aux mêmes temps, selon le test de NEWMAN et KEULS (1975) à un taux de signification $\alpha = 5\%$.

** différences significatives avec "la paille" selon le même test.

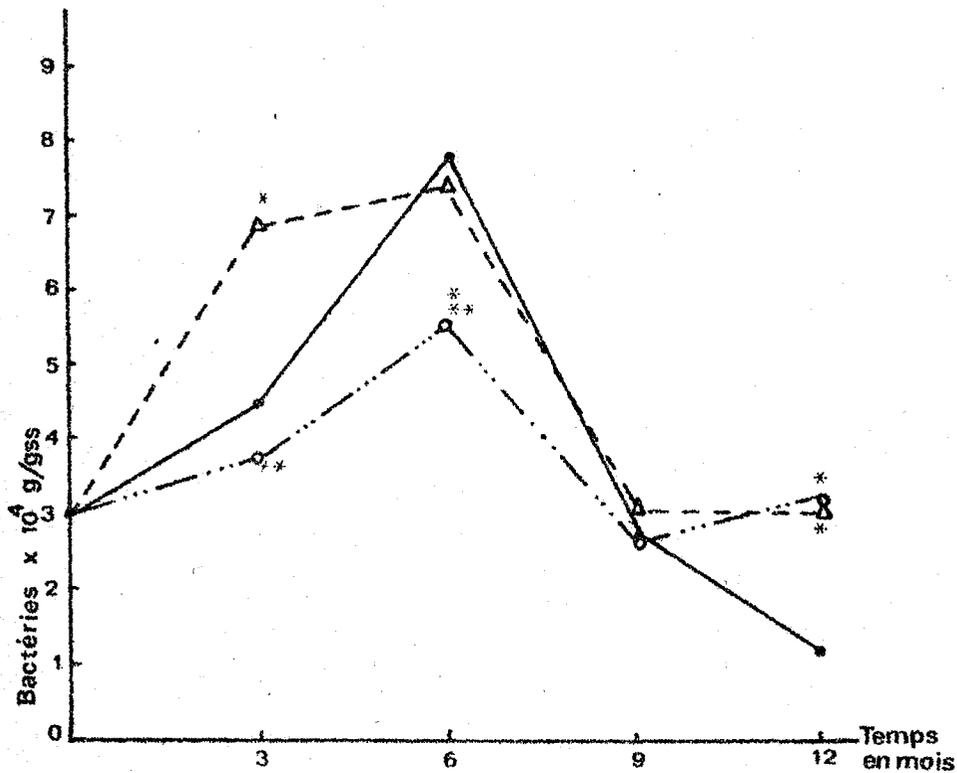
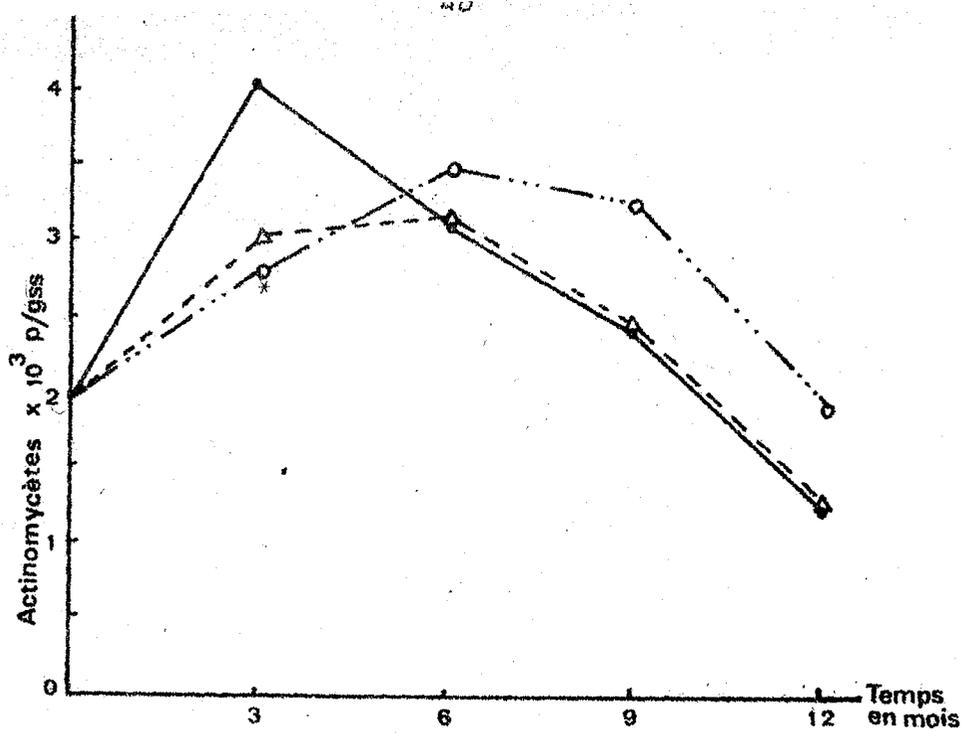


Figure 11 : Variations de la densité des actinomycètes et des bactéries thermophiles en fonction du temps, dans le sol amendé avec des fragments de paille d'orge ou de palmes de dattier, de la palmeraie de Béni-Abbès.

- sol non amendé
- - -△- - - sol amendé avec de la paille d'orge
- ...○... sol amendé avec des palmes de dattier

p/gss et q/gss = propagues et germes par gramme de sol sec, respectivement.

* différences significatives avec les témoins aux mêmes temps selon le test de NEWMAN et KEULS(1975) à un taux de signification $\alpha = 5\%$.

** différences significatives avec "la paille" --

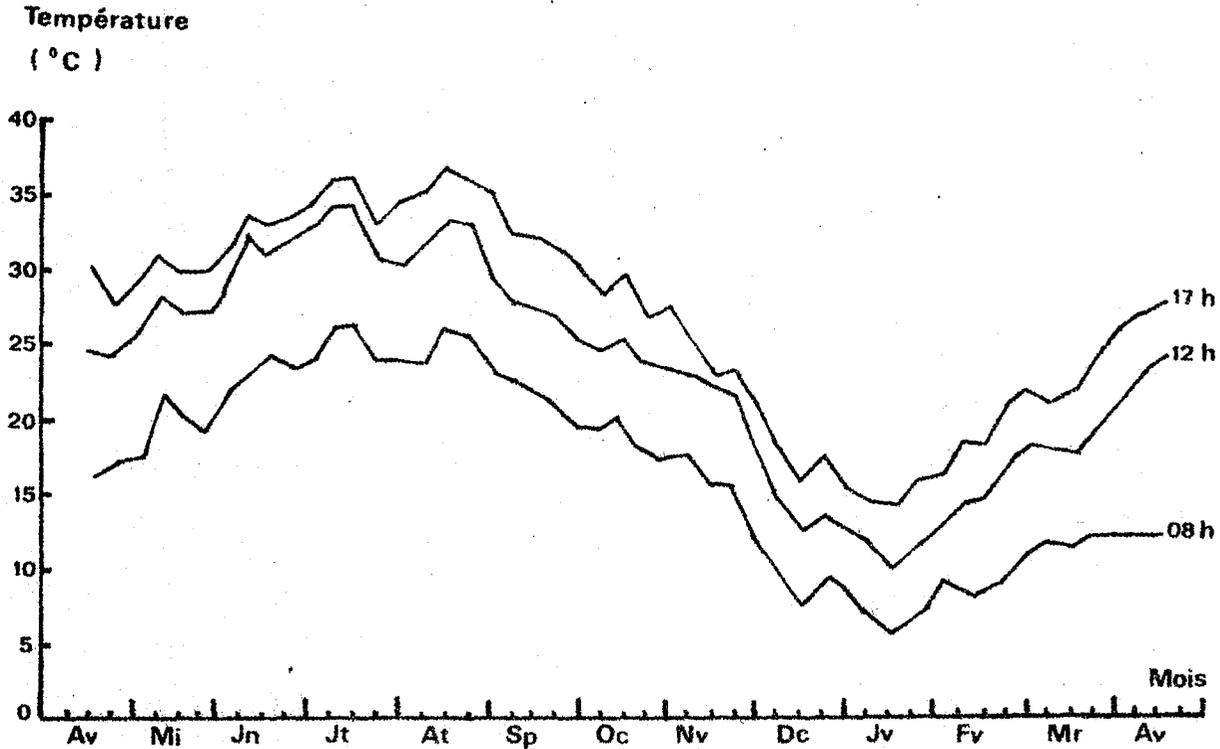


Figure 12 : Moyennes hebdomadaires des températures à 8 h, 12 h et 17 h, à 5 cm de profondeur dans le sol (d'après H. BENADJI-MEFTAH SAOUES)

Dans le sol témoin (non amendé), nous ne distinguons pas de manière assez claire une variation saisonnière de la densité microbienne. En effet, celle-ci diminue (sauf pour les bactéries à 3 mois) graduellement en fonction du temps. Ce résultat peut être expliqué par l'irrigation journalière qui aurait entraîné :

- le lessivage du sol (limono-sableux) en éléments nutritifs, provoquant ainsi son appauvrissement,
- le tassement progressif du sol, qui en aucun cas, n'a été labouré, ce qui provoque une mauvaise aération.

Les conséquences de cette irrigation semblent affecter plus particulièrement les actinomycètes mésophiles et à un degré moindre, les champignons, dont la population (pour les premiers microorganismes cités) chute après 3 et 6 mois et atteint à 9 mois une quantité 8 fois moindre que celle du temps zéro.

Le tableau 11 montre que les constituants de la paille et des palmes sont dégradés en grande partie durant les trois premiers mois. Cependant, nous remarquons qu'après 6 mois, le poids restant des palmes, ainsi que les teneurs en carbone, azote, hémicelluloses, cellulose et lignine, sont beaucoup plus élevés que ceux de la paille; de même, la lignine est dégradée plus difficilement que les hémicelluloses et la cellulose. Ceci s'est répercuté directement sur l'évolution des microorganismes.

Tableau 11 : Variations saisonnières du poids et des teneurs en carbone, azote, hémicelluloses, cellulose et lignine brute (en pourcentage des teneurs initiales) des débris de paille d'orge, et de palmes de dattier supérieurs à 2 mm.

	Dates de prélèvements	Durées d'incubation (en mois)	Poids	Carbone	Azote	Hémicelluloses	Cellulose	Lignine brute
Paille d'orge	Avril	0	100	100	100	100	100	100
	Juillet	3	13,8	12,5	39	8,2	9,8	11,5
	Octobre	6	2,5	1,6	7,8	1,1	1,2	1,9
	Janvier	9	2	1,1	6,0	0,9	1,2	1,7
	Avril	12	1,2	0,9	5,4	0,5	0,4	1,3
Palme de dattier	Avril	0	100	100	100	100	100	100
	Juillet	3	17,8	17	35	14,8	9,9	18,7
	Octobre	6	10,2	6,6	17,5	7,8	4,6	9,3
	Janvier	9	4	2,4	6,7	0,9	0,6	2,7
	Avril	12	1,2	0,8	2,4	0,4	0,2	0,9

Résultats de H. BENADJI-MEFTAH SAOUËS (non publiés).

On constate que l'enrichissement du sol avec de la paille d'orge, relativement plus riche en hémicelluloses et moins en lignine, que les palmes, et surtout très pauvre en azote, n'a aucun effet significatif sur l'évolution de la population des actinomycètes qui diminue progressivement. Si

cet effet semble, du point de vue quantitatif, être nul, il n'en est pas de même du point de vue qualitatif, où on note la présence de deux groupes d'isolats dominants, morphologiquement semblables entre eux (au sein du même groupe) et dont l'un constitue environ 80 % de ce type de micro-organismes après 9 mois.

Par contre, l'enrichissement du sol avec des palmes de dattier, relativement plus riches en lignine et surtout en azote, provoque la prolifération des actinomycètes après 3 mois. Cette prolifération est due à un groupe d'isolats semblables entre eux et à ceux qui prédominaient dans le sol enrichi avec de la paille et qui constituent aussi dans ce cas, jusqu'à 80 % des actinomycètes après 9 mois.

Ces résultats laissent donc penser que les isolats dominants sont impliqués dans la dégradation de la cellulose et de la lignine. Il est établi que les champignons (KIRK, 1971) et les bactéries (KIRK, 1971; CRAWFORD et CRAWFORD, 1978) jouent un rôle dans la décomposition du matériel lignocellulosique des plantes. Mais beaucoup d'actinomycètes se sont révélés aussi capables de dégrader les lignocelluloses de plantes (TROJANOWSKI *et al.*, 1977; CRAWFORD, 1978; HAIDER *et al.*, 1978; CRAWFORD et SUTHERLAND, 1979; PHELAN *et al.*, 1979; SUTHERLAND *et al.*, 1979 et Mc CARTHY et BRODA, 1984).

BARDER et CRAWFORD (1981), étudiant la dégradation des lignocelluloses de bois par un actinomycète en fonction des sources azotées, ont montré que, même si cette dégradation a lieu dans un milieu minimal, elle est fortement stimulée par la présence d'azote organique en quantité appréciable. Dans notre cas, la population des actinomycètes n'augmente qu'en présence de palmes, beaucoup plus riches en azote, et seulement durant les trois premiers mois. Par la suite, lorsque la quantité d'azote diminue fortement, la population d'actinomycètes diminue aussi, alors que celles des bactéries et des champignons atteignent un maximum après six mois. Cette baisse de la densité des actinomycètes peut être attribuée à la diminution de la quantité d'azote et à la prolifération importante des bactéries, plus compétitives.

Il est donc probable que l'augmentation de la population d'actinomycètes en présence de palmes de dattier mais non de paille, soit due à ce que cette dernière est excessivement pauvre en azote alors que les palmes

apportent l'azote nécessaire au développement, ce qui compenserait son insuffisance dans le sol. Les bactéries et les champignons semblent moins exigeants en azote que les actinomycètes mésophiles puisque leur population évolue positivement en présence de paille.

Dans les témoins, les actinomycètes et les bactéries thermophiles croissent et atteignent un maximum respectivement après 3 et 6 mois, puis leur population diminue. Ce maximum pour les actinomycètes, représentés uniquement par des *Thermoactinomyces*, thermophiles strictes, est obtenu au cours du mois de juillet (le plus chaud avec août) et dont la température élevée du sol favoriserait donc leur prolifération; cette température atteint 36°C à 17 h, mais elle peut être plus élevée entre 12 h et 17 h, qui est le moment le plus chaud à Béni-Abbès. Cependant, pour les bactéries thermophiles, la population continue d'augmenter après juillet et atteint son maximum au mois d'octobre pourtant moins chaud. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que beaucoup d'isolats bactériens, dénombrés à 55°C, se sont révélés être en fin de compte méso-thermophiles, c'est-à-dire, capables de croître aussi bien à 25-30°C qu'à des températures plus élevées.

Il est cependant assez étonnant de constater que les thermophiles ne semblent pas être "affectés", comme les mésophiles, par le lessivage et le tassement progressif du sol, dûs à l'irrigation.

En présence de paille et de palmes, on note à peu près les mêmes évolutions que dans les témoins mais la quantité de microorganismes est toujours inférieure par rapport à ces derniers. Il se pourrait que les thermophiles ne soient, dans le cas présent, pas (ou peu) impliqués dans la dégradation des pailles et des palmes et/ou que leur activité soit inhibée par la forte concurrence des mésophiles, nettement plus nombreux.

II - AUTRES PALMERAIES

1 - Résultats

1.1 - Distribution quantitative

Dans les palmerais autres que celle de Béni-Abbès, seuls les microorganismes mésophiles ont été dénombrés et uniquement dans des échantillons de sol de surface (Tableau 12). La densité des actinomycètes est de l'ordre de 10^5 ou plus souvent 10^6 p/gss au niveau des palmerais d'Adrar, de Timimoun, d'El Goléa, de Chardafia et de Tolga; par contre, elle est seulement de 10^3 à 10^4 p/gss à Ouargla et dans la région de Touggourt. La densité bactérienne est dans la plupart des cas supérieure à celle des actinomycètes (10^6 à 10^8 g/gss) et les valeurs les plus faibles sont retrouvées

à Touggourt et à un degré moindre, à Ouargla (10^5 à 10^6 g/gss). Pour les champignons, les plus fortes valeurs sont retrouvées à Timimoun et Adrar et les plus faibles, toujours à Ouargla et Touggourt (sauf IG3).

1.1.1 - Palmeraie d'Adrar

Le pourcentage d'actinomycètes par rapport à la microflore totale varie entre 23 et 55 %; il est généralement plus élevé que ceux obtenus à partir des sols des autres palmeraies, y compris Béni-Abbès (en surface). C'est dans l'échantillon le plus salé, AD3 (conductivité électrique = CE = 4,37 ms/cm) que leur densité et leur pourcentage sont les plus faibles, ce qui n'est pas le cas pour les bactéries et les champignons.

1.1.2 - Palmeraie de Timimoun

Le pourcentage d'actinomycètes varie entre 14,1 et 21 % sauf dans TM1 où il atteint 52,19 %. La densité la plus faible est notée dans l'échantillon TM4, le plus pauvre en carbone et en azote.

La population bactérienne est 3 à 4,5 fois plus élevée dans TM2 et TM3 et celle des champignons, plus importante dans TM2 et TM4.

1.1.3 - Palmeraie d'El Goléa

Le pourcentage d'actinomycètes est de 25 à 27 % dans EG2 et EG1, 60 % dans EG4 et seulement 8 % dans le seul échantillon qui soit salé, EG3, où la CE atteint 6,28 ms/cm. C'est aussi dans ce dernier que leur densité est la plus faible : 2,5 fois moindre que celle de EG2 et environ 10 fois moindre que celles de EG1 et EG4.

La densité la plus forte des bactéries et des champignons est notée respectivement dans EG1 et EG3. Cependant, nous remarquons qu'une CE de 6,28 ms/cm ne semble pas avoir un effet négatif sur la croissance de ces microorganismes et surtout sur celle des champignons dont la population est 6,5 à 20 fois plus importante par rapport aux autres échantillons qui ne sont pas salés.

1.1.4 - Palmeraie de Ghardaïa

La population d'actinomycètes est la moins élevée dans l'échantillon le plus salé, GH4 où le CE atteint 7,37 ms/cm; leur pourcentage par rapport à la microflore totale n'est que de 7,2 %. Par contre, leur densité

est plus élevée dans GH2 et GH3 où la CE est plus faible (2,58 à 3,11 ms/cm); dans ce cas, leur pourcentage est respectivement de 31,3 et 34,5 %. Dans GH1, le nombre d'actinomycètes est environ le double de celui de GH4, en raison probablement de la CE qui est moins forte dans le premier échantillon cité; cependant, leur pourcentage est toujours aussi faible (8,7 %).

Par contre, en ce qui concerne la population bactérienne, une CE de 7,37 ms/cm (GH4) ne semble pas constituer un facteur affectant leur densité et ce, en comparant GH4 avec GH2 et GH3 (aucune différence significative). Le nombre de bactéries est plus important dans GH1.

Comme pour les bactéries, la population fongique ne semble pas être inhibée par la salinité relative de GH4, puisque dans cet échantillon, le nombre de champignons est même plus élevé que dans GH1 et GH3. La quantité la plus importante est notée dans GH2.

1.1.5 - Palmeraie de Ouargla

Les échantillons de sol prélevés dans cette palmeraie sont caractérisés par :

- une salinité assez forte dans OG2 et surtout OG1, mais une humidité appréciable.
- Une salinité très faible dans OG3 (sol non salé) et moyenne dans OG4, mais une humidité extrêmement faible (1 %) dans les deux, ainsi que des taux de carbone et/ou d'azote moins importants que dans les échantillons précédents. De plus, OG3 et OG4 ont été prélevés dans des parcelles abandonnées, dont le sol, non labouré, est tassé et très mal aéré.

Toutes ces caractéristiques font que la densité des actinomycètes est assez réduite (de l'ordre de 10^3 à 10^4 p/gss). Leur pourcentage par rapport à la microflore totale est aussi très faible (0,26 à 7,09 %). La quantité d'actinomycètes dans OG1 est environ 5 fois plus élevée que celle de OG2, bien que la salinité soit plus importante.

En ce qui concerne les populations bactérienne et fongique, nous remarquons qu'il n'y a aucune différence significative entre les valeurs obtenues dans les échantillons non salé (OG3) ou moyennement salé (OG4) et celles de OG2 où la CE atteint 10,09 ms/cm. Ceci montre encore une fois leur résistance relative par rapport aux actinomycètes, à un certain degré de salinité. Cependant, ces populations sont 5 à 7 fois plus faibles quantitativement dans OG1 où la CE devient excessivement élevée (27,62 ms/cm).

1.1.6 - Palmeraies de la région de Touggourt

D'une manière générale, nous remarquons que la faible quantité d'actinomycètes semble être due à la salinité qui est très importante. Cette quantité est de l'ordre de 10^3 à 10^4 p/ges, comme pour les sols de Ouargla. Cependant, leur densité dans l'échantillon le plus salé, TG3 (CE = 26,4 ms/cm) est égale à celle de TG1, relativement moins salé (CE = 13,4 ms/cm) et est 10 fois supérieure à celle de TG2, encore moins salé (CE = 8,89 ms/cm).

Le nombre de bactéries est un peu plus élevé dans TG4 mais on remarque que dans TG3, le plus salé mais aussi le plus riche en carbone et en azote, le nombre est environ le double de celui de TG1 et de TG2.

La densité fongique la plus importante est paradoxalement trouvée dans l'échantillon le plus salé, TG3.

1.1.7 - Palmeraie de Tolga

Dans l'échantillon TL4, caractérisé par des taux de carbone et d'azote relativement élevés et une faible CE, on dénombre beaucoup d'actinomycètes lesquels représentent 27,5 % de la microflore totale.

L'échantillon TL3 est caractérisé par une grande quantité de CaCO_3 (27,6 %) et des taux de carbone et d'azote plus faibles que ceux de TL4. Ceci semble avoir eu pour conséquence une diminution du nombre d'actinomycètes et de leur pourcentage.

Dans l'échantillon TL1, dont le taux de CaCO_3 est élevé (28 %), on dénombre une quantité d'actinomycètes plus ou moins équivalente à celle de TL3.

L'échantillon TL2 est caractérisé par une humidité extrêmement faible (1,5 %), une forte quantité de CaCO_3 (27,8 %), des taux de carbone et d'azote assez faibles et une CE relativement plus élevée (3,82 ms/cm). Ceci est traduit par un nombre d'actinomycètes nettement plus bas que dans les autres échantillons.

La densité bactérienne est légèrement inférieure dans TL2 que dans les autres échantillons, mais les différences observées ne sont pas significatives, même si les échantillons présentent certaines différences importantes du point de vue caractéristiques pédologiques.

La population fongique est très importante dans TL4, assez riche en carbone et en azote et bien humide. Cette population est nettement plus faible dans TL1, TL3 et surtout dans TL2.

Tableau 12 : Densité microbienne dans le sol de surface des différentes palmeraies

Palme-raies	Bactéries ($\times 10^6$)	Actinomycètes ($\times 10^6$)	Champignons ($\times 10^3$)	% actino- mycètes	
Adrar	AD1	6,66 ($\pm 0,65$)	3,50 ($\pm 0,41$)	19,86 ($\pm 2,5$)	34,38
	AD2	1,26 ($\pm 0,23$)	1,10 ($\pm 0,13$)	13,30 ($\pm 1,12$)	46,35
	AD3	2,05 ($\pm 0,31$)	0,62 ($\pm 0,11$)	14,40 ($\pm 1,90$)	23,09
	AD4	3,26 ($\pm 0,28$)	4,00 ($\pm 0,56$)	30,55 ($\pm 2,75$)	54,86
Fimimoun	FM1	2,10 ($\pm 0,35$)	2,30 ($\pm 0,25$)	6,60 ($\pm 0,41$)	52,19
	FM2	9,70 ($\pm 1,29$)	1,60 ($\pm 0,12$)	49,30 ($\pm 3,92$)	14,10
	FM3	9,00 ($\pm 1,03$)	2,40 ($\pm 0,16$)	10,60 ($\pm 1,85$)	21,03
	FM4	3,20 ($\pm 0,50$)	0,70 ($\pm 0,08$)	38,00 ($\pm 4,15$)	17,77
El Goléa	EG1	5,20 ($\pm 0,41$)	1,98 ($\pm 0,18$)	1,30 ($\pm 0,10$)	27,57
	EG2	1,50 ($\pm 0,11$)	0,50 ($\pm 0,07$)	4,00 ($\pm 0,41$)	24,95
	EG3	2,30 ($\pm 0,17$)	0,20 ($\pm 0,01$)	26,00 ($\pm 3,20$)	7,92
	EG4	1,40 ($\pm 0,09$)	2,12 ($\pm 0,32$)	2,00 ($\pm 0,19$)	60,19
Ghardaïa	GH1	10,50 ($\pm 1,25$)	1,00 ($\pm 0,11$)	4,00 ($\pm 0,31$)	8,69
	GH2	5,80 ($\pm 0,62$)	2,65 ($\pm 0,33$)	18,60 ($\pm 2,15$)	31,29
	GH3	7,50 ($\pm 0,54$)	3,95 ($\pm 0,37$)	2,00 ($\pm 0,12$)	34,49
	GH4	6,80 ($\pm 0,46$)	0,53 ($\pm 0,06$)	8,00 ($\pm 0,43$)	7,22
Ouargla	OG1	0,20 ($\pm 0,01$)	0,0153 ($\pm 0,0017$)	0,30 ($\pm 0,04$)	7,09
	OG2	1,13 ($\pm 0,09$)	0,0030 ($\pm 0,00025$)	2,00 ($\pm 0,15$)	0,26
	OG3	1,10 ($\pm 0,08$)	0,0133 ($\pm 0,0010$)	1,60 ($\pm 0,11$)	1,19
	OG4	1,37 ($\pm 0,11$)	0,0073 ($\pm 0,00081$)	1,30 ($\pm 0,16$)	0,53
Touggourt	TG1	0,27 ($\pm 0,022$)	0,0106 ($\pm 0,0015$)	0,70 ($\pm 0,05$)	3,77
	TG2	0,20 ($\pm 0,017$)	0,0010 ($\pm 0,00011$)	1,30 ($\pm 0,13$)	0,49
	TG3	0,53 ($\pm 0,041$)	0,0106 ($\pm 0,0012$)	40,00 ($\pm 4,87$)	1,82
	TG4	0,86 ($\pm 0,052$)	0,0584 ($\pm 0,0045$)	2,60 ($\pm 0,31$)	6,34
Tolga	TL1	7,20 ($\pm 0,78$)	1,80 ($\pm 0,141$)	13,00 ($\pm 1,82$)	19,97
	TL2	5,10 ($\pm 0,67$)	0,12 ($\pm 0,018$)	2,00 ($\pm 0,14$)	2,30
	TL3	7,00 ($\pm 0,41$)	1,60 ($\pm 0,242$)	6,00 ($\pm 0,27$)	18,59
	TL4	7,60 ($\pm 0,30$)	2,93 ($\pm 0,315$)	107,30 ($\pm 9,95$)	27,54

- Les nombres de microorganismes sont exprimés par gramme de sol sec
- Les nombres entre parenthèses représentent les écarts-types
- Le pourcentage d'actinomycètes est donné par rapport à la microflore totale.

1.2 - Distribution des groupes dominants d'actinomycètes

Lors des analyses, nous avons remarqué, comme pour Béni-Abbès, la présence de groupes d'isolats morphologiquement semblables entre eux (au sein du même groupe) et présentant une dominance plus ou moins marquée par rapport à la totalité des actinomycètes. Ces isolats ont été subdivisés en 23 groupes notés de G1 à G23 (Tableau 13), les représentants de chacun ayant de fortes chances d'appartenir à une même espèce.

Il est à noter qu'au niveau des sols des palmeraies d'Adrar et de Timimoun, aucune dominance d'isolats n'a été remarquée. Par contre, elle s'observe sur tous les échantillons de sol des autres palmeraies (sauf EG1). Cependant, les observations nécessaires pour déterminer les groupes dominants n'ont pas été effectuées au niveau des échantillons salés suivants : AD3, TG1 et TL2.

Cette dominance est très marquée pour certains groupes, tels que G1 (dans EG2 et TL1), G2 (OG4 et TG3), G3 (EG4), G11 (OG1), G15 (OG3), G17 (TG2 et TG4) et G19 (TL3) où leur pourcentage par rapport à la totalité des actinomycètes varie entre 50 et 95 %.

Certains groupes se retrouvent dans 2 ou 3 échantillons (même palmeraie ou non), tels que G1 qui prédomine dans EG2 (El Goléa) et TL1 et TL3 (Tolga), G2 dans EG3 (El Goléa), OG4 (Ouargla) et TG3 (Touggourt) et enfin, G17 dans TG2 et TG4.

Nous avons aussi remarqué que les isolats du groupe 2 présentent exactement les mêmes propriétés culturales et morphologiques que ceux qui prédominaient fortement dans les échantillons de sols de Béni-Abbès amendés 9 mois auparavant avec des fragments de paille d'orge ou de palmes de dattier.

La dominance des isolats peut s'observer aussi bien dans les sols salés que dans ceux qui ne le sont pas; en outre, elle permet d'expliquer certains résultats, comme ceux obtenus à Ouargla et Touggourt. En effet, la densité relativement plus élevée de OG1 par rapport à OG2, moins salé, n'est due qu'à la prolifération d'isolats du groupe 11, identiques entre eux, et constituant jusqu'à 90 % du total des actinomycètes. Les mêmes remarques sont valables lorsqu'on compare TG3 avec TG1, moins salé, le premier échantillon cité étant constitué à environ 60 à 70 % de la totalité des actinomycètes, par les isolats du groupe 2.

Tableau 13 : Distribution quantitative des groupes d'actinomyces dominants au niveau des sols de surface des palmeraies d'El Goléa, de Chardaïa, de Ouargla, de Touggourt et de Tolga

Palmeraies et échantillons		Numéro des groupes	Pourcentage approximatif par rapport au total des actinomyces
El Goléa	EG2	1	90 %
	EG3	2	30 %
	EG4	3	80 à 90 %
Chardaïa	GH1	4	30 %
	GH2	5	10 %
		6	15 %
	GH3	7	15 %
		8	15 %
	9	10 %	
	GH4	10	30 %
Ouargla	OG1	11	90 %
	OG2	12	30 %
		13	30 %
		14	30 %
	OG3	15	80 %
		16	10 %
	OG4	2	90 à 95 %
Touggourt	TG1	17	70 à 80 %
	TG2	11	15 à 20 %
		2	60 à 70 %
	TG4	17	80 à 90 %
Tolga	TL1	1	70 %
	TL2	18	15 à 20 %
		19	50 %
	TL3	1	15 à 20 %
		20	10 %
	TL4	21	5 à 10 %
		22	5 à 10 %
23		5 à 10 %	

2 - Discussion

Dans les sols non salés des palmeraies (y compris ceux de Béni-Abbès), la densité des actinomycètes est, en général, de l'ordre de 10^5 à 10^7 p/gss et leur pourcentage par rapport à la microflore totale (= MT) oscille le plus souvent entre 14 et 60 %.

Ces résultats correspondent à ceux obtenus par plusieurs auteurs, même dans les sols non arides.

LACEY (1973) rapporte que, d'une manière générale, leur densité varie entre 10^6 et 10^8 p/gss et leur pourcentage par rapport à la MT oscille entre 10 et 50 %. ISHIZAWA et ARARAGI (1976) constatent également que les actinomycètes constituent une part importante des microorganismes telluriques de plusieurs échantillons de sol non salés du Japon (23×10^5 p/gss et 15,8 % de la MT), d'Australie (19×10^5 p/gss et 60,45 % de la MT) et du Cambodge (51×10^5 p/gss et 46,75 % de la MT).

A El Goléa et Ghardaïa, les nombres et les pourcentages les plus faibles sont obtenus dans les échantillons les plus salés où la CE est comprise entre 6 et 7,5 ms/cm. Par contre, lorsque cette dernière dépasse les 8 ms/cm, comme dans les 4 échantillons de Touggourt et 2 des 4 échantillons de Ouargla, la population d'actinomycètes n'est plus que de l'ordre de 10^3 à 10^4 p/gss et leur pourcentage, seulement de 0,26 à 7 %.

Des densités et des pourcentages analogues sont rapportés par HASHEM et EL GOUNAIM (1973) dans les sols salés et secs du désert du Koweït et par BELARBI (1980) dans la même station expérimentale d'El Arfiane (Touggourt) où TG3 et TG4 ont été prélevés.

Nos résultats montrent que la salinité n'a un effet négatif sur la distribution quantitative des actinomycètes que lorsque la CE dépasse les 6 ms/cm et cet effet devient encore plus net pour les valeurs supérieures à 8 ms/cm. Leur pourcentage par rapport à la microflore totale, constituée surtout de bactéries, diminue avec la salinité, ce qui laisse supposer que ces dernières soient relativement plus résistantes aux sels. En effet, on constate que des CE de 6,3 ms/cm (EG3), 7,4 ms/cm (GH4) et 10,09 ms/cm (OG2) ne semblent pas avoir une action notable sur la densité bactérienne. Cette action ne commence à être évidente que pour des valeurs plus élevées (OG1 et les échantillons de Touggourt). En ce qui concerne la population fongique, si on remarque aussi qu'elle est en général plus résistante aux

sels que celle des actinomycètes, par contre, on note de grandes variations pour des salinités très élevées; en effet, à Ouargla, la quantité la plus faible est trouvée dans l'échantillon le plus salé, OG1, alors qu'à Touggourt, la quantité la plus forte est aussi notée dans l'échantillon TG3, ayant une CE équivalente, mais qui est beaucoup plus riche en carbone et en azote. Ceci laisse supposer que des facteurs autres que la salinité interviennent aussi.

Très peu de travaux sur la relation "salinité du sol-quantité d'actinomycètes" ont été effectués. GUPTA et BAJPAI (1974) constatent que la densité des actinomycètes ne diffère pas de manière significative entre les sols salés et ceux qui ne le sont pas; par contre, leur pourcentage par rapport aux bactéries est plus élevé dans les sols salés. KILLHAM et FIRESTONE (1984) indiquent qu'il n'y a aucune relation assez claire entre la salinité de certains échantillons de sols de Californie et la quantité d'actinomycètes et de bactéries.

Les résultats obtenus par ces auteurs sont différents des nôtres. Ceci peut être expliqué par le fait que :

- la salinité ne soit pas le seul facteur qui intervient dans la composition d'un sol en actinomycètes et en microorganismes en général.
- La quantité d'actinomycètes dans un sol salé dépend aussi des isolats et des espèces qui le composent et de leur faculté d'adaptation aux sels. En effet, diverses espèces halophiles ou tolérantes aux grandes concentrations de sels, peuvent trouver des conditions favorables pour proliférer dans les sols salés et de ce fait, l'action de la salinité sur la quantité d'actinomycètes (ou microbienne en général) ne devient pas évidente. Donc, dans ce cas, pour tirer des conclusions plus concrètes, il est nécessaire de déterminer les espèces pour savoir s'il n'y a pas une prédominance des halophiles, dont la prolifération (par manque de microorganismes compétitifs) aurait masqué l'effet négatif qu'aurait dû avoir la salinité sur la densité microbienne tellurique.

Ces hypothèses pourraient être valables dans le cas présent, puisque la salinité semble être un facteur essentiel dans la sélection et la prédominance, parfois très nette, de groupes d'isolats (identiques entre eux au sein d'un même groupe) dans des sols parfois très salés. Ces isolats pourraient être halophiles ou tolérants aux hautes pressions osmotiques et dans ce cas, ils auraient proliféré au dépend de ceux qui ne le sont

pas. Il est connu que beaucoup d'espèces ou de souches d'actinomycètes peuvent supporter des concentrations assez élevées en sels. Dans la 8ème édition de Manuel de Bergey (1974), plusieurs espèces de *Streptomyces* (qui prédominent largement dans les sols) sont signalées comme étant capables de pousser à des concentrations de 7, 10 et parfois même 13 % de NaCl. Des actinomycètes telluriques supportant une concentration de 7 % de NaCl ont été isolés par OKAZAKI et OKAMI (1975). GOODFELLOW et WILLIAMS (1983) rapportent que certains *Streptomyces* des sols arides d'Australie sont capables de croître sur des milieux à haut potentiel osmotique.

La résistance relativement plus grande, des bactéries et des champignons à la salinité, pourrait aussi s'expliquer par la prédominance de souches extrêmement halophiles.

Les effets des autres facteurs sur la distribution des actinomycètes sont moins nets. Néanmoins, on constate d'une manière générale que leur densité est moins importante dans les sols trop secs et qui possèdent les plus faibles taux de carbone et d'azote. Nous pouvons, par exemple, expliquer que le fait que la quantité d'actinomycètes dans OG3, non salé, soit aussi faible que celle de l'échantillon le plus salé, OG1, c'est parce que son taux de carbone (0,15 %), d'azote (0,01 %) et d'humidité (1 %) sont très faibles; de plus, OG3 a été prélevé à partir d'une parcelle abandonnée où le sol, très tassé, est très mal aéré.

RAO et VENKATESWARLU (1983) obtiennent des résultats similaires à ceux de OG3, dans les sols sableux non salés mais secs et pauvres en carbone et en azote, du désert de l'Inde.

Des explications similaires peuvent être aussi valables lorsqu'on compare AD2 avec AD1 et AD4, EG2 avec EG1 et EG4 et IG2 avec IG4. Il semblerait aussi que ces facteurs jouent un rôle important dans la prédominance de certains groupes d'isolats; mais cette hypothèse sera confirmée ou infirmée après l'identification des espèces.

Cependant, plusieurs autres facteurs peuvent intervenir dans la distribution des microorganismes dans les sols, tels que la qualité de la matière organique, la texture du sol, les phénomènes de compétitions et autres antagonismes microbiens, etc...

CONCLUSION

La distribution quantitative des actinomycètes dans les sols des palmeraies est très hétérogène; elle est fonction des caractéristiques pédologiques des sols, eux-mêmes assez variables. Les pourcentages élevés obtenus dans plusieurs échantillons d'Adrar (environ 85 % de la microflore totale) lors de nos précédents travaux (SABAOU *et al.*, 1980), ne constituent donc pas un fait général. Cependant, à Adrar, le sol était à cette époque, jonché de dattes non ramassées et en voie de décomposition; ce pourcentage élevé pourrait être en relation avec l'enrichissement du sol en mannanes (dû aux dattes). Certains chercheurs tels que CHARPENTIER et PERCHERON (1976) avaient déjà émis cette hypothèse et décelé, dans le sable de palmeraies naturellement enrichi en mannanes, une activité mannana-sique due en grande partie à des actinomycètes, capables de supporter des conditions écologiques sévères.

La grande variabilité de la densité des actinomycètes (et de la microflore totale) est due à plusieurs facteurs dont les plus importants sont dans notre cas, la teneur en O_2 , la quantité et la qualité de la matière organique, la salinité, l'humidité et également le calcaire total et la texture du sol. Le pH, un des facteurs essentiels, semble dans le cas présent, avoir un rôle moins important puisqu'il est basique dans tous les échantillons et varie entre 7,6 et 8,8 (les 2/3 des échantillons ont un pH compris entre 8 et 8,5).

La densité des actinomycètes (mésophiles et thermophiles) diminue en fonction de la profondeur; par contre, leur pourcentage par rapport à la microflore totale est nettement plus élevé dans les sols profonds. Mais cette diminution n'est jamais régulière car leur distribution est également fonction de la quantité de matière organique et de la richesse des horizons en racines âgées de palmiers dattiers, lesquelles stimulent leur croissance. Au contraire, les bactéries (mésophiles et thermophiles) semblent plus sensibles à la baisse de la teneur en O_2 puisque leur population diminue en fonction de la profondeur, et ce, indépendamment de la quantité de la matière organique ou des autres caractéristiques pédologiques des différents horizons. Par contre, la population fongique se comporte plutôt comme celle des actinomycètes.

La salinité apparaît être l'un des facteurs essentiels agissant sur la distribution quantitative des actinomycètes (et de la microflore en général) dans les sols de surface. Pour ces microorganismes, son effet devient significatif lorsque la CE dépasse les 6 ms/cm (sol très salé), par contre, les bactéries et les champignons semblent beaucoup plus résistants.

Cependant, la salinité ne doit pas être considérée à part, puisque plusieurs autres facteurs interviennent en même temps, tels que la quantité de carbone et d'azote. Les actinomycètes semblent également plus touchés que les autres microorganismes par la déficience des sols en carbone et en azote.

L'addition dans le sol, de paille d'orge, très pauvre en azote, n'exerce aucun effet significatif sur la densité des actinomycètes; par contre, les palmes de dattier, relativement plus riches que la paille en azote, provoquent leur prolifération. Les bactéries et les champignons, dont les populations augmentent aussi bien en présence de paille que de palmes, semblent donc moins exigeant en azote organique que les actinomycètes.

La baisse de la teneur en O_2 , la salinité et l'amendement du sol avec de la paille ou des palmes pourraient être la cause de la prédominance, parfois très marquée, de certains groupes d'isolats, morphologiquement semblables entre eux au sein du même groupe. Ces résultats seront discutés après la détermination des isolats et la confirmation que les représentants de chaque groupe appartiennent véritablement à une même espèce.

L'ensemble de nos travaux fournit donc des indications intéressantes sur la distribution quantitative des actinomycètes dans les sols des palmeraies et sur les facteurs pédologiques qui régissent cette distribution. Cependant, ces travaux présentent certaines limites dues surtout à :

- L'insuffisance des analyses pédologiques des sols : il aurait été, par exemple, plus intéressant d'avoir des données sur la quantité de sels solubles et de connaître quels sont les sels dominants (NaCl, KCl, sulfates, etc...).
- L'insuffisance du nombre d'échantillons dans les sols des palmeraies autres que celle de Béni-Abbès : en effet, 4 échantillons par palmeraie, représentent véritablement un minimum et les résultats seraient beaucoup

plus significatifs si le nombre était plus élevé. Mais en raison du travail énorme entrepris dans le cas présent, et du fait que nos travaux sont tributaires des études pédologiques de nos collègues, il ne nous a pas été possible d'analyser d'autres échantillons.

Cependant, il serait important de poursuivre les travaux dans ce sens pour définir, de manière plus approfondie, le rôle des facteurs pédologiques sur la distribution des actinomycètes (et de la microflore) dans les sols des palmeraies.

CHAPITRE TROISIEME : DETERMINATION DES ACTINOMYCETES

INTRODUCTION

I - HISTORIQUE ET EVOLUTION DE LA TAXONOMIE DES ACTINOMYCETES

Le premier actinomycète fut décrit en 1875 par COHN. HARTZ, en 1877, isola l'agent responsable des actinomycoses du bétail et le nomma *Actinomyces bovis*. Le genre *Actinomyces* fut inclus dans la famille des *Actinomycetaceae*, créé par ORLA YENSEN (1909). Par la suite, de nombreuses espèces telluriques furent isolées et décrites. BUCHANAN (1917) créa l'ordre des *Actinomycetales*, comprenant la famille des *Actinomycetaceae* et WINSLOW *et al.* (1920) inclurent également les *Mycobacteriaceae* dans cet ordre.

Actinomyces représentait en fait la plupart des genres actuels. Les espèces qui le composaient, étaient très différentes. Certains auteurs ont commencé par scinder ce genre en plusieurs autres.

Ainsi, ØRSKOV (1923) créa le genre *Micromonospora*, qui comprend les actinomycètes ne produisant pas de mycélium aérien et dont le mycélium du substrat forme des spores isolées.

JENSEN (1932) regroupa certains actinomycètes dont le mycélium du substrat se fragmente, dans le genre *Proactinomyces* (actuellement, *Nocardia*).

WAKSMAN et HENRICI (1943) inclurent dans le genre *Streptomyces*, les actinomycètes dont le mycélium aérien produit des chaînes de spores portées par des sporophores.

Le nom de genre *Actinomyces* fut réservé aux actinomycètes anaérobies strictes ou facultatifs, ne produisant pas de mycélium aérien, ni de spores et dont la plupart sont pathogènes.

En 1958, PRIDHAM *et al.* proposèrent un système de classification des *Streptomyces* basé sur la morphologie des chaînes de spores et la couleur du mycélium aérien. ETTLINGER *et al.* (1958) introduirent un autre critère important pour la différenciation des espèces : la production de pigments mélanoides.

A partir de 1958, de nombreux genres et espèces ont été créés et la taxonomie des actinomycètes est devenue de plus en plus complexe et confuse à cause de l'insuffisance des critères de détermination.

Pour améliorer leur systématique, plusieurs auteurs ont proposé de nouveaux critères tels que :

- l'ornementation de la surface des spores (TRESNER *et al.*, 1961; PREOBRAZHENSKAYA *et al.*, 1965);
- l'utilisation des actinophages (BRADLEY *et al.*, 1961; KUZNETSOV *et al.*, 1970);
- la détermination du pourcentage en guanine et cytosine de l'ADN (YAMAGUSHI, 1967; TSYGANOV *et al.*, 1970);
- la sensibilité aux antibiotiques (LYONS et PRIDHAM, 1973).

Mais les résultats les plus spectaculaires furent ceux obtenus après l'analyse des constituants cellulaires en acides aminés (BECKER *et al.*, 1964 et 1965), en sucres (LECHEVALIER et LECHEVALIER, 1970a) et en acides mycoliques (MORDARSKA *et al.*, 1972). Ces critères chimiques ont apporté beaucoup de changements et de clarté dans la systématique des actinomycètes.

Cette clarté fut encore accentuée par les travaux de certains auteurs sur la taxonomie numérique (GOODFELLOW, 1971; CROSS et GOODFELLOW, 1973).

Dans la 8ème édition du Manuel de BERGEY (1974), les actinomycètes ont été classés dans 8 familles. Ces dernières furent différenciées entre elles surtout grâce à quelques caractères morphologiques. Cependant, certains genres se sont révélés être très différents entre eux du point de vue caractères chimiques et même parfois morphologiques, pour être classés dans une même famille. Cette hétérogénéité a conduit les taxonomistes à ne plus considérer les familles telles qu'elles ont été définies dans la 8ème édition du Manuel de BERGEY. Aussi, tout isolat nouveau fut déterminé directement jusqu'au genre puis à l'espèce, en suivant les règles du code de nomenclature officiel, c'est-à-dire, en combinant les critères morphologiques aux critères chimiques pour déterminer les genres et les critères physiologiques (mais parfois morphologiques) pour identifier les espèces.

LECHEVALIER H. (Communication personnelle, 1988) a souligné que même dans le volume 4 du Manuel de BERGEY (en voie de parution), le classement des actinomycètes à un niveau supragénérique n'est pas encore au point.

. L'agencement des spores

Les spores peuvent être produites isolément, par deux, par quatre ou en de courtes ou de longues chaînes. Elles peuvent être sessiles ou produites par des sporophores bien individualisés pouvant être verticillés ou non, ou encore de manière très irrégulière, le long des filaments mycéliens.

. La morphologie des chaînes de spores

Les chaînes de spores peuvent être droites à flexueuses (type "*rectus-flexibilis*" = RF), en crochets ou en boucles (type "*retinaculum-apertum*" = RA) ou en spirales (type "*spira*" = S). Ces dénominations sont particulièrement importantes pour la classification des espèces de *Streptomyces* qui peuvent ainsi être placées dans différentes sections. Des morphologies intermédiaires (RFRA, RFS et RAS) sont également souvent rencontrées.

. L'ornementation de la surface des spores

Les spores peuvent avoir une surface lisse (type "smooth" = sm), rugueuse (type "warty" = wa), épineuse (type "spiny" = sp) ou chevelue (type "hairy" = ha).

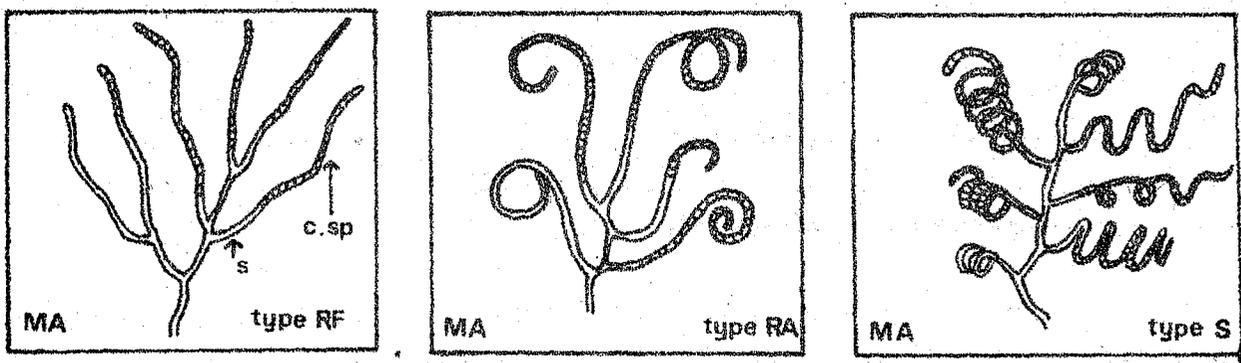
. La fragmentation du mycélium du substrat

Le MS peut se fragmenter, avec une intensité plus ou moins grande, en éléments coccoïdes et/ou en bâtonnets, non mobiles ou parfois mobiles.

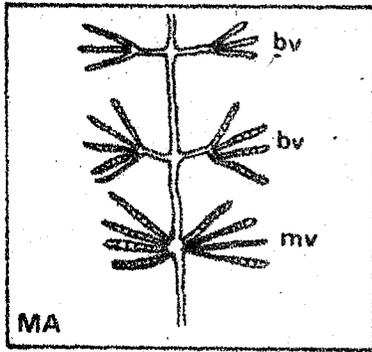
. La production de structures particulières

- La présence ou non de sporanges dans le MA et/ou le MS, la forme de ces sporanges, le nombre de spores qu'ils contiennent, la mobilité et la forme des sporangiospores,....
- La production d'endospores, de sclérotés, de synnemata,.....

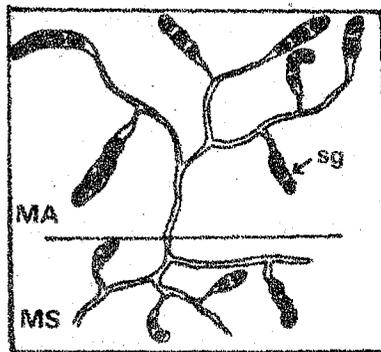
La figure 13 montre l'aspect micromorphologique des principaux genres d'actinomycètes.



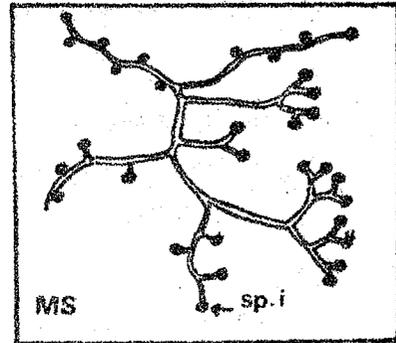
Streptomyces



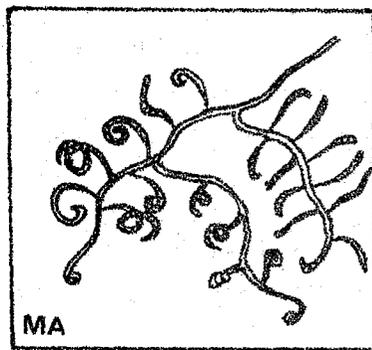
Streptoverticillium



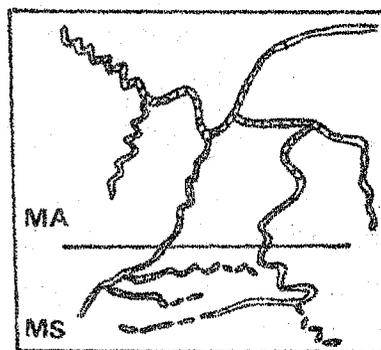
Microellobosporia



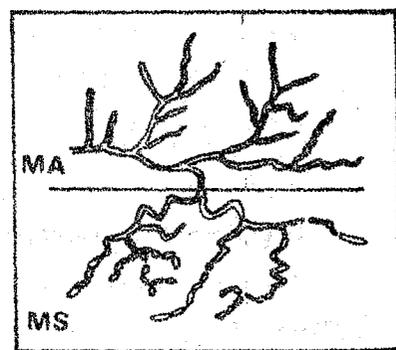
Micromonospora



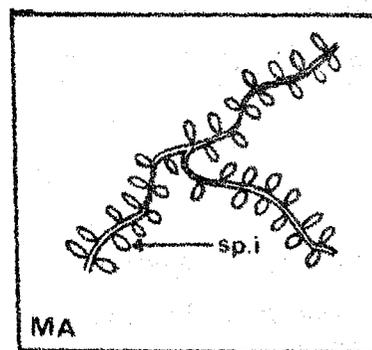
Actinomadura



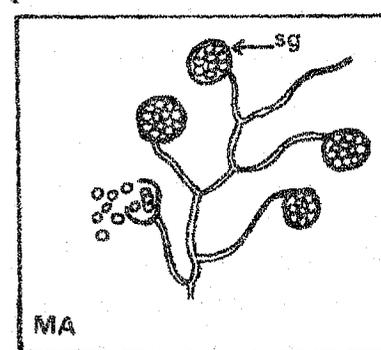
Nocardiosis



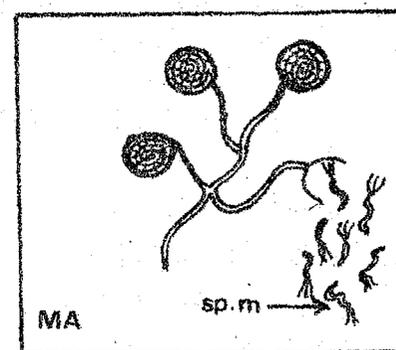
Nocardia



Saccharomonospora



Streptosporangium



Spirillospora

Figure 13 : Micromorphologie des principaux genres d'actinomycètes

Types : RF = Rectus Flexibilis, RA = Retinaculum Apertum, S = Spira.

MA = mycélium aérien. MS = mycélium du substrat. bv = biverticillé. mv = monoverticillé.

p = sporophore. c.sp = chaîne de spores. sp.i = spores isolées. sp.m = spores mobiles.

sg = sporangie.

L'analyse des constituants cellulaires est devenue obligatoire pour la classification des actinomycètes qui était auparavant assez ambiguë. Grâce à ces critères, plusieurs espèces à position systématique douteuse ont été reclassées dans d'autres genres et plusieurs genres ont été créés par la suite.

Tableau 14 : Principaux types de parois cellulaires rencontrés chez les actinomycètes aérobies

Types de parois cellulaires	Acide diamino-pimélique		Acides aminés		S u c r e s			
	Isomère LL	Isomère DL (méso)	Gly	Lys	Ara	Gal	Xyl	Mad
I C	+	-	+	-	-	-	-	-
II D	-	+	+	-	+	-	+	-
III B	-	+	-	-	-	-	-	+
III C	-	+	-	-	-	-	-	-
IV A	-	+	-	-	+	+	-	-
VI	-	-	-	+	-	V	-	-

- I, II, III, IV, VI : définis par BECKER *et al.* (1965), YAMAGUCHI (1965) et LECHEVALIER et LECHEVALIER (1970b) en se basant sur la forme LL ou méso de l'acide diamino-pimélique et la présence ou non de la glycine (Gly) et de la lysine (Lys).
- A, B, C et D : définis par LECHEVALIER et LECHEVALIER (1970b) en se basant sur les constituants majeurs des cellules en sucres et dans ce cas, l'arabinose (Ara), le galactose (Gal), le xylose (Xyl) et le madurose (Mad).
- + = présent; - = absent; V = variable suivant les souches.

Remarque : d'autres types de parois cellulaires existent chez les actinomycètes à mycélium rudimentaire et anaérobies strictes ou facultatifs (*Actinomyces*, *Agromyces*, ...) et non étudiés dans le cas présent.

MATERIEL ET METHODES

I - CHOIX DES ISOLATS POUR LA DETERMINATION

Au total 1 059 isolats ont été purifiés et sélectionnés pour être déterminés. Le tableau 15 donne les origines des isolats par palmeraies.

Le choix a été effectué de la manière suivante :

1 - Les isolats apparemment semblables entre eux et constituant des groupes homogènes dominants, représentant au minimum 5 à 10 % et au maximum 90 à 95 % du total des actinomycètes, sont prélevés à partir de boîtes ensemencées auparavant avec les dilutions les plus faibles. Le nombre d'isolats prélevés par groupe varie généralement entre 3 et 10 par échantillon et ce nombre devient plus élevé lorsque les échantillons deviennent quantitativement plus importants.

A titre d'exemple :

- Groupe d'isolats représentant 5 à 15 % des actinomycètes des échantillons HIV1 des 9 profils (groupe n° 1 de Béni-Abbès) : 2 ou plus souvent 3 sont prélevés par échantillon de telle manière à ce que le total soit de 24 isolats.
- Groupe d'isolats représentant environ 80 % des actinomycètes des sols amendés avec de la paille d'orge (PL1, PL2, PL3) ou des palmes de dattier (PM1, PM2, PM3) : 6 à 7 isolats sont prélevés par échantillon, de telle manière à ce que le total soit de 20 pour PL et 21 pour PM.

Il est à noter que tous les isolats provenant des PL ou des PM sont prélevés 9 mois après l'amendement (fin du mois de janvier 1984), sauf pour ceux du premier groupe (sol enrichi avec de la paille d'orge), qui sont prélevés 3 mois après l'amendement.

- Groupe d'isolats prédominants dans les V5, V7 et à un degré moindre dans V6. Généralement trois sont prélevés par échantillon de telle manière à ce que le total soit de 27 isolats (V5), 20 (V7) et 12 (V6), etc....

Le prélèvement d'un nombre élevé d'isolats morphologiquement semblables entre eux, nous permettra de confirmer (ou d'infirmer) leur appartenance à une même espèce.

Tableau 15 : Nombre d'isolats d'actinomycètes des sols des différentes palmeraies sélectionnés pour la détermination

Palmeraie de BENI-ABDES										
Volumés de sol	V1	V2	V3	V4	V6	V5	V7	Sols amendés		TOTAL
								PL	PM	
Nombre d'isolats	96	40	26	33	37	81	37	61	41	452

Autres palmeraies

Palmeraies	Adrar	Timimoun	El Goléa	Chardaïa	Quargla	Touggourt	Tolga
Nombre d'isolats	74	58	89	125	99	62	100

Note : PL = paille d'orge et PM = palmes de dattier

2 - Les isolats appartenant à des espèces apparemment non dominantes, sont prélevés au hasard à partir des différents échantillons et à différentes dilutions.

3 - Certains isolats appartenant à des genres assez rarement répandus, sont prélevés à partir de boîtes ensemencées avec les dilutions les plus fortes (10^{-4} , 10^{-3} et même 10^{-2}).

Parmi les 1 059 isolats, 428 possèdent une action antibiotique appréciable contre quelques bactéries et/ou champignons pathogènes ou non pour l'homme ou les plantes. Ces 428 isolats (presque tous des *Streptomyces*), déterminés en collaboration avec nos post-graduants, peuvent faire partie des "groupes dominants" ou des espèces peu fréquentes ou même assez rares. Tous les autres isolats ne sont pas actifs ou le sont faiblement.

II - METHODES

1 - Etude morphologique

Les caractéristiques culturales et micromorphologiques sont déterminées selon les méthodes préconisées par SHIRLING et GOTTLIER (1966) lors de "l'International Streptomyces Project" (I.S.P.). Les milieux utilisés sont les suivants :

- ISP2 : "Extrait de levure - extrait de malt-agar"
- ISP3 : "farine d'avoine-agar"
- ISP4 : "Amidon - sels minéraux - agar"
- ISP5 : "Glycérol - asparagine - agar"
- ISP6 : "Peptone - extrait de levure - sel de fer - agar"
- ISP7 : "Tyrosine - agar"

Les deux derniers milieux sont également utilisés pour la production de pigments mélanoides.

Suivant les genres et les espèces, d'autres milieux ont été également employés :

- Czapeck, glucose - asparagine - agar, gélose nutritive, trypticase - soy-agar, corn-meal agar (Difco), extrait de levure - glucose - agar (GORDON *et al.*, 1974), extrait de terre - agar (POCHON et TARDIEUX, 1961) et chitine-agar (LINGAPPA et LOCKWOOD, 1962).

La couleur du mycélium aérien est déterminée en utilisant la charte de couleur "ISCC-NBS Color Name Chart illustrated with centroid color" de KELLY et JUDD (1976).

Les couleurs du mycélium du substrat et des pigments solubles sont aussi notées en suivant les recommandations de SHIRLING et GOTTLIEB (1966).

La surface des spores est observée au microscope électronique Hitachi H-12, en utilisant la méthode de TRESNER *et al.* (1961).

2 - Etude physiologique

Les tests physiologiques sont ceux habituellement utilisés dans la systématique des actinomycètes. Ces tests sont les suivants :

2.1 - Dégradation de l'adénine, de l'hypoxanthine, de la tyrosine, de la xanthine, de la caséine, de l'esculine et de l'amidon (GORDON *et al.*, 1974), de la gélatine, du tween 80 et du DNA (MARCHAL et BOURDON, 1973) et de la cellulose sur ISP9 (SHIRLING et GOTTLIEB, 1966) ou selon la méthode de FALCAO de MORAIS *et al.* (1966).

2.2 - Utilisation des glucides et de leurs dérivés : la dégradation de ces substances est déterminée :

- soit en notant la croissance :

- . sur milieu minéral ISP9 (SHIRLING et GOTTLIEB, 1966), lequel est utilisé pour les *Streptomyces*, mais également pour certains autres genres,
- . sur le milieu de LUEDEMANN (1971) spécialement conçu pour les espèces du genre *Micromonospora*,
- . sur le milieu minéral de STEVENSON (1967) et préconisé par GOOD-FELLOW (1971);

- soit en observant la production d'acides sur le milieu utilisé par GORDON (1968).

Pour déterminer si le glucose est oxydé ou fermenté (test effectué uniquement pour trois souches), nous avons utilisé la méthode de LECHEVALIER (1972).

2.3 - Utilisation des sels de sodium (GORDON *et al.*, 1974).

2.4 - Réduction des nitrates et thermorésistance à 50°C pendant 8 heures (GORDON, 1968).

2.5 - Sensibilité ou résistance au lysozyme (GORDON *et al.*, 1974).

2.6 - Aptitude à la croissance anaérobique (pour trois souches) : déterminée sur le milieu trypticase - soy - agar, tel que l'a suggéré LECHEVALIER (1972).

2.7 - Croissance à différentes températures, sur milieu extrait de levure - glucose - agar pour les mésophiles et trypticase - soy - agar pour les thermophiles.

2.8 - Sensibilité ou résistance aux antibiotiques (disques) suivants : chloramphénicol (30 µg), colystine (50 µg), érythromycine (15 UI), fucidine (10 µg), gentamicine (10 UI), kanamycine (30 UI), lincomycine (15 µg), pénicilline (6 µg); rifampicine (30 µg), streptomycine (10 UI) et tobramycine (10 µg); le milieu utilisé est "extrait de levure - glucose - agar".

3 - Analyse des constituants cellulaires

Les isolats d'actinomycètes sont cultivés en milieu liquide agité (bouillon nutritif ou milieu ISP2 sans gélose), à une température de 30°C, jusqu'à l'obtention d'une masse mycélienne jugée suffisante pour les analyses. Le mycélium est recueilli par centrifugation, lavé plusieurs fois à l'eau distillée puis congelé et lyophilisé.

L'analyse des constituants cellulaires est effectuée par chromatographie descendante sur papier ou ascendante sur couches minces :

- selon la méthode de BECKER *et al.* (1964), pour la caractérisation de l'acide diaminopimélique (forme LL ou méso) et la mise en évidence de la glycine,
- selon la méthode de LECHEVALIER et LECHEVALIER (1970a) pour l'identification des sucres,
- selon la méthode de MINNIKIN *et al.* (1975), pour la mise en évidence des acides mycoliques.

Pour des raisons techniques, nous n'avons pas pu déterminer la composition cellulaire en phospholipides et en ménaquinones. D'une manière générale, l'identification de ces composés ne fait que confirmer les résultats obtenus lors des analyses des autres constituants cellulaires.

RESULTATS ET DISCUSSION

Nous présentons les résultats des analyses des constituants cellulaires de manière à définir en premier lieu les différents types de paroi, qui sont obligatoires dans la taxonomie des actinomycètes. La détermination basée sur les caractères morphologiques et physiologiques sera alors traitée séparément d'après les types de parois cellulaires.

I - DÉTERMINATION DU TYPE DE PAROI CELLULAIRE

L'analyse des constituants cellulaires a donné les résultats suivants :

- 759 isolats contiennent dans leur paroi l'isomère (L) de l'acide diamino-pimélique (DAP) et de la glycine. Les sucres mis en évidence ne sont pas caractéristiques; ils sont présents en petites quantités et leur composition peut varier même suivant les isolats morphologiquement semblables entre eux, ce qui leur enlève toute valeur taxonomique. Les plus fréquemment rencontrés sont le glucose, le ribose et à un degré moindre le mannose et la galactose. Aucune souche ne contient de l'arabinose, du xylose ou du madurose. Ces isolats possèdent donc une paroi de type I C.
- 139 isolats contiennent du méso DAP et de la glycine ainsi que de l'arabinose et du xylose comme sucres caractéristiques. Ils possèdent donc une paroi cellulaire du type II D.
- 94 isolats ont dans leur paroi du méso DAP mais pas de glycine. Parmi ces isolats :
 - . 65 possèdent dans leurs cellules du madurose comme sucre caractéristique; ils ont donc une paroi de type III B.
 - . 29 ne possèdent pas de sucres caractéristiques et peuvent être classés parmi les actinomycètes à paroi de type III C. Cependant, dans les hydrolysats cellulaires de trois isolats, nous avons mis en évidence une grande quantité de galactose et de rhamnose.
- 64 isolats contiennent du méso DAP (mais pas de glycine) et de l'arabinose et du galactose comme sucres caractéristiques. Ils possèdent donc une paroi cellulaire du type IV A. Parmi ces isolats, 28 ont dans leurs cellules des acides mycoliques.
- 3 isolats ne contiennent pas d'acide diamino-pimélique dans leur paroi, mais de la lysine. Le seul sucre mis en évidence (en quantité appréciable) est le galactose. Ils ont donc une paroi cellulaire du type VI.

Les actinomycètes à paroi de types II D, III B, III C et IV A contiennent également dans leurs cellules des sucres en faible quantité, dont la composition peut varier suivant les isolats morphologiquement semblables entre eux. Les plus fréquemment rencontrés sont le glucose, le ribose et le mannose (II D, III B et IV A) et en plus le galactose (III C).

II - DETERMINATION DES ACTINOMYCETES A PAROI DE TYPE I C

1 - Identification des genres

Les actinomycètes à paroi cellulaire de type I C peuvent appartenir aux genres suivants : *Streptomyces*, *Streptoverticillium*, *Chainia*, *Elytrosporangium*, *Microellobosporia*, *Kitasatoa*, *Nocardioïdes*, *Intrasporangium*, *Actinosporangium*, *Kineosporia* et *Sporichtya* (LECHEVALIER et LECHEVALIER, 1970 b; GOTTLIEB, 1974; PAGANI et PARENTI, 1978; GOODFELLOW *et al.*, 1986a et LECHEVALIER, 1986).

Tous les isolats produisent un mycélium du substrat, ce qui nous permet d'exclure le genre *Sporichtya*, lequel possède uniquement un mycélium aérien.

Aucun ne produit des sclérotés (ex : *Chainia*), ni de spores mobiles (ex : *Kineosporia* et *Kitasatoa*), ni de "faux sporanges" (ex : *Actinosporangium*) ou des vésicules globuleuses contenant des structures ressemblant à des spores (ex : *Intrasporangium*).

Parmi les 759 isolats :

- 698 produisent un mycélium aérien dont les sporophores, non verticillés, portent des spores en chaînes. Ces isolats ne produisent pas de sporanges. Ils appartiennent donc au genre *Streptomyces*.
- 13 isolats se distinguent des précédents uniquement par les sporophores qui sont nettement verticillés. Ils sont rattachés au genre *Streptoverticillium*.
- 23 isolats ne diffèrent du genre *Streptomyces* que par la production dans le mycélium du substrat, de sporanges en forme de massue, contenant 2 à 10 spores alignées et non mobiles. Leur description correspond à celle du genre *Elytrosporangium*.

- 6 isolats produisent, sur le mycélium aérien et du substrat, des sporanges en forme de gousses, contenant 3 à 10 spores alignées et non mobiles. Ces isolats, à la différence des précédents, ne produisent pas de chaînes de spores en dehors des sporanges. Ils peuvent donc être rattachés au genre *Microoellobosporia*.
- 19 isolats ne produisent ni chaînes de spores, ni sporanges. Le mycélium aérien, peu ou modérément produit, est stérile ou se fragmente très peu. Le mycélium du substrat se fragmente énormément et rapidement, en "zig-zag", donnant des éléments allongés ou arrondis et non mobiles. Ces isolats possèdent les caractéristiques du genre *Nocardioïdes*.

2 - Identification des isolats de *Streptomyces* (Planches I et II, en annexe)

Les principaux critères énoncés par SHIRLING et GOTTLIEB (1966) et utilisés dans la clé de NONOMURA (1974) pour l'identification de 420 espèces de *Streptomyces*, sont les suivants :

- La couleur du mycélium aérien : qui permet de classer les *Streptomyces* par série de couleur.
- La morphologie des chaînes de spores : qui permet de classer ceux de chaque série en sections.
- L'ornementation de la surface des spores.
- La production de pigments mélanoides.
- La couleur du mycélium du substrat : qui peut être caractéristique et dans ce cas, la couleur doit être précisée car elle intervient dans la différenciation des espèces, ou bien non caractéristique et dans ce cas, elle n'a aucune valeur taxonomique.
- La production et la couleur des pigments solubles (mêmes remarques que pour le mycélium du substrat).
- L'utilisation des sources de carbone suivantes (sur milieu ISP9) : arabinose, xylose, inositol, mannitol, fructose, rhamnose, saccharose et raffinose.

D'après PELCZAR *et al.* (1986), les mêmes critères sont également utilisés dans le volume 4 du Manuel de BERGEY (sous presse) pour la différenciation des espèces de *Streptomyces*.

La majorité des espèces identifiées ont été décrites lors de "l'International *Streptomyces* Project" ("ISP") par SHIRLING et GOTTLIEB (1968 a, 1968 b, 1969 et 1972) et dans la 8ème édition du Manuel de BERGEY (1974). Pour les espèces qui ont été découvertes plus récemment, nous préciserons à chaque fois les références.

D'après la couleur du mycélium aérien, les isolats sont classés dans six séries différentes :

- Série des "gris" 412 isolats
- Série des "rouges".... 88 isolats
- Série des "jaunes" ... 71 isolats
- Série des "bleus" 122 isolats
- Série des "verts" 3 isolats
- Série des "blancs".... 2 isolats

D'après la morphologie des chaînes de spores, chaque série est divisée en sections. Ces sections peuvent être les suivantes :

- . S : type "*Spira*" = chaînes de spores spiralées .
- . SRA : type "*Spira-Retinaculum Apertum*" = chaînes de spores spiralées, en boucles et en crochets.
- . SRF : type "*Spira-Rectus flexibilis*" = chaînes de spores spiralées, flexueuses à droites.
- . RA : type "*Retinaculum-Apertum*" = chaînes de spores en crochets et en boucles.
- . RARF : type "*Retinaculum Apertum - Rectus Flexibilis*" = chaînes de spores en crochets, droites et flexueuses.
- . RF : type "*Rectus-Flexibilis*" = chaînes de spores droites à flexueuses.

D'après l'ornementation de la surface des spores, la production ou non de pigments mélanoidés et la couleur, caractéristique ou non, du mycélium du substrat, les isolats de chaque section sont subdivisés en groupes (Tableau 16). Ceux de chaque groupe sont rattachés (ou rapprochés) à des espèces de *Streptomyces* sur la base des caractères suivants :

- la couleur exacte du mycélium du substrat,
- la production et la couleur des pigments solubles,
- l'utilisation des sources de carbone.

Tableau 16 (suite)

Séries	Sections	Groupes	Nombre d'isolats par groupe
Série des "Rouges" : 88 isolats	Section I : "S" 2 isolats	groupe 1 : sm, PM-, MS : NC	2
	Section II : "SRA" 32 isolats	groupe 1 : sm, PM+, MS : C groupe 2 : sm, PM+, MS : NC groupe 3 : sm, PM-, MS : C groupe 4 : sm, PM-, MS : NC	1 21 4 6
	Section III : "SRF" 4 isolats	groupe 1 : sm, PM+, MS : NC groupe 2 : sm, PM-, MS : NC	3 1
	Section IV : "RA" 8 isolats	groupe 1 : sm, PM+, MS : NC groupe 2 : sm, PM-, MS : C	3 5
	Section V : "RFRA" 8 isolats	groupe 1 : sm, PM+, MS : NC	8
	Section VI : "RF" 34 isolats	groupe 1 : sm, PM+, MS : C groupe 2 : sm, PM+, MS : NC groupe 3 : sm, PM-, MS : C groupe 4 : sm, PM-, MS : NC	9 10 11 4
Série des "Jaunes" : 71 isolats	Section I : "S" 12 isolats	groupe 1 : sm, PM-, MS : C groupe 2 : sm, PM-, MS : NC	1 11
	Section II : "RARF" 10 isolats	groupe 1 : sm, PM-, MS : C groupe 2 : sm, PM-, MS : NC	8 2
	Section III : "RF" 49 isolats	groupe 1 : sm, PM+, MS : NC groupe 2 : sm, PM-, MS : C groupe 3 : sm, PM-, MS : NC groupe 4 : sp, PM-, MS : NC	8 5 35 1
Série des "Bleus" : 122 isolats	Section I : "S" 110 isolats	groupe 1 : sm, PM+, MS : C groupe 2 : sp, PM+, MS : C groupe 3 : sp, PM+, MS : NC groupe 4 : sp, PM-, MS : C	1 22 79 8
	Section II : "SRA" 5 isolats	groupe 1 : sp, PM+, MS : NC	5
	Section III : "RF" 7 isolats	groupe 1 : sm, PM+, MS : NC	7
Série des "Verts"	Section "S" 3 isolats	groupe 1 : ha, PM+, MS : NC groupe 2 : ha, PM-, MS : NC	2 1
	Série des "Blancs"	Section "S" 1 isolat	groupe 1 : sm, PM-, MS : NC
	Section "SRA" 1 isolat	groupe 1 : sm, PM-, MS : NC	1

Surface des spores : sm (smooth = lisse); wa (warty = rugueuse);
sp (spiny = épineuse), ha (hairy = chevelue).

PM = pigments mélanoides : + (produits), - (non produits).

MS = mycélium du substrat: C = couleur caractéristique, NC = couleur non caractéristique.

Cependant, ces critères s'avèrent parfois insuffisants pour faire la distinction entre deux espèces. En effet, parmi les espèces de *Streptomyces* (plus de 400) décrites lors de l'ISP par SHIRLING et GOTTLIEB (1968a, 1968b, 1969 et 1972) et dans le Manuel de BERGEY (1974), nombreuses sont celles qui se ressemblent énormément et dont les différences ne résident que par des caractères mineurs (relevant du détail) tels que :

- la quantité de mycélium aérien produite,
- des nuances dans la couleur de ce mycélium; exemple : série des "gris" : gris clair, gris foncé, gris rougeâtre, gris verdâtre, gris jaunâtre, etc... (la couleur exacte étant déterminée à l'aide d'une charte de couleur),
- le nombre de spores par chaîne : chaînes courtes (3 à 10 spores), moyennes (10 à 50 spores) ou très longues (plus de 50 spores),
- la sécrétion d'exsudats qui font confluer les chaînes de spores entre elles.

Pour arriver aux espèces, nous avons été obligés de tenir compte de ces derniers critères. Cependant, il apparaît clairement que la taxonomie des *Streptomyces* a besoin d'être sérieusement revue, compte tenu de la ressemblance, tant morphologique que physiologique, de plusieurs espèces entre elles.

2.1 - Streptomyces de la série des "gris"

Les principales caractéristiques morphologiques et physiologiques des isolats, ainsi que les espèces correspondantes ou les plus proches, sont données dans le tableau 17.

Quatre cents douze souches font partie de cette série, soit 59 % du total des *Streptomyces*. Elles sont classées dans 6 sections : S, SRA, SRF, RA, RARF et RF.

La section S est la plus représentée (64 % des isolats "gris"), suivie des sections SRA (16 %), SRF (8,7 %), RA (6,5 %), RF (3,2 %) et RARF (1,5 %).

La majorité ont des spores à surface lisse (221) ou épineuse (170).

Les 412 isolats sont rattachés à 52 espèces, les plus représentées étant *S. griseoincarnatus* (105), *S. toyocaensis* (35), *S. griseosporus* (26), *S. cyaneogriseus* (24), *S. rishiriensis* (22), *S. griseochromogenes* (19), *S. olivaceus* (18) et *S. diastatochromogenes* (17).

Quelques-uns présentent certaines particularités :

- La couleur du mycélium aérien est à la fois grise et rose pour les isolats rattachés à *S. griseoincarnatus*, *S. aurantiogriseus* et *S. massasporus*, gris-jaune pour ceux identifiés aux espèces *S. olivaceoviridis* et *S. regensis* et gris-rouge, gris-vert, gris-bleu, gris clair à gris foncé et même jaune pâle pour ceux rapprochés de l'espèce *S. cyaneogriseus*.
- Les isolats rattachés à *S. massasporus* produisent des chaînes de spores confluent rapidement, formant de grandes masses globuleuses; ceux identifiés aux espèces *S. versipellis* et *S. hygrosopicus* sont caractérisés par la sécrétion de nombreuses gouttelettes hygrosopiques recouvrant presque tout le mycélium aérien.
- Certains isolats correspondant aux espèces *S. thermohygrosopicus*, *S. thermoolivaceus* var. *fuscus*, *S. thermo flavus*, *S. thermovulgaris*, *S. thermotritificans* et *S. thermophilus*, sont thermophiles. Leur température optimale de croissance se situe entre 50 et 55°C. Ils croissent faiblement à 30°C.

Un isolat (*Streptomyces* sp. n° 1) diffère de toutes les espèces décrites jusqu'à l'heure actuelle; la plus proche, *S. heimi*, présente sept caractères différents : la couleur du mycélium du substrat et des pigments solubles, ainsi que l'utilisation de cinq sources de carbone.

Trois espèces ont été découvertes plus récemment par rapport à celles décrites dans le Manuel de BERGEY (1974): *S. thermohygrosopicus*, *S. thermoolivaceus* var. *fuscus* (XUNCHU et YUNYU, 1975) et *S. nigroviolens* (HSUN-CHU et GUO-WEI, 1975).

Tableau 17 : Détermination des espèces de *Streptomyces* de la série des "gris"

Section S											
N°	Couleur du MS	Couleur des PS	Ar	Xy	In	Ma	Fr	Rh	Sa	Rf	Espèces correspondantes ou proches
Groupe 1 : sm, PM +, MS : C											
2	rouge-violet	rouge-violet	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>S. massasporeus</i>
3	brun foncé à olive	jaune	-	+	+	+	+	-	⊕	-	<i>S. galbus</i> o.
24	rouge orangé à NC	rouge orangé ou 0	⊖	+	⊕	-	+	⊖	+	-	<i>S. cyaneogriseus</i>
3	brun-rouge	0	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>S. resistomycificus</i>
Groupe 2 : sm, PM +, MS : NC											
17	NC	0	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>S. diastatochromogenes</i>
3	NC	0	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>S. versipellis</i>
5	NC	0	+	+	+	-	+	+	+	+	<i>S. galilaeus</i>
1	NC	0	+	+	+	+	+	+	-	-	<i>S. phaeophaciens</i>
Groupe 3 : sm, PM -, MS : C											
1	rouge à bleu	rouge à bleu	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>S. caesius</i>
1	brun-rouge à olive	brun à olive	+	+	+	+	+	-	-	+	<i>S. capuensis</i>
18	olive ou NC	0	+	+	+	+	+	+	⊕	-	<i>S. olivaceus</i>
Groupe 4 : sm, PM -, MS : NC											
1	NC	0	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>S. nigellus</i>
8	NC	0	+	+	+	+	+	+	+	-	<i>S. parvullus</i>
3	NC	0	+	+	+	+	+	+	-	-	<i>S. plicatus</i>
6	NC	0	±	+	+	+	+	-	-	-	<i>S. thermohygroscopicus</i>
1	NC	0	-	-	⊕	-	+	-	-	-	<i>S. pactum</i>
Groupe 5 : wa, PM +, MS : C											
1	Violet ou NC	Violet ou NC	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>S. nigroviolens</i>
Groupe 6 : wa, PM -, MS : NC											
10	NC	0	+	+	±	+	+	+	-	⊕	<i>S. hygrosopicus</i>
1	NC	0	+	+	±	+	+	+	-	-	<i>S. thermoolivaceus</i>
2	NC	0	+	+	+	+	+	+	+	⊖	<i>S. antimycoticus</i>
Groupe 7 : sp, PM -, MS : C											
105	brun-rouge	brun-rouge	+	+	+	+	+	+	±	-	<i>S. griseoincarnatus</i>
Groupe 8 : sp, PM -, MS : NC											
3	NC	0	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>S. virido-diastaticus</i>
1	NC	0	+	+	+	+	+	+	+	±	<i>S. rubiginosus</i>
35	NC	0	+	+	+	+	+	+	±	-	<i>S. toyocaensis</i>
Groupe 9 : ha, PM +, MS : C											
1	vert	0	+	+	+	+	+	+	+	-	<i>S. malachitofuscus</i>
Groupe 10 : ha, PM +, MS : NC											
4	NC	0	+	+	+	+	+	+	-	-	<i>S. flavoviridis</i>
Groupe 11 : ha, PM -, MS : C											
1	rouge à rouge brun	0	⊖	⊖	⊖	⊖	+	⊖	+	-	<i>Streptomyces</i> sp.n°1
Groupe 12 : ha, PM -, MS : NC											
3	NC	jaune	+	+	+	-	+	+	+	⊕	<i>S. flaveolus</i>

Tableau 17 (suite)

Section SRA											
N°	Couleur du MS	Couleur des PS	Ar	Xy	In	Ma	Fr	Rh	Sa	Rf	Espèces correspondantes ou proches
Groupe 1 : Sm, PM +, MS : NC											
13	NC	0	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>S. aurantiogriseus</i>
22	NC	0	+	+	±	-	+	+	+	+	<i>S. rishiriensis</i>
1	NC	0	+	+	+	⊖	+	-	±	-	<i>S. galbus</i> F.
Groupe 2 : Sm, PM -, MS : C											
3	Jaune-olive	Orange ou 0	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>S. thermophilus</i>
Groupe 3 : Sm, PM -, MS : NC											
6	NC	0	+	+	+	+	+	±	+	+	<i>S. thermovulgaris</i>
1	NC	0	+	+	+	+	+	±	+	+	<i>S. olivaceoviridis</i>
Groupe 4 : Sp, PM +, MS : NC											
9	NC	0	+	+	+	+	+	±	+	+	<i>S. arisaeochromogenes</i>
Groupe 5 : Sp, PM -, MS : NC											
1	NC	0	+	+	+	+	+	+	-	-	<i>S. waerhaeensis</i>
Section SRI											
Groupe 1 : sm, PM +, MS : C											
10	Jaune vif à brun	Jaune vif à brun	+	+	+	±	+	+	+	+	<i>S. regensis</i>
Groupe 2 : sm, PM -, MS : C											
1	rouge-rose	rouge-rose	+	+	+	⊕	+	+	+	-	<i>S. negalater</i>
Groupe 3 : sm, PM -, MS : NC											
2	NC	jaune	+	+	+	+	-	+	+	±	<i>S. chibaensis</i>
13	NC	0	+	+	+	+	+	+	+	±	<i>S. corchorusii</i>
3	NC	0	+	+	+	+	+	±	+	±	<i>S. thermotrichicans</i>
5	NC	0	+	+	⊕	+	+	±	±	±	<i>S. diastaticus</i>
Groupe 4 : sp, PM -, MS : NC											
5	NC	0	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>S. macrosporeus</i>
Section RA											
Groupe 1 : sm, PM +, MS : NC											
26	NC	0	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>S. griseosporus</i>
1	NC	0	+	+	±	+	+	+	+	±	<i>S. eurhythmus</i>
Section RAPP											
Groupe 1 : sm, PM +, MS : NC											
1	NC	0	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>S. lavenduligriseus</i>
Groupe 2 : sm, PM -, MS : NC											
5	NC	0	+	+	±	+	-	-	+	+	<i>S. recifensis</i>
Section RF											
Groupe 1 : Sm, PM +, MS : C											
1	vert ou NC	vert ou 0	+	+	+	±	+	+	+	+	<i>S. phaeoviridis</i>
Groupe 2 : sm, PM +, MS : NC											
6	NC	0	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>S. actuosus</i>
2	NC	0	+	+	-	-	+	±	+	+	<i>S. narbonneensis</i>
Groupe 3 : sm, PM -, MS : C											
1	vert olive	0	+	+	+	⊖	+	⊖	+	±	<i>S. salveviridis</i>
Groupe 4 : Sp, PM +, MS : NC											
1	NC	0	+	+	+	+	+	±	+	-	<i>S. thermophilus</i>

N° = nombre d'isolats

MS = mycélium du substrat ; NC = non caractéristique et C = caractéristique

PS = pigments solubles : 0 = non produits

PM = pigments mélanoides : + = produits et - = non produits

Spores : sm (lisses); wa (rugueuses); sp (épineuses); ha (chevelues)

Utilisation des sources de carbone : + : utilisée; - = non utilisée;

± = utilisation douteuse ou variable suivant les isolats

Ar = arabinose; Xy = xylose; In = inositol; Ma = mannitol; Fr = fructose;

Rh = rhamnose; Sa = saccharose; Rf = raffinose.

Les signes + et - entourés d'un cercle indiquent les différences dans l'utilisation des sources de carbone entre nos isolats et les espèces correspondantes.

Les mêmes dénominations sont valables pour les tableaux 18, 19, 20 et 21.

2.2 - Streptomyces de la série des "rouges"

Les caractéristiques des isolats sont données dans le tableau 18.

Cette série comprend 88 souches (12,6 % du total des *Streptomyces*), classées dans 6 sections : S, SRA, SRF, RA, RFRA et RF. La majorité des isolats fait partie des sections RF (34) et SRA (32). Tous ont des spores à surface lisse. Ils sont identifiés à 23 espèces.

- . Un isolat, rattaché à *S. spectabilis*, présente des sporophores et des chaînes de spores arrangés en "pseudo-verticilles".
- . Quatre isolats, identifiés à *S. prunicolor* et *S. exfoliatus*, ont la particularité de produire de longues chaînes de spores droites à flexueuses dans le mycélium du substrat.

Les espèces les plus représentées sont *S. toxytricini* (21 isolats) et *S. phaechromogenes* (10 isolats).

2.3 - Streptomyces de la série des "jaunes"

Cette série comprend 71 souches (10 % du total des *Streptomyces*), classées dans 3 sections : S, RARF et RF. Cette dernière, avec 49 isolats est la plus représentée.

Soixante-dix isolats possèdent des spores lisses et un seul, épineuses. Huit souches seulement sécrètent des pigments mélanoides.

Les isolats sont identifiés à 20 espèces (Tableau 19). Les plus représentées sont *S. aurigineus* (11) et *S. griseinus* (10).

Tous ceux qui sont rattachés à *S. flavidovirens*, *S. microflavus*, *S. krainskii*, *S. griseinus*, *S. limosus* et *S. ochroleucus*, ont la particularité de produire des chaînes de spores plus ou moins longues dans le mycélium du substrat.

Certaines espèces, telles que *S. limosus* et *S. ochroleucus* se ressemblent beaucoup entre elles; elles ne diffèrent que par des caractères mineurs, comme la quantité de mycélium aérien produite, des nuances dans la couleur de ce mycélium (jaune, jaune verdâtre, jaune grisâtre, etc...) ou parfois, la longueur des chaînes de spores. De telles remarques, valables également pour certaines espèces classées dans la plupart des autres séries, montrent bien les insuffisances existant encore dans la taxonomie des *Streptomyces*.

Tableau 18 : Détermination des espèces de *Streptomyces* de la série des "rouges"

N°	Couleur du MS	Couleur des PS	Ar	Xy	In	Ma	Fr	Rh	Sa	Rf	Espèces correspondantes ou proches
Section S											
Groupe 1 : sm, PM -, MS : NC											
2	NC	0	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>S. vinaceus-drappus</i>
Section SRA											
Groupe 1 : sm, PM +, MS : C											
1	brun-orange à rose	brun à rose	±	±	±	±	±	±	±	±	<i>S. vinaceus J.</i>
Groupe 2 : sm, PM +, MS : NC											
21	NC	0	+	+	+	+	+	-	±	-	<i>S. toxytricini</i>
Groupe 3 : sm, PM -, MS : C											
3	brun-rouge foncé	0	+	+	-	+	+	+	-	-	<i>S. daghestanicus</i>
1	jaune à jaune orangé	0	+	+	-	-	±	-	-	-	<i>S. roseoflavus</i>
Groupe 4 : sm, PM -, MS : NC											
6	NC	0	+	+	±	-	-	±	-	⊕	<i>S. roseolilacinus</i>
Section SRF											
Groupe 1 : sm, PM +, MS : NC											
3	NC	0	+	+	+	+	±	+	±	±	<i>S. chromogenus</i>
Groupe 2 : sm, PM -, MS : C											
1	brun-rouge	0	+	+	±	-	-	-	±	-	<i>S. fragilis</i>
Section RA											
Groupe 1 : sm, PM +, MS : NC											
3	NC	0	+	+	±	⊕	+	±	+	+	<i>S. katrae</i>
Groupe 2 : sm, PM -, MS : NC											
5	NC	0	+	+	-	-	-	±	-	-	<i>S. fradiae</i>
Section RFRA											
Groupe 1 : sm, PM +, MS : NC											
7	NC	0	+	+	+	-	-	-	-	-	<i>S. lavendocolor</i>
1	NC	0	-	-	-	-	+	-	-	-	<i>S. lavendulae</i>
Section RF											
Groupe 1 : sm, PM +, MS : C											
2	rouge	rouge	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>S. coralus</i>
1	orange à brun rouge	0	+	±	⊖	-	±	±	-	±	<i>S. atrofasciens</i>
1	orange à rouge	0	+	+	+	+	+	±	-	+	<i>S. spectabilis</i>
5	jaune, orange à rouge	0	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>S. fulvissimus</i>
Groupe 2 : sm, PM +, MS : NC											
10	NC	0	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>S. phaeochromogenes</i>
Groupe 3 : sm, PM -, MS : C											
6	brun-rouge	brun-rouge	+	+	±	+	+	+	+	+	<i>S. roseofulvus</i>
2	rouge, rose orange	violet-rouge	±	+	±	±	+	⊕	±	±	<i>S. californicus</i>
3	brun-rouge ou NC	0	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>S. prunicolor</i>
Groupe 4 : sm, PM -, MS : NC											
1	NC	0	+	+	-	-	+	+	+	⊖	<i>S. exfoliatus</i>
1	NC	0	+	+	±	-	±	±	±	-	<i>S. roseolus</i>
2	NC	0	-	+	-	-	±	-	±	±	<i>S. roseus</i>

Tableau 19 : Détermination des espèces de *Streptomyces* de la série des "jaunes"

N°	Couleur du MS	Couleur des PS	Ar	Xy	In	Ma	Fr	Rh	Sa	Rf	Espèces correspondantes ou proches
Section S											
Groupe 1 : sm, PM -, MS : C											
1	brun-noir à olive	brun-noir	+	+	+	+	+	+	-	-	<i>S. minutiscleroticus</i>
Groupe 2 : sm, PM -, MS : NC											
11	NC	jaune	+	+	⊕	⊕	+	+	-	±	<i>S. aurigineus</i>
Section RARF											
Groupe 1 : sm, PM -, MS : C											
8	jaune à brun-olive	0	+	+	-	+	+	-	-	-	<i>S. rutgersensis</i>
Groupe 2 : sm, PM -, MS : NC											
2	NC	0	+	+	-	-	±	-	±	-	<i>S. flavidovirens</i>
Section RF											
Groupe 1 : sm, PM +, MS : NC											
7	NC	0	+	+	-	+	+	⊕	-	-	<i>S. cavourensis</i>
1	NC	0	-	+	-	+	+	-	-	-	<i>S. griseobrunneus</i>
Groupe 2 : sm, PM -, MS : C											
3	jaune vif à orange	jaune à orange	±	+	+	+	+	+	⊕	-	<i>S. krainiskii</i>
1	olive-brun	olive-brun	+	+	-	+	+	-	-	-	<i>S. coriofaciens</i>
1	brun-foncé	brun foncé	+	+	-	+	+	+	+	-	<i>S. microflavus</i>
Groupe 3 : sm, PM -, MS : NC											
10	NC	jaune	+	+	-	+	+	+	-	-	<i>S. griseinus</i>
1	NC	0	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>S. praecox</i>
1	NC	0	+	+	+	+	+	+	+	±	<i>S. cellulosa</i>
6	NC	0	+	+	-	+	+	+	±	±	<i>S. oligocarbophilus</i>
1	NC	0	-	+	±	+	+	+	±	-	<i>S. lipmanii</i>
3	NC	0	+	+	±	+	+	±	-	-	<i>S. intermedius</i>
2	NC	0	+	+	⊕	+	+	-	-	-	<i>S. sampsonii</i>
3	NC	0	+	+	-	+	+	-	-	-	<i>S. limosus</i>
3	NC	0	+	+	-	+	+	-	-	-	<i>S. ochroleucus</i>
5	NC	0	-	⊕	-	-	+	⊕	+	-	<i>S. acidoresistans</i>
Groupe 4 : sp, PM -, MS : NC											
1	NC	jaune	+	+	-	+	+	+	-	-	<i>Streptomyces</i> sp. n°2

L'isolat du groupe 4 (noté *Streptomyces* sp. n° 2) produit des spores à surface nettement épineuse. Ce caractère le fait différencier de toutes les espèces de la série des "jaunes" figurant dans la clé de NONOMURA (1974) et décrites lors de l'ISP, ainsi que dans le Manuel de BERGEY (1974). De même, aucune espèce à mycélium aérien jaune à jaune-grisâtre (section RF) et dont la surface des spores est épineuse, n'a été signalée récemment. Notre isolat pourrait donc représenter une nouvelle espèce.

2.4 - Streptomyces de la série des "bleus"

Cent vingt-deux souches composent cette série; elles représentent 17,5 % du total des *Streptomyces*. Elles sont classées dans trois sections : S, SRA et RF. La grande majorité fait partie de la section S, a des spores épineuses et produit des pigments mélanoides; toutes utilisent les huit sources de carbone.

Les isolats sont rattachés à 15 espèces au maximum (Tableau 20); les plus représentées sont *S. coerulescens* (61) et *S. chartreusis* (13). Ces derniers ont la particularité de produire des sporophores arrangés en pseudoverticilles.

Les espèces de cette série se distinguent entre elles surtout par la couleur du mycélium du substrat et des pigments solubles.

Quelques isolats ne correspondent à aucune espèce connue :

- deux, notés *Streptomyces* sp. n° 3, se rapprochent par leur micromorphologie de *S. chartreusis*, mais diffèrent par la couleur olive du mycélium du substrat (= MS) et des pigments solubles, et également par la production dans le MS de courtes chaînes de spores de type RF, RA et même S.
- Un autre (*Streptomyces* sp. n° 4), diffère également de *S. chartreusis* par la couleur rouge-orange du MS.
- Les sept derniers (*Streptomyces* sp. n°5) ne se rapprochent d'aucune espèce connue. Le mycélium aérien est d'abord rose vif; puis il vire progressivement au bleu franc lors de la maturation des spores.

2.5 - Streptomyces des séries des "verts" et des "blancs"

Ils sont très rares (Tableau 21). La série des "verts" comprend trois isolats (2 espèces) et celle des "blancs" seulement deux isolats (2 espèces).

Tableau 20 : Détermination des espèces de *Streptomyces* de la série des "bleus"

N°	Couleur du MS	Couleur des PS	Utilisation des sources de carbone *	Espèces correspondantes ou proches
Section S				
Groupe 1 : sm, PM +, MS : C				
1	rouge-orangé-violet	rouge-violet	tous utilisés	<i>S. azureus</i>
Groupe 2 : sp, PM +, MS : C				
1	bleu-violet-vert	bleu-violet	tous utilisés	<i>S. regalis</i>
4	violet-rouge	violet-rouge	tous utilisés	<i>S. cyaneus</i>
7	orange à rouge	rouge-brun	tous utilisés	<i>S. coeruleorubidus</i>
2	olive grisâtre	olive-vert	tous utilisés	<i>Streptomyces</i> sp n° 3
1	rouge-orange	jaune vif	tous utilisés	<i>Streptomyces</i> sp n° 4
1	orange-olive	0	tous utilisés	<i>S. coeruleofuscus</i>
6	brun noir	0	tous utilisés	<i>S. lanatus</i>
Groupe 3 : sp, PM +, MS : NC				
13	NC	jaune	tous utilisés	<i>S. chartreusis</i>
61	NC	0	tous utilisés	<i>S. coerulescens</i>
5	NC	0	tous utilisés	<i>S. peruvienis</i>
Groupe 4 : sp, PM -, MS : C				
1	orange ou NC	orange-jaune	tous utilisés	<i>Streptomyces bluensis</i>
7	rouge-violet	rouge	tous utilisés	<i>Streptomyces</i> sp n° 5
Section SRA				
Groupe 1 : sm, PM +, MS : NC				
5	NC	0	tous utilisés	<i>S. caeslestis</i>
Section RF				
Groupe 1 : sm, PM +, MS : NC				
7	NC	0	tous utilisés	<i>S. ashchabadicus</i>

* les mêmes sources que pour les *Streptomyces* des autres séries.

Tableau 21 : Détermination des espèces de *Streptomyces* des séries des "verts" et des "blancs"

Nbre iso-lats	Sec-tion des spores	Surface des spores	Utilisation des sources de carbone										Espèces correspondantes ou proches	
			PM	MS	PS	ara	xyl	ino	man	fru	rha	sac		raf
Série des "verts"														
2	S	sp. ha	1	0	0	+	+	±	+	+	+	±	±	<i>S. viridosporus</i>
1	S	ha	0	0	0	⊖	+	+	⊖	±	⊖	-	-	<i>S. acrimycini</i>
Série des "blancs"														
1	S	sm	0	0	0	+	+	-	+	+	-	-	±	<i>S. albus</i>
1	SRA	sm	0	0	0	+	+	+	+	+	+	±	±	<i>S. mutabilis</i>

3 - Identification des isolats de *Streptovorticillium*

La détermination des espèces de ce genre repose sur les mêmes critères que ceux des *Streptomyces*. Pour leur identification, nous nous sommes basés sur les descriptions faites par BALDACCI et LOCCI (1974) dans la 8ème édition du Manuel de BERGEY.

Treize isolats appartiennent à ce genre. Ils sont caractérisés par :

- La production de chaînes de spores biverticillées. Ces chaînes sont droites à flexueuses et chacune d'elles est composée par 3 à 15 spores à surface lisse.
- La production de pigments mélanoïdes et l'hydrolyse de l'amidon.
 - . Un isolat produit peu de mycélium aérien (= MA), blanc à beige grisâtre. Le mycélium du substrat (MS) est brun jaunâtre et olive. Aucun pigment soluble (PS) n'est sécrété. L'utilisation des huit sources de carbone (*) est douteuse (±) (**). Ces caractéristiques le font correspondre à l'espèce *Stv. olivoreticuli*.
 - . Huit isolats produisent beaucoup plus de MA, de couleur beige sur ISP2, ISP3 et ISP5 et beige-rose sur ISP4. Le MS et les PS sont bruns à brun-jaune. Des huit sources de carbone, seuls l'inositol et le fructose sont dégradés. D'après ces caractéristiques, ces isolats peuvent être rattachés à *Stv. luteovorticillatum* (Planche III, figure 1, en annexe).
 - . Quatre isolats forment un MA abondant et de couleur rose vif sur tous les milieux. Le MS est orange-rouge vif à brun rougeâtre sur ISP2, rose vif à rouge foncé sur ISP3 et ISP4 et orange à orange-rouge sur ISP5. Ils sécrètent des PS de couleur jaune sur la plupart des milieux utilisés. L'inositol est dégradé, l'utilisation du saccharose, du fructose et du rhamnose est douteuse et celle de l'arabinose, du xylose, du mannitol et du raffinose est négative. Ces caractéristiques nous permettent d'identifier ces quatre isolats à l'espèce *Stv. baldaccii* (planche III, Figure 2, en annexe).

(*) Les mêmes que pour les *Streptomyces*.

(**) Même signification que pour les *Streptomyces*.

4 - Identification des isolats d'*Elytrosporangium*

Le genre *Elytrosporangium* ressemble énormément à *Streptomyces*. La seule différence est la production par le premier cité, de chaînes de spores dans le mycélium du substrat, contenues dans des sporanges en forme de massues. Trois espèces furent découvertes et décrites : *E. brasiliense* (FALCAO DE MORAIS *et al.*, 1966), *E. spirale* (FALCAO DE MORAIS, 1970) et *E. carpinense* (FALCAO DE MORAIS *et al.*, 1971).

Dans la 8ème édition du Manuel de BERGEY (1974), ce genre fut considéré comme "*Incertae Sedis*". Par contre, il figure dans la liste des noms de genres et d'espèces validés, établie par SKERMAN *et al.* (1980). CROSS et AL-DIWANY (1981) avaient également proposé la conservation de ce genre.

Récemment, GOODFELLOW *et al.* (1986b) proposèrent le transfert des trois espèces d'*Elytrosporangium* dans le genre *Streptomyces*. Pour cela, ils se basèrent sur les travaux de plusieurs chercheurs sur la classification numérique, la composition cellulaire en acides aminés, en sucres, en lipides et en ménaquinones, sur la sensibilité aux phages ainsi que sur les données génétiques. Ces auteurs soulignent que ce qui était perçu comme étant la paroi des sporanges ne représente en fait qu'une gaine qui enveloppe normalement les chaînes de spores des streptomycètes.

Pour notre part, nous considérons encore le genre *Elytrosporangium* jusqu'à ce que les propositions de GOODFELLOW *et al.* (1986b) soient définitivement acceptées par l'ensemble des taxonomistes. Cependant, nous comparerons également nos isolats avec les différentes espèces de *Streptomyces*.

Vingt-trois isolats ont été étudiés et ils sont tous semblables entre eux. Ils présentent les caractéristiques suivantes :

- le MA, modérément produit, est blanc neige.
- Le MS est non coloré à beige-orange clair.
- Les pigments mélanoides sont produits sur ISP6 et ISP7. Aucun autre pigment soluble n'est sécrété.
- Des chaînes de spores non mobiles, de type RF (10 à 50 par chaîne ou plus) sont produites sur le MA. Ces spores ont une surface lisse (Planche III, Figures 3 et 4, en annexe).
- Les spores du MS, non mobiles, arrondies ou ovoïdes, sont arrangées en de courtes chaînes (3 à 10 par chaîne) et contenues à l'intérieur de sporanges en forme de massue (3 à 12 μm \times 1,5 à 2,5 μm). Sporangies et spores ne sont observés que sur milieu extrait de terre gélosée (Planche III, Figure 5, en annexe).

Les résultats des tests physiologiques sont donnés dans le tableau 22.

Tableau 22 : Caractéristiques physiologiques des isolats appartenant au genre *Elytrosporangium*

Tests physiologiques		Tests physiologiques	
Dégradation de :		Utilisation des sels de sodium :	
. adénine	-	. acétate	+
. amidon	+	. benzoate	-
. caséine	-	. citrate	+
. cellulose	+	. formiate	+
. esculine	+	. lactate	+
. gélatine	+	. oxalate	+
. hypoxanthine	+	. pyruvate	+
. tween 80	-	. succinate	+
. tyrosine	+	. tartrate	-
Utilisation de :		Production de nitrate réductase	
. adonitol	-		+
. L arabinose	+	Croissance en présence de lysozyme	
. cellobiose	+		-
. dulcitol	-	Croissance à :	
. érythritol	-	- 40°C	+
. D fructose	+	- 43°C	+
. D galactose	+		
. D glucose	+		
. glycérol	+		
. glycogène	+		
. inositol	+		
. inuline	-		
. lactose	+		
. maltose	+		
. D mannitol	+		
. mannose	+		
. mélézitose	+		
. mélibiose	+		
. raffinose	+		
. rhamnose	+		
. ribose	+		
. saccharose	+		
. salicine	-		
. sorbitol	-		
. thréaloze	+		
. xylose	+		
		+ = tests positifs	
		- = tests négatifs	

Six isolats sont inclus dans ce genre. Ils possèdent les caractéristiques suivantes :

- 3 à 10 spores en chaînes et non mobiles sont contenues dans des sporanges en forme de gousse. Ces dernières (5 à 15 μm \times 1,5 à 2,5 μm) sont droites, en crochets ou en boucles; ils sont produits sur le MA et le MS et ont une surface lisse (Planche III, figure 6, en annexe).
- Les pigments solubles, y compris les mélanoides, ne sont pas sécrétés.

Les autres caractéristiques morphologiques et physiologiques sont exposées dans le tableau 23.

D'après les résultats, nous avons divisé les souches en deux groupes :

- celles du premier groupe (2 isolats) sont identifiées à *Me. flavea*,
- celles du deuxième groupe (4 isolats semblables entre eux) diffèrent des quatre espèces connues par les caractères suivants :
 - . *Me. cinerea* : couleur du MA, du MS et des PS et utilisation du cellobiose, du maltose et du thréalose
 - . *Me. violacea* : couleur du MA, du MS et des PS et utilisation de l'adonitol et du cellobiose
 - . *Me. flavea* : couleur du MS et utilisation du cellobiose, du maltose et du thréalose
 - . *M. grisea* : couleur du MS, surface des sporanges, nombre de spores par sporange et utilisation du maltose.

Il est donc possible que nos isolats appartiennent à une nouvelle espèce.

Tableau 23 : Quelques caractéristiques morphologiques et physiologiques des isolats appartenant au genre *Microellobosporia*

	Groupe I : 2 isolats	Groupe II : 4 isolats
Couleur du mycélium aérien	gris à gris rosâtre	gris foncé
Couleur du mycélium du substrat	jaune vif, jaune-brun à orange	olive grisâtre à vert-gris
Dégradation de :		
amidon	+	+
esculine	+	+
gélatine	+	+
tyrosine	+	NE
adonitol	-	-
L arabinose	+	+
cellobiose	NE	-
D fructose	+	+
D galactose	+	+
inositol	+	+
maltose	+	-
D mannitol	+	+
mannose	NE	+
mélibiose	+	+
raffinose	+	+
rhamnose	+	+
saccharose	+	+
thréalose	NE	-
xylose	+	+

+ = dégradé

- = non dégradé

NE = test non effectué

6 - Identification des isolats de *Nocardioïdes*

Dix-neuf isolats présentent les caractéristiques suivantes :

- Ils possèdent une paroi de type I C, mais aucune trace d'acides mycoliques.
- Le MS est blanc à jaunâtre. Un MA blanc, formant une fine couche, est produit sur la plupart des milieux. Un PS jaunâtre est sécrété par certaines souches sur ISP2 et ISP6. Les pigments mélanoides ne sont pas produits mais tous les isolats sécrètent abondamment un pigment brun-rouge foncé sur les milieux contenant de la tyrosine : ISP7 et le milieu de GORDON (1968) servant à tester la dégradation de cet acide aminé.
- Le MS, ramifié, se fragmente beaucoup en "zig-zag" après seulement 2 à 3 jours. Cette fragmentation est presque totale après 10 jours, particulièrement dans les milieux riches en azote organique, tels que la gélose nutritive et l'ISP2. Elle aboutit à la formation d'éléments non mobiles, coccoïdes ou en bâtonnets (Planche III, figure 7, en annexe).
- Le MA, peu ramifié, est stérile ou se fragmente parfois en éléments en bâtonnets à surface lisse.

Toutes ces caractéristiques correspondent à celles du genre *Nocardioïdes* et particulièrement à celles de l'espèce *Nc. albus* (PRAUSER, 1976).

Le tableau 24 donne les caractères physiologiques de nos isolats. Nous les avons comparés à ceux de *Nc. albus*, rapportés par plusieurs auteurs (PRAUSER, 1976, HELMKE et WEYLAND, 1984 et PRAUSER, 1986).

Nous constatons que les 19 isolats peuvent être divisés en deux groupes : I et II, contenant respectivement 10 et 9 isolats et qui diffèrent entre eux par la production d'acides à partir du saccharose, du raffinose, du ribose, de l'inuline et de l'érythritol et par l'utilisation du benzoate, du formiate et du lactate de sodium.

Les isolats du groupe I diffèrent de *Nc. albus* par la production d'acides à partir du lactose, du raffinose, de l'inositol et du mélézitose et par l'utilisation de l'acétate et du lactate de sodium.

Ceux du groupe II s'en distinguent par la production d'acides à partir du saccharose, de l'inuline et du mélézitose et par la dégradation de l'acétate et du benzoate de sodium.

Tableau 24 : Caractéristiques physiologiques des isolats appartenant au genre *Nocardioïdes*

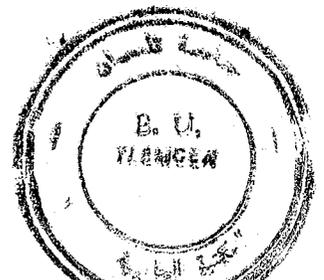
Tests physiologiques	Groupes		Tests physiologiques	Groupes	
	I (10)*	II (9)		I (10)	II (9)
Dégradation de :			Utilisation des sels de sodium :		
. adénine	-	-	. acétate	+	+
. amidon	+	+	. benzoate	+	-
. caséine	+	+	. citrate	+	+
. esculine	+	+	. formiate	+	-
. gélatine	+	+	. lactate	+	-
. hypoxanthine	+	+	. oxalate	-	-
. tween 80	+	+	. pyruvate	+	+
. tyrosine	+	+	. succinate	+	+
			. tartrate	-	-
Production d'acides à partir de :			Production de nitrate réductase	-	-
. adonitol	+	+	Croissance en présence de lysozyme	-	-
. L arabinose	+	+	Croissance à : - 40°C	+	+
. cellobiose	+	+	- 43°C	-	-
. dulcitol	-	-	Survie à 50°C pendant 8 h	-	-
. érythritol	+	-	Croissance en présence des antibiotiques :		
. D fructose	+	+	. chloramphénicol (30 µg)	-	-
. D galactose	+	+	. érythromycine (15 ui)	-	-
. D glucose	+	+	. fucidine (10 µg)	-	-
. glycérol	+	+	. gentamicine (10 ui)	-	-
. glycogène	+	+	. kanamycine (30 ui)	-	-
. inositol	+	NE	. pénicilline (6 µg)	+	+
. inuline	+	-	. rifampicine (30 µg)	-	-
. lactose	+	NE	. streptomycine (10 ui)	-	-
. maltose	+	+	. tobramycine (10 µg)	-	-
. D mannitol	+	+			
. mannose	+	+			
. mélézitose	+	+			
. mélibiose	-	-			
. raffinose	+	-			
. rhamnose	+	+			
. ribose	+	-			
. saccharose	+	-			
. salicine	+	+			
. sorbitol	-	-			
. thréhalose	+	+			
. xylose	+	+			

* nombre d'isolats par groupe

+ = tests positifs

- = tests négatifs

NE = tests non effectués



Tous les isolats croissent aussi bien sur les milieux minéraux sans source de carbone que sur ceux qui en contiennent (possibilité d'autotrophie), caractère qui n'a pas été signalé pour *Nc. albus*.

L'ensemble de ces résultats montre que nos isolats correspondent assez bien à *Nc. albus* du point de vue caractères morphologiques et culturaux et la majorité des tests physiologiques sont similaires. Les quelques différences observées peuvent être attribuées à des caractères propres aux souches, d'autant plus que PRAUSER (1986) signale également des variations observées dans la dégradation de l'esculine et dans la production d'acides à partir de l'adonitol et du sorbitol.

Nous pouvons donc rapprocher nos isolats de l'espèce *Nc. albus*.

III - DETERMINATION DES ACTINOMYCETES A PAROI DE TYPE II D

1 - Identification des genres

Cent trente-neuf isolats ont une paroi de type II D, parmi lesquels :

- Cent trente-quatre ne produisent pas de MA (sauf pour quelques-uns mais à l'état de traces et toujours stérile). Le MS ne se fragmente pas et produit des spores arrondies, non mobiles, sessiles ou portées chacune par un court sporophore. Les spores ne sont jamais arrangées en chaînes. Ces isolats correspondent à la description du genre *Micromonospora*.
- Cinq produisent parfois un MA visible seulement au microscope ou plus rarement à l'oeil nu, mais à l'état de traces. Cependant, d'une manière générale, les colonies apparaissent dépourvues de mycélium aérien. Le MS porte des spores en bâtonnets, non mobiles et arrangées en chaînes, droites ou un peu flexueuses (5 à 30 spores par chaîne). Le mycélium aérien, lorsqu'il est produit, est généralement peu ou pas ramifié et perpendiculaire à la surface du milieu. Il se fragmente en donnant des chaînes de spores droites, identiques à celles produites par le MS. La description de ces cinq isolats correspond à celle du genre *Catellatospora*, récemment découvert et décrit par ASANO et KAWAMOTO (1986). Un autre genre : *Glycomyces* (LABEDA *et al.*, 1985) est aussi un peu proche, mais il est caractérisé par la production d'un mycélium aérien relativement fourni et un MS qui ne donne pas de chaînes de spores.

2 - Identification des isolats de *Micromonospora*

2.1 - Critères de classification des espèces de *Micromonospora*

La systématique des *Micromonospora* est encore un peu confuse en raison de l'absence d'une méthodologie et de critères bien définis et assez stables, permettant de différencier de manière assez claire les espèces.

SVESHNIKOVA *et al.* (1970) considèrent les caractères suivants :

- 1 - Croissance sur les milieux synthétiques (dont czapeck et glucose-asparagine-agar) et sur les milieux organiques.
- 2 - Couleur des colonies et des pigments solubles sur ces mêmes milieux.
- 3 - Ornementation de la surface des spores.
- 4 - Réduction des nitrates.
- 5 - Production de mélanines.
- 6 - Utilisation des sources de carbone suivantes : mannitol, rhamnose, fructose, raffinose, arabinose, xylose et saccharose.

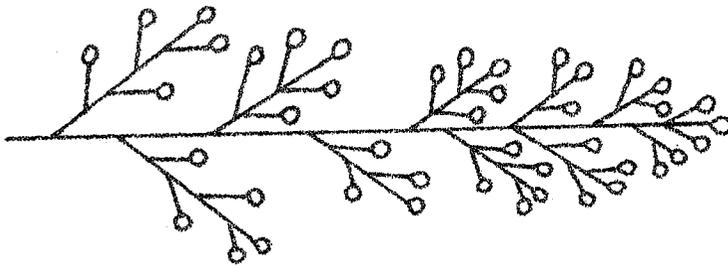
Ces auteurs différencient ainsi 9 espèces. Ils attachent une grande importance à la couleur des colonies et à la croissance sur milieux synthétiques et organiques.

LUEDEMANN (1974) différencie 13 espèces aérobies sur la base des caractères suivants :

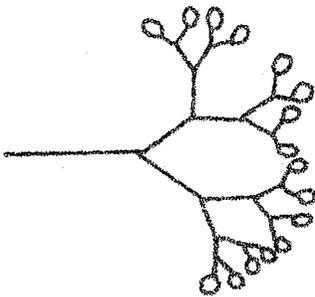
- 1 - Couleur des colonies et des pigments solubles.
- 2 - Type de sporulation : monopodial, sympodial ou en "grappe" (considéré par LUEDEMANN et BRODSKY, 1965, comme dérivant du type monopodial) (Figure 14).
- 3 - Ornementation de la surface des spores.
- 4 - Utilisation du mélibiose, du raffinose, du rhamnose et du mannitol. Ces tests ont une grande importance dans la classification proposée par LUEDEMANN.
- 5 - Croissance (faible ou bonne) sur le milieu czapeck et sur les milieux organiques (riches en protéines).



a- Type sympodial



b- Type monopodial



c- Type "en grappe"
dérivant du type monopodial

Figure 14 : Types de sporulation chez les *Micromonospora*
 (d'après LUEDEMANN et BRODSKY, 1965).

Entre 1975 et 1986, de nombreuses espèces nouvelles ont été décrites en Chine, aux USA, au Japon, ... Le nombre d'espèces actuellement, dépasse la trentaine, sans compter certaines, productrices d'antibiotiques, qui ont fait l'objet d'un dépôt de brevet (U.S. Patent, Japan Patent, ...) (WAGMAN et WEINSTEIN, 1980) et qui n'ont jamais été décrites de manière assez complète, ce qui encore, complique la classification.

Pour notre part, nous avons fait une synthèse de tous les travaux présents et nous avons déterminé les isolats de *Micromonospora* en tenant compte des caractères suivants :

- 1 - Couleur des colonies et des pigments solubles.
- 2 - Type de sporulation : monopodial, sympodial ou en "grappe".
- 3 - Ornementation de la surface des spores : lisse ou rugueuse à épineuse.
- 4 - Utilisation des sources de carbone suivantes : mélibiose, rhamnose, raffinose, mannitol, arabinose, xylose, inositol, fructose et saccharose; les quatre premiers sucres étant considérés comme importants pour la différenciation des espèces, telle que suggérée par LUEDEMANN(1974).
- 5 - Dégradation de l'amidon, de la caséine, de la gélatine et de la tyrosine.
- 6 - Production de pigments mélanoïdes.
- 7 - Réduction des nitrates.
- 8 - Croissance (faible ou bonne) sur les milieux czapeck, glucose - asparagine - agar, ISP4 et ISP5.

Les espèces figurent dans la 8ème édition du Manuel de BERGEY et leur description est rapportée par LUEDEMANN (1974). Pour toutes les espèces découvertes plus récemment ou ne figurant pas dans cet ouvrage, nous précisons à chaque fois les références.

2.2 - Détermination des isolats

Les caractères morphologiques et physiologiques des 134 isolats sont donnés dans le tableau 25.

D'après la couleur des colonies, nous les avons divisés en 5 groupes.

2.2.1 - Groupe I : colonies de couleur violet-rouge

Cinquante-deux isolats font partie de ce groupe. Leurs colonies sont violet-rougeâtre, rouge foncé à brun-rouge et plus rarement orange-violacé. Un pigment soluble rouge-violet est sécrété sur la plupart des milieux.

Tableau 25 : Quelques caractéristiques morphologiques et physiologiques des différents groupes d'isolats appartenant au genre *Mycobacterium*

Groupes	Sous-groupes	Surface des spores	Type de sporulation	Utilisation des sources carbonées						Dégradation de		Réduction des nitrates					Croissance sur milieux								
				méli	rha	raf	man	ara	fru	Gél.	Tyr.	GAA	CZ	ISP4	ISP5										
I	1 (1)*	spwa	M	-	+	-	-	+	+	+	+	-	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±		
	2 (51)	sm	M	+	-	V	-	+	+	+	+	-	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	
II	1 (22)	sm	M et G	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	2 (1)	sm	M	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	3 (3)	sm	M	-	+	-	-	+	+	+	+	-	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
III	1 a(2)	sm	M	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	b(1)	sm	M	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	2 a(6)	sm	M et G	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	b(3)	sm	M et G	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	c(1)	sm	M et G	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	3 (10)	sm	S	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	4 (15)	sm	M et G	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	4 (15)	sm	M et G	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
IV	1 (3)	spwa	G	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	2 (1)	wa	M	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	3 (12)	spwa	M et G	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
V	1 (1)	spwa	M et S	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	2 (1)	spwa	M et S	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

* = nombre d'isolats donné entre parenthèses. sm = lisse; sp = épineuse; wa = rugueuse. M = monopodial,

S = sympodial, G = "en grappe". GAA et CZ = milieux glucose-asparagine-agar et czapect, respectivement.

méli = mélbiose, rha = rhamnose, raf = raffinose, man = mannitol, ara = arabinose, fru = fructose.

Gél. = gélatine, Tyr. = tyrosine. Croissance sur les milieux : t = traces, ± = faible, + = moyenne, ++ = bonne.

Dégradation des composés : - = négative, + = positive, ± = douteuse et v = variable suivant les isolats.

Tous les isolats dégradent l'amidon, la caséine, le xylose, le saccharose, mais pas l'inositol.

Ces isolats sont divisés en deux sous-groupes :

Sous-groupe 1

Un isolat dont la sporulation est du type monopodial, possède des spores à surface "épineuse-rugueuse", utilise le rhamnose mais non le mélibiose, le raffinose et le fructose. Ces caractéristiques nous permettent de le rattacher à *M.echinospora* sous espèce *echinospora*.

Sous-groupe 2

Les cinquante-et-un autres isolats dont la sporulation est aussi du type monopodial (Planche III, Figure 8, en annexe), possèdent des spores à paroi lisse, ne dégradent pas le rhamnose et utilisent le mélibiose. La dégradation du mannitol et du raffinose est variable suivant les isolats. L'espèce la plus proche est *M.fulvoviolacea* (XUNCHU et YUXIU, 1976).

2.2.2 - Groupe II : colonies de couleur orange vif virant au brun foncé à noir

Dans ce cas, les colonies, initialement orange vif à orange-brunâtre, sont recouvertes progressivement par une couche de spores généralement humide et de couleur brun foncé à noir. Les spores ont une surface lisse. La sporulation est du type monopodial ou parfois "en grappes".

Une comparaison avec plusieurs espèces ayant ces caractères nous a permis de diviser les isolats en trois sous-groupes :

Sous-groupe 1

Vingt-deux isolats dégradent le mélibiose et le raffinose mais non le rhamnose et le mannitol. Leur croissance est très faible sur milieu czapeck et faible à modérée sur ISP5 et glucose - asparagine - agar (= GAA). Ils correspondent à l'espèce *M.chalcea* (Planche III, Figure 9, en annexe).

Sous-groupe 2

Un isolat diffère des précédents par son excellente croissance sur milieu czapeck ainsi que sur ISP5 et GAA. Il se rapproche de *M.halophytica*; cependant, celle-ci utilise l'arabinose et réduit les nitrates.

Sous-groupe 3

Trois isolats utilisent le rhamnose mais non le mélibiose et le raffinose. Ce sont les seuls qui ne dégradent pas la gélatine. Leurs caractéristiques morphologiques et physiologiques nous permettent aisément de les rattacher à *S.miyakonensis* (KAWAMURA et al., 1981).

2.2.3 - Groupe III : colonies de couleur orange vif, ne virant pas au brun-noir

Dans ce cas, les colonies ne produisent jamais de couche de spores brun-noir et restent, ce de fait, orange vif. La surface des spores est lisse. Les isolats sont subdivisés en trois sous-groupes.

Sous-groupe 1

- a - Deux isolats qui se distinguent par une très faible croissance sur tous les milieux synthétiques utilisés, correspondent à *M.parva*.
- b - Un autre isolat ne diffère des précédents que par l'utilisation du rhamnose. Cependant, comme c'est la seule différence, nous pensons qu'il est plus logique de le rapprocher également de *M.parva*.

Sous-groupe 2

Dix isolats sont caractérisés par une sporulation de type monopodial ou en grappe. Leur croissance sur les milieux synthétiques czapeck, GAA et ISP4 est bonne. Cependant, nous notons quelques différences entre les isolats, dans la dégradation des sucres et particulièrement, du mélibiose, du rhamnose et à un degré moindre du fructose.

- a - Six isolats utilisent le mélibiose et le fructose mais non le rhamnose.
- b - Trois isolats utilisent le fructose mais non le mélibiose et le rhamnose.
- c - Un isolat utilise le mélibiose et le rhamnose mais non le fructose.

D'après les caractéristiques morphologiques et culturelles, les dix isolats sont à rapprocher de *M.aurantiaca* (SVESHNIKOVA *et al.*, 1970).

Du point de vue physiologique, les six isolats correspondent bien à cette espèce (souche ATCC 27029) étudiée par FERNANDEZ et SZABO (1982). Les trois isolats en diffèrent uniquement par l'utilisation du fructose et le dernier isolat, par la dégradation du fructose et du rhamnose. Cependant, SVESHNIKOVA *et al.* (1970) rapportent que le rhamnose est utilisé. Puisqu'il existe encore un doute concernant l'utilisation de ce dernier sucre, il est préférable de considérer pour le moment les dix isolats comme appartenant à une même espèce : *M.aurantiaca*.

Sous-groupe 3

Dix isolats sont caractérisés par une sporulation de type sympodial (Planche III, Figure 10, en annexe) ainsi que par l'utilisation du mélibiose mais non du rhamnose, du raffinose et du mannitol.

Ces isolats correspondent à la description de *M.carbonacea* var. *aurantiaca*.

Sous-groupe 4

Quinze isolats se distinguent de tous ceux qui ont été décrits précédemment, par la couleur des colonies : orange très pâle, souvent même non colorées, mais jamais orange vif ni orange brunâtre. Ces isolats produisent des spores à paroi lisse et arrangées en grappes. Ils dégradent le rhamnose et le mannitol mais non le mélibiose et le raffinose.

Ces isolats diffèrent également de :

- . *M. parva* : par l'utilisation du mélibiose, du rhamnose et du mannitol, ainsi que par la croissance sur les milieux synthétiques.
- . *M. aurantiaca* : par l'utilisation du mélibiose, du raffinose et du mannitol.
- . *M. carbonacea* var. *aurantiaca* : par l'utilisation du mélibiose, du rhamnose, du mannitol et aussi par le type de sporulation.
- . *M. globosa* : (étudiée de manière plus complète par TANI *et al.*, 1982), par l'utilisation du mélibiose, du rhamnose, du raffinose et du mannitol.

Une meilleure méthodologie dans la classification des *Micromonospora*, ainsi qu'une description plus complète des espèces connues nous permettrait de mieux situer les 15 isolats vis-à-vis des espèces de ce genre.

2.2.4 - Groupe IV : colonies de couleur brun-noir ou jaune brunâtre mais jamais orange vif

Les isolats sont subdivisés en trois sous-groupes.

Sous-groupe 1

Trois isolats ont une sporulation du type "en grappe". Les spores ont une surface épineuse à rugueuse. Les colonies sont de couleur brun foncé à brun noir. Aucune couche de spores n'est produite. Un pigment soluble brun clair à foncé est sécrété sur la plupart des milieux. Ces trois isolats sont les seuls qui produisent des pigments mélanoïdes sur ISP6 et ISP7. L'espèce qui possède ces caractéristiques est *M. purpureochromogenes*.

Sous-groupe 2

Un isolat a une sporulation du type monopodial. Les spores ont une surface rugueuse. Les colonies sont de couleur brun foncé à brun-orange; elles sont parfois recouvertes par une couche de spores noirâtre. Un pigment soluble orange brunâtre à brun clair est souvent sécrété. Un mycélium aérien, blanchâtre et stérile, est produit "à ras du milieu", surtout sur ISP4. Les pigments mélanoïdes ne sont pas produits.

La description de cet isolat se rapproche de celle de l'espèce *M. capitata* (FUMARI *et al.*, 1977). Seules des différences concernant la dégradation de la tyrosine et la réduction des nitrates sont notées.

Sous-groupe 3

Douze isolats ont une sporulation de types monopodial et en "grappes" (Planche III, Figure 11, en annexe). Les colonies sont de couleur jaune-brunâtre, jaune orangé à brun clair. Une couche de spores brun-noirâtre est parfois produite. Les spores ont une surface épineuse-rugueuse. Les pigments solubles sont jaune-orangé sur ISP3 et bruns sur gélose nutritive et sur le milieu utilisé pour la dégradation des sucres (LUEDEMANN, 1971). Les pigments mélanoides ne sont pas produits. Ces caractéristiques ainsi que celles mentionnées dans le tableau 25, font correspondre les 12 isolats à *M. echinobrunnea* (YUXIU *et XUNCHU*, 1982).

2.2.5 - Groupe V : colonies brun-orange virant à olive

Deux isolats font partie de ce groupe. Leur sporulation est du type monopodial et sympodial. La surface de leurs spores est épineuse-rugueuse. Les colonies, initialement brun-orange deviennent entièrement olive-brunâtre, olive-verdâtre à olive-noir. Une couche de spores de même couleur est souvent produite. Un pigment soluble orange ou olive est parfois sécrété. Ces deux isolats sont divisés en deux sous-groupes.

Sous-groupe 1

Un isolat produit parfois une fine couche de mycélium aérien blanc, stérile, et particulièrement sur gélose nutritive. Ces caractéristiques ainsi que sa physiologie, le font rattacher à *M. verruculosa* (TANI *et al.*, 1982).

Sous-groupe 2

Le second isolat ne produit pas de mycélium aérien et diffère du premier par l'utilisation du rhamnose mais non du mélibiose et du raffinose, ainsi que par l'incapacité de réduire les nitrates. Cet isolat se rapproche de *M. olivoasterospora* (KAWAMOTO *et al.*, 1983). Cependant, cette espèce ne dégrade pas le rhamnose et réduit les nitrates.

3 - Identification des isolats appartenant au genre *Catellatospora*

Cinq isolats possèdent les caractéristiques suivantes :

- Les colonies sont de couleur jaune vif à jaune-orange vif, plissées, cratériformes ou cérébriformes, rarement lisses. Des traces de pigments solubles jaunâtres ou orangés sont produits sur ISP2, ISP3 et parfois ISP4 et un pigment rose est sécrété sur ISP7. La production de pigments mélanoides est négative.
- Les filaments du MS sont ramifiés et produisent des chaînes de spores droites à flexueuses, constituées chacune de 5 à 30 spores (en moyenne 10 à 20), en bâtonnets ou ovoïdes (0,7 à 1 × 1,1 à 1,4 μ m).
- Le MA est d'une manière générale absent ou à peine visible à l'oeil nu (traces) sur ISP2, ISP3 et ISP4; il n'est produit que par endroit seulement. Il est constitué par des filaments souvent non ramifiés et dressés verticalement, qui se fragmentent en donnant des chaînes de 5 à 30 spores, droites à flexueuses, du même type que celles produites par le MS. Les spores ont une surface lisse (Planche IV, Figures 1, 2 et 3, en annexe).

ASANO et KAWAMOTO (1986) qui ont découvert et décrit le genre *Catellatospora*, soulignent que les chaînes de spores produites verticalement sont celles du MS et que le MA est absent; ils précisent également que lorsque la sporulation est abondante, des structures ressemblant à des traces de MA sont visibles macroscopiquement. Mais d'après nos observations, il semblerait que les filaments dressés sont ceux du MA et non du MS et que les deux produisent des chaînes de spores.

Les mêmes auteurs ont décrit deux espèces : *Ct. citrea* et *Ct. ferruginea*. D'après la couleur des colonies et les caractéristiques physiologiques (Tableau 26), nos isolats se rapprochent de *Ct. citrea*. Cependant, ils s'en distinguent par l'utilisation de la gélatine et de la caséine et par la production d'acides à partir du lactose et du mélibiose.

Tableau 26 : Caractéristiques physiologiques des isolats appartenant au genre *Catellatospora*

Tests physiologiques		Tests physiologiques	
Dégradation de :		Utilisation des sels de sodium :	
. adénine	-	. acétate	-
. amidon	+	. benzoate	-
. caséine	+	. citrate	-
. cellulose	+	. formiate	-
. esculine	+	. lactate	-
. gélatine	+	. oxalate	-
. hypoxanthine	-	. pyruvate	+
. tween 80	±	. succinate	-
. tyrosine	±	. tartrate	-
Production d'acides à partir de :		Production de nitrate réductase	
. adonitol	-		-
. L arabinose	+	Croissance en présence de lysozyme	
. cellobiose	+		-
. dulcitol	-	Croissance aux températures suivantes :	
. érythritol	-	37°C	-
. D fructose	-	40°C	-
. D galactose	+		
. D glucose	+		
. glycérol	-		
. glycogène	+		
. inositol	-		
. inuline	-		
. lactose	-		
. maltose	+		
. mannitol	-		
. mannose	+		
. mélézitose	+		
. mélibiose	-		
. raffinose	-		
. rhamnose	+		
. ribose	-		
. saccharose	+		
. salicine	+		
. sorbitol	-		
. thréaloze	+		
. xylose	+		
		+ = tests positifs	
		- = tests négatifs	
		± = faible dégradation	

IV - DETERMINATION DES ACTINOMYCETES A PAROIS DE TYPES III B et III C

1 - Identification des genres

1.1 - Les actinomycètes à paroi de type III B (mésodap + madurose)

peuvent appartenir aux genres suivants : *Actinomadura*, *Microbispora*, *Microtetrastroma*, *Planomonospora*, *Planobispora*, *Spirillospora* et *Streptosporangium* (PRAUSER, 1970; GOTTLIEB, 1974). Tous possèdent un mycélium du substrat non fragmenté et stérile et un mycélium aérien sporulant. Les espèces appartenant aux quatre derniers genres produisent des spores contenues à l'intérieur de sporanges.

Parmi les 65 isolats ayant ce type de paroi :

- trois produisent des sporanges globuleux dont chacun contient nettement plus de deux spores, ce qui nous permet d'exclure les genres *Planomonospora* et *Planobispora*. A l'intérieur de chaque sporange, il y a :
 - . chez un isolat, une seule rangée de spores rondes et non mobiles, ce qui nous permet de le rattacher au genre *Streptosporangium*;
 - . chez deux isolats, de très nombreuses spores mobiles, en bâtonnets droits, incurvés ou légèrement spiralés, ce qui nous permet de les identifier au genre *Spirillospora*.
- Soixante-deux isolats ne produisent pas de sporanges et les spores ne sont arrangées ni par deux (exemple : *Microbispora*), ni par quatre (exemple : *Microtetrastroma*) mais en de courtes chaînes (5 à 15 spores par chaînes en général) portées par des sporophores. Leur description correspond à celle du genre *Actinomadura*.

1.2 - Les actinomycètes à paroi de type III C (mésodap et sucres

non caractéristiques) peuvent appartenir aux genres suivants : *Actinosynnema*, *Frankia*, *Geodermatophilus*, *Nocardiopsis*, *Streptoalloteichus*, *Thermoactinomyces* et *Thermomonospora* (RECKING, 1974; GOTTLIEB, 1974; KÜSTER, 1974; MEYER, 1976; HASEGAWA *et al.*, 1978 et TOMITA *et al.*, 1978).

Les 29 isolats ayant ce type de paroi ne produisent pas de sporanges (exemple : *Streptoalloteichus*), ni de synnemata (exemple : *Actinosynnema*);

Cependant, il existe quelques différences entre ces deux souches.

L'une d'elles possède les caractéristiques suivantes :

- MA : blanc à blanc-beige. Abondamment produit
- MS : non coloré, à brun clair
- PS : non produits
- Production de sporanges sur : ISP2, ISP3, ISP4 et rarement sur ISP5, ainsi que sur ISP9 avec fructose, saccharose ou raffinose
- Diamètre des sporanges : 9 à 24 μm (moyenne : 15 μm).

Cet isolat correspond bien à l'unique espèce *Sp. albida*.

La seconde souche est caractérisée par :

- MA : blanc à blanc grisâtre, peu produit
- MS : brun-rouge foncé sur ISP2, brun orangé clair sur ISP4 et non coloré sur ISP3 et ISP5
- PS : rouge-brun foncé sur ISP2 et ISP5, rose-rouge sur ISP3 et ISP4
- Production de sporanges : uniquement sur ISP3 et en petite quantité
- Diamètre des sporanges : 6 à 13 μm (moyenne : 9 μm).

Cependant, comme le diamètre des sporanges de *Sp. albida* varie beaucoup (entre 5 et 24 μm) et que certaines souches sécrètent un pigment bleu foncé (COUCH, 1963), il est plus logique de considérer le deuxième isolat comme étant une variante de *Sp. albida*.

4 - Identification des isolats d'*Actinomadura*

La majorité des espèces d'*Actinomadura* (environ une trentaine d'espèces actuellement) sont différenciées entre elles surtout par les critères morphologiques suivants : la couleur du MA, du MS et des PS, la morphologie des chaînes de spores (droites, en crochets ou spirales) et la surface des spores (NONOMURA et OHARA, 1971a, PREOBRAZHENSAYA *et al.*, 1977). Ces derniers auteurs différencient ainsi 21 espèces à partir de ces critères. Cependant, GOODFELLOW *et al.* (1979) et ATHALYE *et al.* (1985) ont introduit la taxonomie numérique pour essayer d'apporter plus de clarté dans la différenciation des espèces. Les dernières espèces découvertes sont différenciées des précédentes surtout par des critères physiologiques (HUANG, 1980; HORAN et BRODSKY, 1982; BEDA *et al.*, 1985).

Dans notre cas, nous avons utilisé les critères morphologiques et physiologiques pour identifier les 62 isolats d'*Actinomadura*. Ces isolats ont été subdivisés en 6 groupes et ceux qui composent chaque groupe appartiennent à une même espèce.

Aucun isolat ne sécrète des pigments mélanoides sur ISP6 ou ISP7. Les résultats des tests physiologiques sont exposés dans le tableau 27.

Nous utiliserons de nouveau les abréviations suivantes : MA = mycélium aérien, MS = mycélium du substrat, PS = pigments solubles.

4.1 - Groupe I : 23 isolats

MA : peu produit et uniquement sur ISP2 et ISP3. Couleur : blanc-crème.

MS : brun jaunâtre foncé sur ISP2 et ISP5 et non coloré, jaune à jaungrisâtre pâle sur ISP3 et ISP4.

PS : traces jaunâtres à brunâtres et seulement sur ISP2 et ISP3.

Spores : chaînes de 3 à 15 spores, spiralées (1 à 2 tours) ou en crochets. Les pseudosporanges (chaînes de spores confluant en masses et enveloppées par une substance visqueuse) ne sont pas produits et la surface des spores est rugueuse (Planche IV, Figures 7 et 8, en annexe).

Du point de vue morphologique, ces isolats se rapprochent de *Acd. cremea* (PREOBRAZHENSKAIA et LAVROVA, 1975), *Acd. macra* (HUANG, 1980) et *Acd. yumaensis* (LABEDA *et al.*, 1985). Cependant, ces deux dernières ont des spores à surface lisse et diffèrent en outre de nos isolats par de nombreux tests physiologiques. Par contre *Acd. cremea*, dont la physiologie a été étudiée par ATHALYE *et al.* (1985), correspond beaucoup mieux. Les seules différences notables concernent l'utilisation du cellobiose et du mannose.

4.2 - Groupe II : 8 isolats

MA : peu produit et uniquement sur ISP2 et ISP3. Couleur : rose à blanc-rose.

MS : rouge-brun à rouge violacé sur ISP2 et ISP3 et jaune-brun sur ISP4 et ISP5.

PS : non produits.

Spores : chaînes de 3 à 15 spores. Les spires (1 à 3 tours) sont étirées ou compactes mais les pseudosporanges ne sont pas formés. La surface des spores est lisse ou légèrement rugueuse.

Les 8 isolats dégradent l'amidon, l'esculine, la gélatine, la tyrosine, la caséine et le tween 80 (pour ces deux derniers, la dégradation est faible). Trois isolats sur les huit dégradent l'hypoxanthine. Tous réduisent les nitrates, sont sensibles au lysozyme et croissent à 42°C. Sur ISP9, le xylose, l'inositol, le mannitol, le fructose, le rhamnose, le saccharose et le raffinose sont dégradés. L'utilisation de l'arabinose est douteuse.

Toutes ces caractéristiques nous permettent de rattacher les huit isolats à l'espèce *Acd. rubra* (MEYER et SVESHNIKOVA, 1974).

4.3 - Groupe III : 4 isolats

MA : très peu produit et uniquement sur ISP2 et ISP4. Couleur : rosâtre.

MS : rouge à rouge-violet.

PS : rose-rouge sur ISP3, ISP 7 et parfois sur ISP5 et gélose nutritive.

Spores : sporulation assez rare. Les chaînes de 3 à 10 spores confluent rapidement pour former des masses globuleuses ou pseudosporanges. Les spores ont une surface lisse.

D'après cette description, nous pouvons rapprocher les quatre isolats de l'espèce *Acd. roseoviolacea* (NONOMURA et OHARA, 1971a), dont la physiologie a été étudiée par ATHALYE *et al.* (1985). Les seules différences concernent la réduction des nitrates et la dégradation du glycérol.

4.4 - Groupe IV : 2 isolats

MA : production très importante sur ISP2 et ISP3. Couleur : rose.

MS : orange rougâtre vif ou parfois rose.

PS : non produits.

Spores : chaînes de 3 à 10 spores, spiralées (1 à 2 tours), en crochets ou parfois droites à flexueuses. La surface des spores est rugueuse.

Les deux isolats dégradent l'amidon, la caséine, la gélatine, l'esculine, l'hypoxanthine, le tween 80 et la tyrosine. Ils réduisent les nitrates en nitrites, croissent à 43°C et sont sensibles au lysozyme. Sur ISP9, l'arabinose, le xylose, le rhamnose, le saccharose et le raffinose sont utilisés. La dégradation du mannitol et du fructose est douteuse et celle de l'inositol est négative.

D'après cette description, nous pouvons rattacher les deux isolats à l'espèce *Acd. ferruginea* (MEYER, 1979) dont la physiologie a été aussi étudiée par ATHALYE *et al.* (1985).

4.5 - Groupe V : 3 isolats

MA : production importante sur ISP2, ISP4 et gélose nutritive. Couleur : rose ou rose jaunâtre.

MS : brun sur ISP2 et non coloré sur les autres milieux.

PS : non produits.

Spores : chaînes de 3 à 12 spores, spiralées (1 à 3 tours) ou en crochets. Les spores ont une surface rugueuse (Planche IV, Figures 9 et 10 en annexe).

D'après cette description, les trois isolats se rapprochent de *Acd. salmonea* (PREOBRAZENSKAYA et LAVROVA, 1975), dont la physiologie a été étudiée par ATHALYE *et al.* (1985). Les seules différences concernent la dégradation du galactose et du lactose.

4.6 - Groupe VI : 22 isolats

MA : production importante sur ISP2, ISP3 et ISP4. Couleur : rose.

MS : non coloré à jaune brunâtre pâle.

PS : non produits.

Spores : chaînes de 3 à 15 spores droites à flexueuses ou parfois en crochets, mais très rarement spiralées (Planche IV, figure 11, en annexe). Les spores sont légèrement rugueuses.

D'après ces résultats, nos isolats correspondent à l'espèce *Acd. libanotica* (MEYER, 1979) dont la physiologie a été également étudiée par ATHALYE *et al.* (1985). Les seules différences concernent l'utilisation du tween 80 et du pyruvate de sodium.

5 - Identification des isolats de *Nocardioopsis*

Le genre *Nocardioopsis* (initialement appelé *Actinomadura*) était longtemps représenté par une seule espèce : *Nd. dassonvillei*. Actuellement, le nombre d'espèces atteint presque une dizaine, dont la plupart ont été décrites par des chercheurs russes. Cependant, ces chercheurs attachent beaucoup plus d'importance aux critères morphologiques (comme initialement pour

Tableau 27 : Caractéristiques physiologiques des isolats des groupes I, III, V et VI appartenant au genre *Actinomadura*

Tests physiologiques	Groupes			
	I	III	V	VI
Dégradation de :				
. adénine	-	-	-	-
. amidon	-	+	-	+
. caséine	-	+	+	-
. esculine	+	+	+	+
. gélatine	+	+	+	+
. hypoxanthine	-	-	-	-
. tween 80	-	+	+	+
. tyrosine	+	+	+	-
. xanthine	-	-	-	-
Croissance (*) ou production d'acides à partir de (**):				
. adonitol	+	-	+	+
. L arabinose	+	+	+	+
. cellobiose	+	+	+	+
. dulcitol	-	-	-	-
. érythritol	-	-	-	-
. D fructose	+	+	+	+
. D galactose	+	+	-	+
. D glucose	+	+	+	+
. glycérol	+	-	-	-
. glycogène	+	+	-	-
. inositol	+	-	-	-
. inuline	+	-	-	-
. lactose	+	+	-	+
. maltose	+	+	√	√
. D mannitol	+	+	+	-
. mannose	+	+	-	-
. mélézitose	-	-	-	+
. mélibiose	+	-	-	-
. raffinose	+	-	-	-
. rhamnose	+	+	+	+
. ribose	+	-	+	-
. saccharose	+	+	√	+
. salicine	+	+	√	-
. sorbitol	-	-	-	-
. thréalose	+	+	+	+
. xylose	+	+	+	+

suite ...

Tableau 27 (suite)

Tests physiologiques	Groupes			
	I	III	V	VI
Utilisation des sels de sodium :				
. acétate	+	+	+	+
. benzoate	-	-	-	-
. citrate	-	-	-	-
. formiate	+	-	-	-
. lactate	+	+	+	-
. oxalate	-	-	-	-
. pyruvate	+	+	+	+
. succinate	+	+	+	-
. tartrate	-	-	-	-
Production de nitrate réductase	-	-	+	+
Croissance en présence de lysozyme	-	-	-	-
Croissance aux températures suivantes :				
. 40°C	+	-	+	+
. 43°C	+	-	+	+

* sur milieu de STEVENSON (1967), recommandé par GOODFELLOW (1971)

** sur milieu préconisé par GORDON (1968)

+ = tests positifs - = tests négatifs

v = tests variables suivant les souches

les *Actinomadura*) et certaines espèces, incomplètement étudiées, ne sont différenciées entre elles et *Nd. dassonvillei* (espèce-type) que par la couleur du MA, du MS et des pigments solubles (PREOBRAZHENSKAYA et SVESHNIKOVA, 1974, GAUSE *et al.*, 1974, GAUSE *et al.* 1977).

Pour notre part, nous avons utilisé les critères morphologiques et physiologiques pour identifier les 29 isolats de *Nocardioopsis*.

Tous possèdent un mycélium aérien qui produit de manière irrégulière de longues chaînes de spores à surface lisse, très souvent en "zig-zag" ou droites à flexueuses. Le mycélium du substrat ne produit pas de spores mais se fragmente parfois.

Les résultats concernant la physiologie sont exposés dans le tableau 28. Aucun isolat ne produit des pigments mélanoïdes, ce qui permet déjà d'exclure l'espèce *Nd. antarcticus* (ABYSOV *et al.*, 1983).

D'après leur morphologie et leur physiologie, les 29 souches sont classées dans neuf groupes différents.

5.1 - Groupe I : 6 isolats

MA : abondant. Couleur : jaune grisâtre, jaune verdâtre à gris jaunâtre.

MS : brun foncé sur ISP2 et jaune brunâtre sur les autres milieux.

PS : jaunâtre à brunâtre.

Fragmentation du MS : très rare.

Cette description, ainsi que les caractéristiques physiologiques des isolats correspondent parfaitement à celles de l'espèce *Nd. dassonvillei* (Planche IV, figures 12 et 13, en annexe).

5.2 - Groupe II : 10 isolats

MA : modéré à abondant. Couleur : blanc jaunâtre.

MS : non coloré, brunâtre à jaune vif.

PS : brun sur ISP3, rose sur ISP7 et non produits sur les autres milieux.

Fragmentation du MS : observée sur gélose nutritive.

L'espèce la plus proche est *Nd. dassonvillei*, dont le MA peut être aussi blanc jaunâtre (MEYER, 1976). Cependant, nos isolats s'en distinguent par la production d'acides à partir du lactose et du raffinose (sucres importants pour la différenciation des espèces de *Nocardioopsis*).

Ces isolats sont pour le moment notés : *Nocardioopsis* sp. n° 1 (Planche IV, Figures 14 et 15, en annexe).

5.3 - Groupe III : 3 isolats

Ces isolats ne diffèrent morphologiquement de ceux du groupe II que par :

- la production d'un pigment soluble rose violacé sur ISP3
- la production de nombreuses masses mycéliennes plus ou moins compactes, résultant de l'enroulement et de l'enchevêtrement des filaments du MA.

Cependant, physiologiquement, ils s'en distinguent par la production d'acides à partir de l'inositol mais non du mélibiose et du raffinose et l'incapacité de dégrader l'adénine.

L'espèce la plus proche est toujours *Nd.dassonvillei*, mais nos isolats en diffèrent par la sécrétion du pigment soluble rose violacé, par la production d'acides à partir de l'inositol et par l'incapacité de dégrader l'adénine.

Ces isolats sont notés *Nocardioopsis* sp. n° 2.

5.4 - Groupe IV : 2 isolats

MA : abondant et franchement rose.

MS : jaune orangé brillant, jaune vif à jaune-brun pâle.

PS : non produits.

Fragmentation du MS : non observée sur aucun des milieux.

L'espèce la moins différente reste toujours *Nd.dassonvillei*, mais nos isolats s'en distinguent nettement par la couleur du MA, par la production d'acides à partir du lactose et du raffinose et par l'incapacité de dégrader l'adénine.

Une autre espèce, *Nd. syringae* (GAUSE et al., 1977), ne diffère morphologiquement de *Nd.dassonvillei* que par la couleur rose du MA. Cependant, comme ces auteurs n'ont pas étudié la physiologie de *N.syringae*, nous ne pouvons donc être sûr du rattachement de nos isolats à cette espèce.

Ces isolats sont notés *Nocardioopsis* sp. n° 3.

5.5 - Groupe V : 1 isolat

MA : blanc, blanc-beige et plus rarement jaune pâle ou jaune-orangé pâle.

MS : jaune, jaune-orange brillant ou parfois jaune-brun.

PS : non produits.

Fragmentation du MS : observée sur la plupart des milieux.

Morphologiquement et même physiologiquement, cet isolat correspond assez bien à *Nd.mutabilis* (SHEARER et al., 1983).

5.6 - Groupe VI : 2 isolats

MA : très peu produit et de couleur blanchâtre.

MS : non coloré ou parfois jaunâtre pâle.

PS : non produits.

Fragmentation du MS : non observée sur tous les milieux.

L'espèce la moins différente reste toujours *Nd.dassonvillei*, mais nos isolats en diffèrent nettement par la production d'acides à partir de l'inositol, du lactose, du raffinose et du sorbitol et par l'utilisation du tartrate de sodium.

Ces isolats sont notés *Nocardiopsis* sp. n° 4.

5.7 - Groupe VII : 2 isolats

MA : peu produit sur tous les milieux. Couleur : blanchâtre.

MS : rouge noirâtre sur ISP2, rouge violacé à violet grisâtre foncé sur ISP3, ISP4 et ISP7 et rouge brunâtre sur ISP5.

PS : abondamment produit sur ISP2, ISP3, ISP5 et ISP7, de couleur rouge foncé, violet-rouge à rouge-brun.

Fragmentation du MS : non observée sur tous les milieux.

Particularité : enroulement des filaments mycéliens du MA formant de nombreuses masses globuleuses caractéristiques.

Les chaînes de spores sont longues et droites. Les spores sont en bâtonnets très fins et adhèrent fortement les unes aux autres; elles ne sont mises en évidence qu'après un montage entre lame et lamelle et observations au grossissement 400.

La seule espèce qui possède un MS et des PS de couleur similaire est *Nd.africana* (PREOBRAZHENSKAYA et SVESHNIKOVA, 1974); mais celle-ci possède un MA de couleur bleu foncé à bleu-vert. La physiologie de cette espèce n'a pas été étudiée.

En plus de la couleur du MS et des PS, nos isolats diffèrent de :
 • *Nd.dassonvillei* par la résistance au lysozyme, la production d'acides à partir de l'inositol, du lactose et du raffinose et l'incapacité de dégrader l'adénine.

. *Nd.mutabilis* par la production d'acides à partir de l'inuline, du mannitol et du rhamnose, mais non du mélézitose et l'incapacité de réduire les nitrates en nitrites.

Ces isolats sont notés *Nocardiopsis* sp.n° 5.

5.8 - Groupe VIII : 3 isolats

MA : faiblement à modérément produit. Couleur : blanc à blanc-jaunâtre sauf sur ISP7 où il vire au jaune-orangé pâle.

MS : jaune-orangé foncé à brun-jaune.

PS : peu produits et de couleur jaune brunâtre.

Fragmentation du MS : observée sur ISP5, ISP6 et gélose nutritive.

Particularité : présence dans les cellules d'une forte quantité de rhamnose et de galactose.

LABEDA *et al.* (1984) créèrent un nouveau genre : *Saccharothrix* (*Sc.australiensis*), très proche de *Nocardiopsis* et dont il ne diffère que par la composition cellulaire en phospholipides et la présence dans les cellules d'une grande quantité de rhamnose et de galactose.

LABEDA *et al.* (1986) ont également reclassé plusieurs souches appelées auparavant "*Nocardia aerocolonigenes*", dans le genre *Saccharothrix* (*Sc.aerocolonigenes*) en raison de la composition chimique de leurs cellules.

Aussi, dans l'impossibilité d'analyser les phospholipides, nous avons comparé nos isolats à *Saccharothrix australiensis*, *Sc.aerocolonigenes*, *Nocardiopsis mutabilis* et *Nd.dassonvillei*.

Morphologiquement, nos isolats ressemblent aux quatre espèces et surtout à *Sc.aerocolonigenes* et *Nd.mutabilis*. Chimiquement, ils se distinguent des *Nocardiopsis* par la présence d'une grande quantité de rhamnose et de galactose dans leurs cellules.

Physiologiquement, ils diffèrent de :

- . *Nd.dassonvillei* par l'incapacité de dégrader l'adénine, l'hypoxanthine et de produire des acides à partir du mannitol ainsi que par la résistance au lysozyme et la sensibilité à la pénicilline et à la lincomycine.
- . *Nd.mutabilis* par la production d'acides à partir de l'inuline et du rhamnose mais non du mélézitose, du mélibiose, du ribose et de la salicine, l'incapacité de réduire les nitrates et d'utiliser l'hypoxanthine et aussi par la sensibilité à la pénicilline.

Tableau 28 : Caractéristiques physiologiques des isolats appartenant au genre *Nocardioopsis*

Tests physiologiques	Groupes							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Dégradation de :								
. adénine	+	+	-	-	-	+	-	-
. amidon	+	+	+	+	+	+	+	+
. caséine	+	+	+	+	+	+	+	+
. esculine	+	+	+	+	+	+	+	+
. gélatine	+	+	+	+	+	+	+	+
. hypoxanthine	+	+	+	+	+	+	+	-
. tween 80	+	+	+	+	+	+	+	+
. tyrosine	+	+	+	+	+	+	+	+
. cellulose	-	-	-	-	-	-	-	+
Production d'acides à partir de :								
. adonitol	-	-	-	-	+	+	+	-
. l. arabinose	+	+	+	+	+	+	+	+
. cellobiose	+	+	+	+	+	+	+	+
. dulcitol	-	-	-	-	-	-	-	-
. érythritol	-	-	-	-	-	-	-	-
. D fructose	+	+	+	+	+	+	+	+
. D galactose	+	+	+	+	+	+	+	+
. D glucose	+	+	+	+	+	+	+	+
. glycérol	+	+	+	+	+	+	+	+
. glycogène	+	+	+	+	+	+	+	+
. inositol	-	-	+	-	+	+	+	NE
. inuline	-	V	-	-	-	+	+	+
. lactose	-	+	-	+	+	+	+	+
. maltose	+	+	+	+	+	+	+	+
. D mannitol	+	+	+	+	+	+	+	-
. mannose	+	+	+	+	+	+	+	+
. mélézitose	-	-	-	-	+	-	-	-
. mélibiose	+	+	-	+	+	+	+	-
. raffinose	-	+	-	+	-	+	+	+
. rhamnose	+	+	+	+	+	+	+	+
. ribose	+	+	+	+	+	+	+	-
. saccharose	+	+	+	+	+	+	+	+
. salicine	+	V	+	+	-	+	-	-
. sorbitol	-	-	-	-	-	+	-	-
. thréhalose	+	+	-	+	+	+	+	+
. xylose	+	+	+	+	+	+	+	+

suite...

Tableau 28 (suite)

Tests physiologiques	Groupes							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Utilisation des sels de sodium :								
. acétate	+	+	+	+	+	+	+	+
. benzoate	-	-	-	-	-	-	-	-
. citrate	+	+	+	+	+	+	+	-
. formiate	+	+	+	+	+	+	+	-
. lactate	+	+	+	+	+	+	-	+
. oxalate	+	+	+	+	+	+	+	-
. pyruvate	+	+	+	+	+	+	+	+
. succinate	+	+	+	+	+	+	+	+
. tartrate	-	-	-	-	-	+	-	-
Production de nitrate réductase	+	+	+	+	-	-	-	-
Croissance en présence de lysozyme	-	-	-	-	+	-	+	+
Croissance aux températures suivantes :								
. 40°C	+	+	+	+	+	+	+	+
. 43°C	+	+	+	+	-	-	+	+
Croissance en présence des antibiotiques :								
. chloramphénicol (30 µg)	+	-	NE	-	-	-	NE	+
. colistine (50 µg)	-	-	NE	-	-	-	NE	-
. érythromycine (15 UI)	+	-	NE	+	-	-	NE	-
. fucidine (10 µg)	-	-	NE	-	-	-	NE	-
. kanamycine (30 UI)	-	-	NE	-	-	-	NE	-
. lincomycine (15 µg)	+	+	NE	+	-	+	NE	-
. pénicilline (6 µg)	+	+	NE	+	+	-	NE	-
. rifampicine (30 µg)	-	-	NE	-	-	-	NE	-
. tobramycine (10 µg)	-	-	NE	-	-	-	NE	-

+ = tests positifs - = tests négatifs

NE = tests non effectués v = variable suivant les isolats

- . *Sc. australiensis* par la production d'acides à partir de l'arabinose, du lactose, du raffinose, du rhamnose et du saccharose mais non de l'érythritol et du sorbitol et l'incapacité de réduire les nitrates.
- . *Sc. aerocolonigenes* seulement par l'incapacité de dégrader l'hypoxanthine et de produire des acides à partir du mélibiose.

Nous constatons que nos trois isolats se rapprochent beaucoup de *Sc. aerocolonigenes*. Ce résultat sera confirmé après l'analyse des phospholipides cellulaires que nous envisageons de faire ultérieurement.

V - DETERMINATION DES ACTINOMYCETES A PAROI DE TYPE IV A

La présence ou non d'acides mycoliques dans les cellules est un caractère essentiel pour la taxonomie des actinomycètes ayant ce type de paroi.

1 - Identification des genres

1.1 - Acides mycoliques présents dans les cellules

Les actinomycètes ayant dans leurs cellules des acides mycoliques peuvent appartenir à deux genres : *Nocardia* et *Rhodococcus* (en plus de *Corynebacterium* et *Mycobacterium* que nous n'étudions pas) (LECHEVALIER, 1986).

Les espèces du genre *Rhodococcus* se distinguent morphologiquement de celles de *Nocardia* par les caractères suivants : les colonies sont à bords entiers (non filamenteux). Le mycélium aérien n'est pas produit (ou à l'état de traces). La fragmentation du mycélium du substrat débute rapidement (généralement après 24 heures). Plusieurs tests physiologiques permettent également de faire la distinction entre ces deux genres.

Parmi les 64 isolats étudiés et ayant une paroi du type IV A, 28 contiennent dans leurs cellules des acides mycoliques. Leurs colonies ont des bords filamenteux. Le mycélium aérien est modérément à abondamment produit. Les filaments du MA sont stériles ou se fragmentent en donnant de courtes chaînes de spores à surface lisse. Le mycélium du substrat se fragmente (après 5 jours d'incubation des cultures ou plus), donnant des éléments coccoïdes ou en bâtonnets, non mobiles.

Ces caractéristiques nous permettent d'inclure ces isolats dans le genre *Nocardia*.

1.2 - Acides mycoliques absents dans les cellules

Les actinomycètes à paroi du type IV A et ne contenant pas dans leurs cellules des acides mycoliques peuvent appartenir aux genres suivants : *Actinopolyspora*, *Micropolyspora*, *Pseudonocardia*, *Saccharomonospora* et *Saccharopolyspora* (GOODFELLOW et LECHEVALIER, 1986; LECHEVALIER, 1986) et également à certaines espèces classées pour le moment dans le genre *Nocardia* par GOODFELLOW et LECHEVALIER (1986). Cependant, ces espèces sont mises parmi les "Incertae Sedis", car ces auteurs soulignent qu'elles seront probablement incluses ultérieurement dans un autre genre et ce, en raison de l'absence d'acides mycoliques dans leurs cellules et également, de leur physiologie, très différente de celle des autres espèces de *Nocardia*.

Parmi les 36 isolats étudiés, aucun ne se reproduit par bourgeonnement (exemple : *Pseudonocardia*) ou ne présente une halophilie extrême (exemple : *Actinopolyspora*).

- Onze isolats sont caractérisés par la production d'un mycélium du substrat qui se fragmente en éléments coccoïdes ou en bâtonnets non mobiles, et d'un mycélium aérien stérile ou se fragmentant en donnant des chaînes de spores droites ou flexueuses; les spores, en bâtonnets, ont une surface lisse. Cette description correspond à celle des espèces de *Nocardia* placées parmi les "Incertae Sedis".
- Quatre isolats forment, sur le MA et le MS, de courtes chaînes de spores portées par des sporophores bien individualisés. Les spores ont une surface lisse. Le mycélium du substrat ne se fragmente pas comme chez les *Nocardia*. Leur température optimale de croissance est de 55°C. Cette description permet de les rattacher au genre *Micropolyspora*.
- Quatre isolats possèdent un MA qui produit de manière irrégulière des chaînes de 5 à 30 spores ou plus, droites, flexueuses ou plus souvent en boucles ou spiralées. Les spores ont une surface chevelue. Le MS se fragmente en éléments coccoïdes ou en bâtonnets, non mobiles. Ces isolats appartiennent au genre *Saccharopolyspora*.
- Dix-sept isolats possèdent un MA (bleu-verdâtre) qui produit des spores isolées, portées chacune par un très court sporophore. Le MS ne se fragmente pas et ne produit pas de spores. Leur température optimale de croissance est comprise entre 45 et 55°C. Ces isolats sont rattachés au genre *Saccharomonospora*.

2 - Identification des isolats de *Nocardia*

La détermination des espèces de *Nocardia* repose surtout sur les critères physiologiques, comme l'ont montré les nombreux travaux de GOODFELLOW, 1971; GORDON *et al.*, 1974; GORDON *et al.*, 1978; MISHRA *et al.*, 1980; ORCHARD *et al.*, 1980; GOODFELLOW *et al.*, 1982, etc...

2.1 - Identification des isolats contenant des acides mycoliques

Les résultats concernant la physiologie sont donnés dans le tableau 29. Les isolats sont ainsi divisés en 6 groupes.

2.1.1 - Groupe I : 1 isolat

- . Croissance : bonne sur IPS2, ISP5 et gélose nutritive (= GN) et faible sur ISP3 et ISP4.
- . MA : modérément à abondamment produit. Couleur : blanche. Les filaments du MA sont stériles.
- . MS : jaune-orange clair.
- . PS : non produits, sauf sur ISP7 (orange-brun).

Les caractères physiologiques nous permettent de rattacher cet isolat à *N. otitidis-caviarum*.

2.1.2 - Groupe II : 1 isolat (Planche V, Figures 1 et 2, en annexe)

- . Croissance : bonne sur ISP2, ISP5 et GN et faible sur ISP3 et ISP4.
- . MA : faiblement à modérément produit. Couleur blanchâtre. Les filaments du MA sont stériles ou se fragmentent rarement.
- . MS : couleur saumon à beige.
- . PS : non produits.

Les caractéristiques physiologiques nous permettent de rapprocher cet isolat de l'espèce *N. asteroides*. La seule différence concerne la production d'acides à partir de l'érythritol. Cependant, GORDON *et al.* (1978) rapportent que 4 % des 137 souches étudiées produisent des acides à partir de cette source de carbone.

2.1.3 - Groupe III : 1 isolat

- . Croissance : bonne sur ISP2 et GN, faible à modérée sur ISP3, ISP4 et ISP5.
- . MA : modérément produit. Couleur : blanche. Les filaments du MA sont stériles ou se fragmentent parfois.
- . MS : orange jaunâtre à brun orangé pâle.
- . PS : non produits.

Les caractéristiques physiologiques nous permettent de rapprocher cet isolat de deux espèces : *N.asteroïdes* et *N.carnea*. Cependant, il diffère de :

- *N.asteroïdes* par la production d'acides à partir du cellobiose, du maltose et du mannitol mais non du glycérol et l'incapacité de dégrader le succinate de sodium.
- *N.carnea* par la production d'acides à partir du cellobiose et du maltose mais non du galactose, du glycérol et du sorbitol et l'incapacité de dégrader le succinate de sodium.

L'espèce la moins différente reste encore *N.asteroïdes*.

2.1.4 - Groupe IV : 1 isolat

- . Croissance : moyenne à bonne sur ISP2, ISP5 et ISP7 et faible sur ISP3, ISP4 et ISP6.
- . MA : faiblement à modérément produit. Couleur : blanc, blanc-beige à blanc rosé parfois. Les filaments du MA sont stériles ou se fragmentent rarement.
- . MS : brun clair à foncé ou jaune pâle à brunâtre.
- . PS : brun (ISP2), orange brunâtre (ISP5) ou rose-brun (ISP3, ISP7).

En étudiant sa physiologie , nous constatons que cet isolat se rapproche de *N.asteroïdes*, dont il ne diffère que par la production d'acides à partir du mannitol.

2.1.5 - Groupe V : 24 isolats (Planche V, Figure 3 en annexe)

- . Croissance : moyenne à bonne sur ISP2, ISP5, ISP7 et GN et faible sur ISP3 et ISP4.
- . MA : production faible ou moyenne. Couleur : blanc jaunâtre et plus rarement blanc grisâtre à blanc rosâtre.
- . MS : en général jaune orangé à orange mais parfois jaune-brun à brun clair ou foncé.
- . PS : tous produisent un pigment rose orangé à rouge-brun sur ISP7 et certains sécrètent un pigment orange rougeâtre à brun rouge sur ISP2 et surtout sur ISP5.

Les hyphes du MA et du MS portent, en position latérale ou terminale, de très nombreuses et courtes chaînes de spores, droites ou légèrement incurvées à l'extrémité et résultant de la fragmentation des hyphes. Les limites entre les spores (arrondies, ovales ou en petits bâtonnets) ne sont pas nettes lorsqu'on observe directement les colonies au microscope; un montage entre lame et lamelle et une observation au grossissement 400 est nécessaire pour cela. Chaque chaîne est constituée par 2 à 8 spores à paroi lisse. Cependant, nous avons constaté que chez les cultures âgées de plus de deux semaines, les hyphes du MS se fragmentent par endroit seulement, de manière irrégulière, comme ceux des autres isolats de *Nocardia*.

Cette description, ainsi que les caractéristiques exposées dans le tableau 29, font rapprocher ces 24 isolats de *N.asteroïdes* et *N.brevicatena*. Cependant, dans le volume II du récent Manuel de BERGEY (1986), GOODFELLOW et LECHEVALIER rapportent que chez *N.brevicatena*, les spores rondes à ovoïdes sont bien formées et très nettement délimitées entre elles alors que chez *N.asteroïdes* (certaines souches), elles ne sont pas très distinctes; de plus, *N.brevicatena* ne produit pas d'acides à partir du glucose, ne dégrade pas le citrate de sodium et ne réduit pas les nitrates. Ceci nous permet de rapprocher les 24 isolats de *N.asteroïdes*.

2.2 - Identification des isolats ne contenant pas des acides mycoliques

Onze isolats sont divisés en trois groupes. Les résultats concernant leur physiologie sont donnés dans le tableau 29.

2.2.1 - Groupe I : 1 seul isolat

- . Croissance : bonne sur ISP2, ISP4 et ISP5 et faible sur ISP3.
- . MA : peu produit et blanc-jaunâtre sur ISP4; à l'état de traces sur ISP2, ISP3 et ISP5. Les filaments sont stériles ou se fragmentent, mais très rarement.
- . MS : brun-jaunâtre.
- . PS : non produits.
- . Particularité : bonne croissance sur le milieu minéral azoté sans source de carbone préconisé par GORDON (1968) pour les tests de dégradation des sucres.

Physiologiquement, cet isolat se rapproche beaucoup de *N.autotrophica* et peut être rattaché à cette espèce. En effet, les seules différences sont dues au fait que notre isolat produit des acides à partir du rhamnose, ne

dégrade pas l'esculine et est résistant au lysozyme. Cependant, GORDON *et al.* (1978) montrent que 10 % de 31 souches de *N. autotrophica* produisent des acides à partir du rhamnose et 10 % également ne dégradent pas l'esculine.

2.2.2 - Groupe II : 8 isolats

- . Croissance : moyenne à bonne sur la plupart des milieux.
- . MA : production moyenne à bonne pour six isolats et faible (sur ISP2 et ISP7) ou nulle pour deux isolats. Couleur : blanc à blanc jaunâtre.
- . MS : orange-jaune clair pour tous les isolats sauf un seul dont le MS est brun-rougeâtre sur ISP2.
- . PS : non produits.
- . Chez tous les isolats, le MA se fragmente en donnant des chaînes de spores droites ou flexueuses (Planche V, figure 4, en annexe). Les spores (bâtonnets) ont une surface lisse.

Les caractères morphologiques et surtout physiologiques, nous permettent de rattacher ces isolats à l'espèce *N. orientalis*.

2.2.3 - Groupe III : 2 isolats

Ces deux isolats sont appelés GH 162 et TM30.

- . Croissance : bonne sur tous les milieux ISP et aussi GN pour GH 162 et faible sur ISP3, ISP4 et ISP7 pour TM30.
- . MA : modérément à abondamment produit. Sa couleur est *jaune*. Les hyphes sont stériles.
- . MS : couleur caractéristique : *jaune vif brillant* à *jaune orange vif*. Cependant et uniquement pour TM 30, le MS devient olive foncé sur ISP2 et ISP5.
- . PS : rouge-rose à brun-rouge sur ISP7. Jaune sur ISP3 (GH162) et ISP6 (TM30).

Ces deux isolats se distinguent également entre eux par la dégradation de l'amidon, de la caséine et de l'esculine, positive pour GH 162 et négative pour TM 30. GH 162 dégrade (faiblement) la tyrosine, mais non TM 30.

Les propriétés culturales assez particulières de ces deux isolats correspondent parfaitement à celles de *N. sulphurea*, décrite de manière plus détaillée par LECHEVALIER *et al.* (1986). Physiologiquement, seuls 6 caractères sur 40 les différencient de l'espèce-type, ce qui nous permet de les rapprocher de cette espèce.

Tableau 29 : Caractéristiques physiologiques des isolats appartenant au genre *Nocardia*.

Tests physiologiques	Acides mycoliques présents					Acides mycoliques absents		
	Groupes					Groupes		
	I	II	III	IV	V	I	II	III
Dégradation de :								
• adénine	-	-	-	-	-	+	-	-
• amidon	-	-	-	-	-	+	+	V
• caséine	-	-	-	-	-	-	+	V
• esculine	+	+	+	+	+	-	+	V
• gélatine	-	-	-	-	-	-	+	+
• hypoxanthine	+	-	-	-	-	+	-	-
• tween 80	-	+	-	-	-	-	+	+
• tyrosine	-	-	-	-	-	+	+	V
Production d'acides à partir de :								
• adonitol	-	-	-	-	-	+	+	-
• L arabinose	-	-	-	-	-	+	+	-
• dulcitol	-	-	-	-	-	+	+	-
• cellobiose	-	-	+	-	-	+	+	-
• érythritol	-	+	-	-	-	+	+	-
• D fructose	+	+	+	+	V	+	+	+
• D galactose	+	+	+	+	+	+	+	+
• D glucose	+	+	+	+	+	+	+	+
• glycérol	+	+	-	+	+	+	+	+
• glycogène	+	+	-	+	+	+	+	V
• inositol	+	-	-	NE	-	+	NE	-
• inuline	-	-	-	-	-	+	-	-
• lactose	-	-	-	-	-	+	-	-
• maltose	-	-	+	-	-	+	+	+
• D mannitol	+	-	+	+	-	+	+	-
• mannose	-	+	-	-	-	+	+	+
• mélézitose	-	-	-	-	-	+	+	-
• mélibiose	-	-	-	-	-	+	+	-
• raffinose	-	-	-	-	-	+	+	-
• rhamnose	+	+	-	+	-	+	+	-
• ribose	+	-	+	-	-	+	-	-
• saccharose	-	-	-	-	-	+	-	V
• salicine	-	-	-	-	-	+	+	-
• sorbitol	-	-	-	-	-	+	+	-
• thréhalose	-	-	+	-	-	+	-	+
• xylose	-	-	-	-	-	+	+	-

suite

REMARQUES :

Récemment, LECHEVALIER *et al.* (1986) ont reclassé les espèces de *Nocardia* ne possédant pas d'acides mycoliques dans deux genres : *Amycolata* et *Amycolatopsis*, différents entre eux uniquement par la composition cellulaire en phospholipides et en ménaquinones.

N. autotrophica est maintenant incluse dans le genre *Amycolata* et *N. orientalis* et *N. sulphurea*, dans *Amycolatopsis*.

3 - Identification des isolats de *Micropolyspora*

Quatre isolats possèdent les caractéristiques suivantes :

- . Croissance : bonne sur ISP2, GN et trypticase soy agar (TSA)
- . MA : peu produit. Couleur blanchâtre.
- . MS : jaune-orange et PS non produits.
- . Spores : des chaînes de 2 à 10 spores (moyenne : 3 à 5) sont produites latéralement ou à l'extrémité des hyphes du MA et du MS. Ces chaînes sont droites ou parfois légèrement arquées et portées par de courts sporophores (Planche V, figures 5 et 6, en annexe). Sur le MA, les chaînes sont regroupées en "touffes caractéristiques". Les spores sont rondes ou ovoïdes, à paroi lisse.
- . La température optimale de croissance est de 50-55°C; les quatre isolats peuvent croître à 30 et 65°C mais très faiblement.
- . L'esculine, l'amidon, l'hypoxanthine et la tyrosine sont dégradés, mais pas l'adénine.

D'après ces caractéristiques, nous pouvons rattacher ces isolats à l'unique espèce de *Micropolyspora* reconnue à l'heure actuelle : *Mp. faeni*.

4 - Identification des isolats de *Saccharopolyspora*

Quatre isolats : BA22, BA23, GH295 et TL211 possèdent les caractéristiques suivantes :

- . Croissance : moyenne à bonne sur tous les milieux ISP et GN.
- . Production du MA : modérée à abondante sauf pour TL211 où le MA peut se lyser au centre et disparaître (visuellement) en fonction du temps.
- . Couleur du MA : rose franc pour tous les isolats et rose brunâtre lorsque les cultures sont âgées.

- . MS : brun sur ISP2, brunâtre à jaunâtre ou non coloré sur les autres milieux.
- . PS : brun-rougeâtre à brun orangé sur ISP2 et ISP7 pour les quatre isolats. GH 295 sécrète aussi un PS rose rougeâtre à orange brunâtre sur ISP3 et ISP5 et brunâtre sur ISP4. TL211 produit un PS brun-jaune sur ISP3, ISP5 et GN et brun sur ISP4, ISP6 (non mélanofide) et sur milieu minéral azoté, à l'acétate, au citrate, au formiate, au lactate, au pyruvate et au succinate de sodium.
- . Spores : le MA produit de manière irrégulière des chaînes de 10 à 40 spores en général, le plus souvent en boucles ou parfois spirales (1 à 2 tours), en crochets ou plus rarement flexueuses. Les spores sont enveloppées par une gaine et présentent parfois des espacements entre elles. Leur surface est chevelue (Planche V, Figures 7, 8 et 9 en annexe).
- . Fragmentation du MS : très rarement observée pour BA22, BA23 et GH 295, mais excessive dès la première semaine et presque totale après trois semaines pour TL211; cette fragmentation est irrégulière et aboutit à la formation d'éléments en bâtonnets.
- . L'étude physiologique (Tableau 30) montre quelques différences entre les isolats :
 - TL211, à l'inverse des trois autres, n'utilise pas le raffinose et le sorbitol, dégrade l'oxalate de sodium et est sensible à l'érythromycine et résistant à la rifampicine.
 - BA22 et BA23 se distinguent de GH295 par leur incapacité d'utiliser la salicine et leur sensibilité à la pénicilline. L'adénine est fortement dégradée par les deux premiers isolats et très faiblement par GH295.

Par contre, tous les isolats sont capables de bien croître sur les milieux minéraux sans source de carbone : ISP9 et ceux utilisés par GORDON (1968) pour la dégradation des sucres et des sels de sodium.

Les comparaisons morphologique et physiologique de nos isolats avec l'unique espèce *Saccharopolyspora hirsuta* (LACEY et GODDFELLOW, 1975; LACEY, 1986) et *Sp. hirsuta* sous-espèce *kobensis* (IWASAKI *et al.*, 1979) montrent les différences suivantes :

- MA : rose pour nos isolats et blanc pour *Sp. hirsuta* et sa sous-espèce.
- PS : brun rougeâtre sur ISP2 pour nos isolats et jaune pour *Sp. hirsuta* et sa sous-espèce; celle-ci sécrète aussi un PS jaune clair sur ISP5, ISP6 et ISP7.

Tableau 30 : Caractéristiques physiologiques des isolats appartenant au genre *Saccharopolyspora*

Tests physiologiques	Isolats			Tests physiologiques	Isolats		
	BA22 BA23	GH 295	TL 211		BA22 BA23	GH 295	TL 211
Dégradation de :				Utilisation des sels de sodium :			
. adénine	+	±	+	. acétate	+	+	+
. amidon	+	+	+	. benzoate	-	-	-
. esculine	+	+	+	. citrate	+	+	+
. gélatine	+	+	+	. formiate	+	+	+
. hypoxanthine	+	+	+	. lactate	+	+	+
. tween 80	+	+	+	. oxalate	-	-	+
. tyrosine	+	+	+	. pyruvate	+	+	+
				. succinate	+	+	+
				. tartrate	-	-	-
Croissance(*) ou production d'acides à partir de (**):				Production de nitrate réductase	-	-	-
. adonitol	+	+	+	Croissance en présence de lysozyme	-	-	-
. l. arabinose	+	+	+	Croissance à : - 40°C	+	+	+
. cellobiose	+	+	+	- 45°C	+	+	+
. dulcitol	-	-	-	- 48°C	+	±	+
. érythritol	+	+	+	Croissance en présence des antibiotiques :			
. D fructose	+	+	+	. chloramphénicol (30 µg)	-	-	-
. D galactose	+	+	+	. érythromycine (15UI)	+	+	-
. D glucose	+	+	+	. fucidine (10 µg)	-	-	+
. glycérol	+	+	+	. gentamicine (10 UI)	-	-	-
. glycogène	+	+	+	. kanamycine (30 UI)	-	-	-
. inositol	+	+	+	. pénicilline (6 µg)	-	+	+
. inuline	+	+	+	. rifampicine (30 µg)	-	-	+
. lactose	+	+	+	. streptomycine (10 UI)	-	-	-
. maltose	+	+	+	. tobramycine (10 µg)	-	-	-
. D mannitol	+	+	+				
. mannose	+	+	+				
. mélézitose	+	+	+				
. mélibiose	+	+	+				
. raffinose	+	+	-				
. rhamnose	+	+	+				
. ribose	+	+	+				
. saccharose	+	+	+				
. salicine	-	+	+				
. sorbitol	+	+	-				
. thréalose	+	+	+				
. xylose	-	-	-				

* sur milieu de STEVENSON (1967), recommandé par GOODFELLOW (1971)

** sur milieu préconisé par GORDON (1968).

+ = tests positifs - = tests négatifs ± = croissance ou dégradation faible

Nos isolats se distinguent aussi de :

Sp.hirsuta par l'utilisation de l'arabinose et du mélibiose, l'incapacité de dégrader le xylose et le benzoate de sodium et par la sensibilité à la gentamicine, à la kanamycine, à la streptomycine et à la tobramycine.

Sp.h.kobensis par l'utilisation de l'arabinose, du mélibiose, du rhamnose et de l'inositol, l'incapacité de réduire les nitrates et la sensibilité à la kanamycine et à la tobramycine.

Ces caractères différentiels, tant du point de vue morphologique que physiologique, laissent penser que les quatre isolats peuvent appartenir à une nouvelle espèce.

5 - Identification des isolats de *Saccharomonospora*

Dix-sept isolats appartiennent à ce genre :

- . Le mycélium aérien produit des spores généralement isolées, sessiles ou portées par de très courts sporophores. Les spores ont une surface lisse à rugueuse.
- . Le mycélium du substrat est stérile et ne se fragmente pas.
- . Les cellules ne contiennent pas d'acides mycoliques.

5.1 - Trois isolats sont caractérisés par :

- . Croissance : bonne sur GN et TSA .
- . MA : vert grisâtre à vert-bleu .
- . MS : brun jaunâtre virant parfois au vert .
- . PS : vert pour un isolat et brunâtre pour les deux autres .
- . Spores : une seule spore par sporophore .
- . Pigments mélanoides : non produits sur ISP6 et ISP7 .
- . Croissance très lente à 30°C, optimale à 40-45°C et nulle à 55°C .
- . La caséine est dégradée, mais non l'esculine et le DNA .

Ces caractéristiques nous permettent de rattacher les trois isolats à l'espèce *Sm.viridis* (NONOMURA et OHARA, 1971b; KURUP, 1981).

5.2 - Quatorze isolats possèdent les caractéristiques suivantes :

- . Croissance : bonne sur GN et TSA .
- . MA : bleu à bleu-gris .
- . MS : d'abord blanchâtre puis virant, suivant les isolats, au bleu verdâtre clair ou bleu-vert très foncé .

- . PS : bley-vert clair à foncé. Quelques isolats ne produisent pas de pigments.
- . Spores : en général une seule spore par sporophore, mais parfois deux ou très rarement trois (Planche V, figure 10, en annexe).
- . Pigments mélanoides : non produits sur ISP6 et ISP7.
- . Croissance lente à 30°C, bonne à 37°C, optimale à 50°C, bonne à 55°C et nulle à 15°C.
- . La caséine, l'esculine, le DNA, la tyrosine et l'amidon sont tous dégradés.

Ces caractéristiques nous permettent de rattacher les quatorze isolats à l'espèce *S. caesia* (KURUP, 1981).

VI = DETERMINATION DES ACTINOMYCETES A PAROI DE TYPE VI

Trois isolats possèdent ce type de paroi (sans acides mycoliques). Ils possèdent les caractéristiques suivantes :

- . Absence totale de MA.
- . Les colonies sont jaunes à jaune-verdâtre pâle. Leurs bords sont filamenteux et les filaments pénètrent souvent à l'intérieur des milieux gélifiés.
- . Les pigments solubles et les pigments mélanoides ne sont pas produits.
- . Le MS est très ramifié. Il se fragmente excessivement et de manière irrégulière en éléments en bâtonnets ou ovoïdes et mobiles.
- . Les trois isolats sont Gram + et anaérobies facultatifs sur TSA.
- . Le glucose est dégradé oxydativement et fermentativement.

Ces caractéristiques nous permettent de classer les trois isolats dans le genre *Oeristovia* (PRAUSER et al., 1970; LECHEVALIER, 1972). Deux espèces composent ce genre : *O. turbata* et *O. xanthineolytica* (LECHEVALIER, 1972, LECHEVALIER et LECHEVALIER, 1986). Le tableau 31 donne les caractéristiques physiologiques des trois isolats.

Ces derniers diffèrent de *O. xanthineolytica* par l'incapacité de dégrader la xanthine, l'hypoxanthine et le succinate de sodium et de croître à 42°C, ainsi que par la production d'acides à partir du rhamnose, mais non du mélibiose, du raffinose et du sorbitol.

Par contre, ils se rapprochent beaucoup plus de *O. turbata*. Les seules différences consistent en la dégradation par nos isolats de la tyrosine et du succinate de sodium, ainsi que par la production d'acides à partir du rhamnose.

Tableau 31 : Caractéristiques physiologiques des isolats appartenant au genre *Oerskovia*

Tests physiologiques		Tests physiologiques	
Dégradation de :		Utilisation des sels de sodium :	
. adénine	-	. acétate	+
. amidon	+	. benzoate	-
. caséine	+	. citrate	-
. esculine	+	. formiate	-
. gélatine	+	. lactate	+
. hypoxanthine	-	. oxalate	-
. tween 80	+	. pyruvate	-
. tyrosine	+	. succinate	+
		. tartrate	-
Production d'acides à partir de :		Production de nitrate réductase	+
. adonitol	-	Croissance en présence de lysozyme	-
. L arabinose	+	Croissance à 40°C	-
. cellobiose	+	Survie à 50°C pendant 8 heures	+
. dulcitol	-		
. érythritol	-	Croissance en présence des antibiotiques :	
. D fructose	+	. chloramphénicol (30 µg)	-
. D galactose	+	. érythromycine (15 UI)	-
. D glucose	+	. fucidine (10 µg)	-
. glycérol	+	. gentamicine (10 UI)	-
. glycogène	+	. kanamycine (30 UI)	-
. inositol	-	. lincomycine (15 µg)	+
. inuline	-	. pénicilline (6 µg)	+
. lactose	+	. rifampicine (30 µg)	-
. maltose	+	. tobramycine (10 µg)	-
. D mannitol	-		
. mannose	+		
. mélézitose	-		
. mélibiose	-		
. raffinose	-		
. rhamnose	+		
. ribose	-		
. saccharose	+		
. salicine	+		
. sorbitol	-		
. thréaloze	+		
. xylose	+		

+ : tests positifs, - = tests négatifs.

Comme les principaux caractères qui différencient *O. xanthineolytica* de *O. turbata*, sont la dégradation de la xanthine et de l'hypoxanthine, il est donc logique de rattacher nos isolats à la dernière espèce citée.

CONCLUSION

Les sols des palmeraies renferment une grande diversité de genres et d'espèces d'actinomycètes. Un des genres, *Catellatospora*, n'a été décrit que très récemment (ASANO et KAWAMOTO, 1986). Le genre le plus représenté est *Streptomyces*; on peut également citer *Micromonospora*, *Actinomadura*, *Nocardia* et *Nocardiopsis*. L'espèce la plus importante numériquement est *Streptomyces griseoincarnatus* qui représente 15 % des *Streptomyces* et environ 10 % du total des actinomycètes.

Certaines espèces diffèrent de celles qui sont décrites et peuvent être nouvelles.

Parmi les *Streptomyces*, *S. sp.* n°1, n° 2 et n° 5 sont assez différentes des espèces connues. *S. sp.* n° 3 et n° 4 semblent également être nouvelles si l'on tient compte des critères actuels; sinon, elles peuvent être perçues comme étant des variantes de *S. chartreusis*. Cependant, il est un peu trop tôt pour tirer des conclusions définitives en raison des changements qui seront bientôt apportés dans la systématique (imparfaite jusque-là) des *Streptomyces*. En effet, déjà en 1981, SIVONEN et SZABO soulignaient que la couleur du mycélium aérien ne peut être considérée comme un caractère majeur pour la différenciation des espèces et que seule une analyse numérique détaillée pouvait résoudre le problème. WILLIAMS *et al.* (1983) ont proposé un système de classification numérique des *Streptomyces* où la couleur du mycélium aérien ne constitue qu'un caractère parmi tant d'autres. GOODFELLOW (1985) rapporte que le nombre d'espèces de *Streptomyces* décrites dans la 8ème édition du Manuel de BERGEY (1974) (au total 463) sera réduit à environ 142 grâce à l'application de la taxonomie numérique.

Les isolats d'*Elytrosporangium* et de *Microellobosporia* semblent appartenir à des espèces non connues si l'on tient compte des critères actuels. Cependant, la proposition de GOODFELLOW *et al.* (1986) d'inclure les espèces appartenant à ces deux genres parmi les *Streptomyces*, fait que les mêmes problèmes que pour ce dernier genre, sont aussi valables dans le cas présent.

Quelques isolats notés *Micromonospora* sp. n'ont pu être rattachés à aucune des espèces déjà décrites. Mais comme la classification de ces microorganismes est encore assez confuse, il serait un peu prématuré de tirer une conclusion définitive.

Plusieurs isolats de *Nocardiopsis*, particulièrement ceux notés *Nd.* sp n° 3, n° 4 et n° 5, peuvent appartenir à de nouvelles espèces ou sous-espèces. Cependant, il faut signaler que plusieurs espèces connues ont été décrites de manière très insuffisante.

Beaucoup d'isolats, physiologiquement assez différents, ont été tous rattachés à *Nocardia asteroïdes*. Ceci s'explique par le fait que ce taxon est considéré comme étant assez hétérogène et pourrait être subdivisé ultérieurement en plusieurs taxons (ORCHARD et GOODFELLOW, 1980; GOODFELLOW et LECHEVALIER, 1986).

Quatre isolats de *Saccharopolyspora* se distinguent de l'unique espèce *Sp. hirsuta* par plusieurs caractères et peuvent être considérés comme appartenant à une nouvelle espèce.

A travers nos résultats, nous constatons que la taxonomie des actinomycètes est loin d'être parfaite et que beaucoup de changements doivent être apportés. Cependant, il faut souligner l'importance fondamentale des critères chimiques (analyse des constituants cellulaires) qui ont permis ces dernières années de clarifier la systématique de ces microorganismes. Plusieurs espèces, morphologiquement très proches ont été classées dans des genres différents grâce à ces critères. Tel est le cas des espèces de :

- *Streptomyces* (paroi de type I C) et *Actinomadura* (IIIB)
- *Nocardioides* (I C) et *Nocardia* (IV A)
- *Nocardiopsis* et *Saccharothrix* (différences dans la composition en phospholipides et en sucres)
- *Nocardia* (présence d'acides mycoliques) et les deux genres récemment créés : *Amycolata* et *Amycolatopsis* (absence d'acides mycoliques)
- *Amycolata* et *Amycolatopsis* (différences dans la composition en phospholipides et en ménaquinones).

Un autre problème rencontré par l'ensemble des taxonomistes fut celui d'une classification à un niveau supra-générique. En effet, les familles telles qu'elles ont été définies dans le Manuel de BERGEY (1974) ne sont

plus valables actuellement. GOODFELLOW et WILLIAMS (1983) et GOODFELLOW (1985) ont tenté de former des groupes d'actinomycètes en considérant les critères morphologiques et chimiques. LECHEVALIER H.A. (communication personnelle, 1988) indique que dans le volume IV de la dernière édition du Manuel de BERGEY (sous presse), les actinomycètes ont été subdivisés (de manière non définitive), en huit sections :

- Les nocardioformes (section introduite finalement dans le volume II, 1986).
- Les actinomycètes à sporanges multiloculaires.
- Les actinoplanètes.
- Les *Streptomyces* et genres apparentés.
- Les maduramycètes.
- Les *Thermomonospora* et genres apparentés.
- Les thermoactinomycètes.
- Les genres additionnels.

Selon GOODFELLOW (1985), si des groupes tels que les actinoplanètes, les maduramycètes et les multiloculaires sont assez cohérents, il n'en est pas de même pour les autres groupes qui présentent encore une certaine hétérogénéité.

Ces dernières années, les taxonomistes sont même en train de remettre en question la définition de l'Ordre des Actinomycetales, telle qu'elle a été donnée dans le Manuel de BERGEY (1974), et ce, grâce à l'application de nouvelles techniques assez fiables relevant du domaine de la chimie et de la biologie moléculaire. Après une impressionnante série d'études des séquences des oligonucléotides de l'ARN ribosomal, il fut montré que les bactéries à Gram positif forment une lignée phylogénétique distincte qui peut être subdivisée en deux "branches" sur la base de la composition en Guanine + Cytosine de l'ADN (STACKEBRANDT et WOESE, 1981) : la "branche" des actinomycètes (qui inclut plusieurs bactéries précédemment assignées au taxon des "corynéformes") contient des organismes ayant un G + C supérieur à 55 mol.% et peut être aisément séparée de la "branche" à faible G + C (< 50 mol. %) représentée par le groupe "*Bacillus-Clostridium-Lactobacillus*". STACKEBRANDT (1982) signale que les Actinomycetales forment un groupe assez cohérent du point de vue phylogénétique. Ils comprennent tous les actinomycètes et les microorganismes apparentés figurant dans la section 17 de la 8ème édition du Manuel de BERGEY (1974), sauf certains genres : *Kurtzia*, *Eubacterium*, *Propionibacterium* et *Thermoactinomyces*. Ce dernier,

pourtant considéré depuis très longtemps et de manière indiscutable comme un actinomycète à part entière grâce à sa faculté de produire un véritable mycélium (du substrat et même aérien), possède un G + C < 50 mol. % et est phylogénétiquement relié aux *Bacillaceae*. Par contre, *Micrococcus*, cocci à Gram positif et à G + C élevé (66 - 75 mol. %), traditionnellement classé avec les autres cocci à Gram positif, notamment *Staphylococcus* (G + C : 30 à 40 mol. %), appartient à la lignée phylogénétique des actinomycètes (STACKEBRANDT et WOESE, 1981; STACKEBRANDT, 1982; STACKEBRANDT *et al.*, 1983). Ce genre est perçu comme étant une forme dégénérée de *Arthrobacter* (GOODFELLOW et WILLIAMS, 1983) auquel il est phylogénétiquement non distinguable (GOODFELLOW et CROSS, 1984).

L'application des techniques de la biologie moléculaire à la systématique microbienne montre donc que la possession d'un mycélium ne place pas automatiquement une souche parmi les actinomycètes et inversement, l'absence d'hyphes n'exclut pas nécessairement un organisme de ce groupe microbien. Aussi, GOODFELLOW et WILLIAMS (1983), GOODFELLOW et CROSS (1984) et GOODFELLOW (1985) pensent que l'ordre des *Actinomycetales* a besoin d'être redéfini pour inclure les taxons contenant des organismes coccoïdes ou présentant un pléomorphisme et exclure les *Thermoactinomyces*. Ces auteurs ont proposé arbitrairement la définition suivante : "Les actinomycètes sont des bactéries Gram positif ayant un G + C élevé dans leur ADN (> 55 mol.%) et qui forment un groupe homogène sur la base des données sur les études des séquences des oligonucléotides de l'ARN ribosomal (= ARNr) et sur la réassociation ADN-ARNr. Ce groupe comprend des genres d'une grande variabilité morphologique, allant du cocci (*Micrococcus*), d'un cycle bâtonnet-cocci (*Arthrobacter*), en passant par des genres formant des hyphes qui se fragmentent (*Rhodococcus*, *Nocardia*, ...), à ceux qui possèdent un mycélium bien différencié et persistant (*Streptomyces*, *Actinoplanes*, ...). Certains forment des zoospores et des structures spéciales qui résistent à la dessiccation et à la chaleur, mais ils ne montrent en aucun cas des propriétés de résistance assez marquées des endospores (comme chez les *Thermoactinomyces*)".

mais comme le souligne GOODFELLOW (1985) : "Les parentés phylogéniques des taxons mycéliens et non mycéliens, peuvent mener à des difficultés à concilier les données de la biologie moléculaire avec les autres obligations de la taxonomie".

Dans une communication personnelle qui nous a été faite (1988), LECHE-VALIER H.A. souligne bien le problème qui risque de se poser par la suite :

"En général, il semble que tous les taxonomistes voudraient, en définitive, que les classifications biologiques soient éventuellement une réflexion de la phylogénie. En pratique, il est un peu trop tôt pour arriver à ce but et il est aussi fort possible que même si on y arrivait, les détours de l'évolution pourraient être difficiles à suivre durant l'identification des bactéries. Donc, il est possible que finalement, on pourrait aboutir à deux classifications, l'une naturelle et difficile à utiliser et l'autre artificielle mais utile pour les identifications".

Tableau 32 : Distribution quantitative des isolats appartenant aux différents genres d'actinomycètes dans les sols des palmeraies

Palmeraies										TOTAL	%
		Béni-Abbes	Adrar	Timimoun	El Goléa	Ghardaïa	Ouargla	Touggourt	Tolga		
Genres											
Paroi de type I-C	<i>Streptomyces</i>	310 (69)	58 (78)	45 (78)	59 (66)	72 (58)	76 (77)	33 (53)	45 (45)	698	65,9
	<i>Streptoverticillium</i>	9	4	0	0	0	0	0	0	13	01,2
	<i>Elytrosporangium</i>	23	0	0	0	0	0	0	0	23	02,2
	<i>Microellobosporia</i>	1	0	0	0	5	0	0	0	6	0,6
	<i>Nocardioïdes</i>	17	0	0	0	2	0	0	0	19	01,8
Paroi de type II-D	<i>Micromonospora</i>	28	5	7	27	6	12	24	25	134	12,6
	<i>Catellatospora</i>	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0,5
Paroi de Type III-B	<i>Actinomadura</i>	31	0	2	2	14	7	0	6	62	05,9
	<i>Streptosporangium</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,09
	<i>Spirillospora</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0,2
Paroi de type III-C	<i>Nocardiosis</i>	9	1	0	0	13	3	0	0	26	02,5
	<i>Saccharothrix</i>	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0,3
Paroi de type IV-A	<i>Nocardia</i>	9	5	1	0	8	1	5	10	39	03,7
	<i>Micropolyspora</i>	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0,4
	<i>Saccharopolyspora</i>	2	0	0	0	1	0	0	1	4	0,4
	<i>Saccharomonospora</i>	11	1	3	1	0	0	0	1	17	01,6
Paroi type VI	<i>Oerskovia</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0,3
Totaux	Genres : 17	452	74	58	89	125	99	62	100	1 059	

* = pourcentage des isolats appartenant à chaque genre par rapport au nombre total des isolats déterminés (1 059).

- Les nombres entre parenthèses représentent les pourcentages des isolats de *Streptomyces* par rapport au nombre total d'isolats déterminés par palmeraie.

Les isolats rattachés au genre *Nocardioopsis* sont au nombre de 26 (2,5 %). Ils proviennent surtout de Ghardaïa et de Béni-Abbès.

Les autres souches (97) sont incluses dans 12 genres. Ces derniers constituent chacun, un très faible pourcentage par rapport à la totalité des actinomycètes; en outre, la distribution des espèces qui les composent est très restreinte. Il est à noter que pour le genre *Saccharomonospora*, 14 des 17 isolats n'ont pu être obtenus qu'après avoir pré-incubé les sols à 50°C pendant une semaine.

Nos résultats concordent avec ceux de nombreux chercheurs qui ont constaté que les *Streptomyces* sont les actinomycètes qui prédominent largement dans la majorité des sols des régions tempérées, tropicales ou désertiques, suivis des *Nocardia* et des *Micromonospora* (LECHEVALIER et LECHEVALIER, 1967; DIAB et ZAIDAN, 1976; ARARAGI, 1979, ELWAN *et al.*, 1985,...).

Les nombreux isolats de *Streptomyces* sont classés dans six séries de couleur (Tableau 33). En général, ceux des "gris" prédominent nettement. Cependant, les pourcentages varient suivant les palmeraies. Les "rouges" sont aussi importants que les "gris" à Adrar. Les "bleus" sont très rares à Ouargla, Touggourt et Tolga, mais sont importants à Béni-Abbès et particulièrement en profondeur (V5, V7 et V8). Le pourcentage des "jaunes" est relativement plus élevé à El Goléa et Ouargla qui présentent beaucoup de similarités entre elles du point de vue répartition des isolats en séries. A Touggourt et Tolga, la majorité des isolats appartiennent à la série des "gris". Ceux des "verts" et des "blancs" sont pratiquement inexistants dans les sols de toutes les palmeraies.

ELWAN *et al.* (1985) ont classé 254 *Streptomyces* isolés du désert du Koweït dans les séries suivantes : "gris" (72 %), "rouges" (14 %), "jaunes" (12 %), "bleus" (2 %), "verts" (0,4 %), "blancs" (7,4 %) et "violets" (1,6 %). Ces résultats concordent un peu avec les nôtres. Dans la 8ème édition du Manuel de BERGEY (1974), environ 50 % des espèces sont classées dans la série des "gris", ce qui montre donc l'importance numérique des actinomycètes de cette série.

Tableau 33 : Nombre d'isolats de *Streptomyces* par série de couleur provenant des échantillons de sol des différentes palmeraies

Palmeraias Séries de couleurs	Béni - Abbès			Adrar	Timimoun	El Golea	Ghardaïa	Ouargla	Touggourt	Tolga
	I	II	III							
"Gris"	181 (58,4 %)	116 (48,9 %)	56 (77,8 %)	21 (36,2 %)	23 (51,1 %)	33 (55,9 %)	42 (58,3 %)	43 (56,6 %)	31 (93,9 %)	38 (84,5 %)
"Rouges"	20 (6,5 %)	13 (5,5 %)	3 (4,2 %)	20 (34,5 %)	12 (26,7 %)	06 (10,2 %)	12 (16,7 %)	14 (18,4 %)	02 (6,1 %)	02 (4,5 %)
"Jaunes"	14 (4,5 %)	13 (5,5 %)	1 (1,4 %)	09 (15,5 %)	03 (6,7 %)	18 (30,5 %)	06 (8,3 %)	19 (25 %)	00 (0 %)	02 (4,5 %)
"Bleus"	91 (29,4 %)	91 (38,4 %)	12 (16,7 %)	08 (13,8 %)	07 (15,5 %)	02 (3,4 %)	12 (16,7 %)	00 (0 %)	00 (0 %)	02 (4,5 %)
"Verts"	02 (0,6 %)	02 (0,8 %)	00 (0 %)	00 (0 %)	00 (0 %)	00 (0 %)	00 (0 %)	00 (0 %)	00 (0 %)	01 (2,2 %)
"Blancs"	02 (0,6 %)	02 (0,8 %)	00 (0 %)	00 (0 %)	00 (0 %)	00 (0 %)	00 (0 %)	00 (0 %)	00 (0 %)	00 (0 %)
TOTAUX	310	237	72	58	45	59	72	76	33	45

I : Tous les isolats sont considérés, y compris ceux des volumes profonds de sol et du sol de surface amendé.

II : Seuls les isolats des sols non amendés (de surface et profonds) sont considérés.

III : Seuls les isolats du sol de surface non amendé, sont considérés.

2 - Répartition des espèces

La répartition des espèces par palmeraie est donnée dans les tableaux 34, 35, 36, 37, 38, 39 et 40.

Au total près de 160 espèces ont été répertoriées, dont 114 environ appartiennent au genre *Streptomyces*.

C'est dans le sol de surface non amendé de Béni-Abbès que l'on retrouve le plus d'espèces, en raison du nombre d'échantillons assez élevé mais aussi parce qu'aucune d'entre elles ne prédomine véritablement.

Dans un ou plusieurs échantillons de chaque palmeraie (sauf Adrar et Timimoun), on observe une dominance parfois assez nette de certaines espèces d'actinomycètes.

Streptomyces griseoincarnatus est incontestablement la plus fréquente. Elle est isolée à partir d'au moins un échantillon de sol de surface de toutes les palmeraies. Elle constitue la presque totalité des isolats dans certains sols (amendés ou non).

Parmi les autres espèces que l'on retrouve dans au moins quatre palmeraies et dont le nombre d'isolats (pour chacune d'elles) dépasse la dizaine, nous pouvons citer : *S. toyocaensis*, *S. griseochromogenes*, *S. cyaneogriseus*, *S. corchorusii* (série des "gris"), *S. toxytricini* (série des "rouges") et *S. chartreusis* (série des "bleus"). Le nombre d'isolats de *S. olivaceus* et *S. diastatochromogenes* est aussi important (respectivement 18 et 16), mais ces isolats proviennent des sols de trois palmeraies et surtout d'un échantillon de Touggourt et un autre de Ouargla pour la première espèce citée.

Certaines espèces de *Streptomyces* prédominent dans uniquement un échantillon de surface et leur distribution est pratiquement limitée à cet échantillon. Tel est le cas de *S. actuosus* (GH4), *S. rishiriensis* (GH1), *S. regensis* (OG3), *S. lavendocolor*, *S. acidoresistans* (OG2) et *S. hygroscopicus* (TL3).

Dans les sols de surface de deux localités désertiques du Koweït, ELWAN *et al.* (1985) ont rattaché 254 isolats de *Streptomyces* à 65 espèces, dont 13 ont été retrouvées dans les sols de nos palmeraies : *S. albus*, *S. capuensis*, *S. coeruleofuscus*, *S. fulvoviridis*, *S. galbus*, *S. griseoincarnatus*, *S. olivaceus*, *S. parvullus*, *S. plicatus*, *S. prunicolor*, *S. resistomycificus*, *S. vinaceus-drappus* et *S. werraensis*. Leurs résultats ont montré que c'est *S. olivaceus* qui prédomine (12,2 % des actinomycètes) mais celle-ci ne se retrouve

que dans une des deux localités. Par contre, *S.griseoincarnatus*, l'espèce la plus fréquente dans notre cas, est très rare dans les sols du désert du Koweit (un seul isolat seulement sur les 254).

Parmi les *Micromonospora*, les espèces les plus répandues sont *M.fulvioviolacea* et *M.chalcea*, qui sont isolées dans au moins un échantillon de chaque palmeraie et peuvent même prédominer nettement dans certains sols (EG2, OG3, TL1 et TL3). Une autre espèce, *M.echinobrunnea*, n'est retrouvée qu'à Touggourt et particulièrement au niveau de deux échantillons (TG2 et TG4) où elle constitue la presque totalité des actinomycètes identifiés.

Les espèces appartenant à d'autres genres peuvent parfois présenter une certaine dominance (pas très importante), mais toujours limitée à un seul échantillon. Tel est le cas de *Actinoadura libanotica*, *Nocardiosis* sp.n° 1 (GH2), *Nocardia orientalis* (GH1), *N.asteroïdes* (TL3), *Catellatospora citrea*, *Actinoadura roseoviolacea*, *Act.crema* et *Oerskovia turbata*(TL4).

Dans les sols profonds (étudiés uniquement à Béni-Abbès), la dominance de certaines espèces s'observent également dans plusieurs échantillons.

Le cas le plus net est celui de *Streptomyces coeruleus* qui constitue la presque totalité des actinomycètes des V5 et V7 et qui se retrouve aussi dans le V6. *Actinoadura crema* prédomine dans les échantillons du V3, *Streptomyces aurantiogriseus* dans ceux du V2 et *Nocardioïdes albus* dans ceux du V4.

La distribution de certaines espèces dominantes est parfois limitée à un seul profil, comme par exemple *S.recifensis* (P6H2V6), *Micromonospora* sp. (P1H5V5) et *Actinoadura rubra* (P3H4V6).

Dans le sol amendé depuis trois mois avec de la paille d'orge, *Elytrosporangium* sp. prédomine légèrement. Par contre, neuf mois après l'amendement des sols, aussi bien avec de la paille d'orge que des palmes de dattier, c'est *Streptomyces griseoincarnatus* qui constitue presque la totalité des actinomycètes.

Tableau 34 : Palmeraie de Béni-Abbès
Répartition des genres et des espèces dans les
différents volumes de sol non amendés et dans le
sol amendé

	TOTAL	Sols amendés		V1	V2	V3	V4	V6	V5	V7	Observations
		PL	PM								
Genre <i>Streptomyces</i>											
Série des "gris"											
1 - <i>S. griseoincarnatus</i>	50	20	21	8	1	0	0	0	0	0	>80% de PL et PM (9 mois après)
2 - <i>S. griseosporus</i>	24	0	0	23	0	0	1	0	0	0	5 à 15% de V1
3 - <i>S. toyocaensis</i>	17	8	5	4	0	0	0	0	0	0	
4 - <i>S. aurantiogriseus</i>	13	0	0	0	12	0	0	0	1	0	30 à 50 % de V2
5 - <i>S. diastatochromogenes</i>	8	0	0	1	3	0	0	2	2	0	
6 - <i>S. rishiriensis</i>	7	0	0	4	0	0	0	1	1	1	
7 - <i>S. récifensis</i>	5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	60 % de P6H2V6
8 - <i>S. thermovulgaris</i>	5	0	0	2	0	0	0	3	0	0	
9 - <i>S. diastaticus</i>	4	2	1	1	0	0	0	0	0	0	
10 - <i>S. flavoviridis</i>	4	2	0	0	1	0	0	0	1	0	
11 - <i>S. parvullus</i>	4	0	0	1	0	0	0	0	3	0	
12 - <i>S. thermohygroscopicus</i>	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	
13 - <i>S. cyaneogriseus</i>	3	0	0	0	0	0	1	2	0	0	
14 - <i>S. flaveolus</i>	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	
15 - <i>S. galilaeus</i>	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	
16 - <i>S. thermoflavus</i>	3	0	0	0	0	0	2	0	0	1	
17 - <i>S. antimycoticus</i>	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
18 - <i>S. resistomycificus</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
19 - <i>S. versipellis</i>	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	
20 - <i>S. actuosus</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
21 - <i>S. caesius</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
22 - <i>S. capuensis</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
23 - <i>S. chibaensis</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
24 - <i>S. eurithermus</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
25 - <i>S. fulvoviridis</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
26 - <i>S. galbus</i> O.	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
27 - <i>S. heimi</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
28 - <i>S. lavenduligriseus</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
29 - <i>S. macrosporeus</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
30 - <i>S. massasporeus</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
31 - <i>S. nigroviolens</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
32 - <i>S. olivaceoviridis</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
33 - <i>S. pactum</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
34 - <i>S. phaeophaciens</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
35 - <i>S. thermonitrificans</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
36 - <i>S. thermoolivaceus</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
37 - <i>S. werraensis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	

Tableau 34 (suite et fin)

	TOTAL	Sols amendés		V1	V2	V3	V4	V6	V5	V7	Observations
		PL	PM								
Autres genres											
1 - <i>Streptoverticillium luteovorticillatum</i>	8	0	0	0	0	0	0	0	8	0	
2 - <i>Stv. olivoreticuli</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
1 - <i>Elytrosporangium</i> sp.	23	20	0	3	0	0	0	0	0	0	20% de PL (après 3 mois)
1 - <i>Microellobosporia flavea</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
1 - <i>Nocardioïdes albus</i>	17	0	0	0	0	0	15	2	0	0	30 % de V4
1 - <i>M. fulvoviolacea</i>	11	0	0	1	3	7	0	0	0	0	
2 - <i>Micromonospora</i> sp.	10	0	0	0	0	0	0	0	6	4	5 à 10% de P1H5V5
3 - <i>M. purpureochromogenes</i>	3	0	0	0	1	2	0	0	0	0	
4 - <i>M. chalcea</i>	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
5 - <i>M. aurantiaca</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
6 - <i>M. carbonacea</i> var. <i>aurantiaca</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
1 - <i>Nd. dassonvillei</i>	4	0	1	2	0	0	0	0	1	0	
2 - <i>Nocardiosis</i> sp. n° 3	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	
3 - <i>Nocardiosis</i> sp. n° 5	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
4 - <i>Nd. mutabilis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
1 - <i>Actinomadura cremea</i>	19	0	0	0	0	13	3	1	1	1	80 % de V3
2 - <i>Act. rubra</i>	8	0	0	0	0	0	1	4	2	1	10 % de P3H4V6
3 - <i>Act. libanotica</i>	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
4 - <i>Act. salmonea</i>	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	
1 - <i>Spirillospora albida</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
1 - <i>Nocardia asteroides</i>	7	0	0	1	0	0	0	0	5	1	
2 - <i>N. autotrophica</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
3 - <i>N. orientalis</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
1 - <i>Saccharomonospora caesia</i>	9	0	0	9	0	0	0	0	0	0	
2 - <i>Sm. viridis</i>	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
1 - <i>Saccharopolyspora</i> sp.	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	

PL = sol amendé avec des fragments de paille d'orge. PM = sol amendé avec des fragments de folioles de palmes de dattier.

Remarque : Dans les observations, nous avons indiqué le pourcentage (assez approximatif) que représentent les isolats appartenant à certaines espèces par rapport à la totalité des actinomycètes.

Exemple 1 : *S. coeruleus* : 80 à 90 % de V5 et V7, signifie 80 à 90 % des actinomycètes des échantillons prélevés au niveau du volume 5 (dans ce cas cas 8 échantillons) et 7 (7 échantillons).

Exemple 2 : *Micromonospora* sp. : 10 % de P3H4V6 : = 10 % de l'échantillon de sol prélevé précisément dans le 4ème horizon appartenant au volume 6 et situé au niveau du profil 3.

Exemple 3 : *S. griseoincarnatus* : >80 % de PL et PM (9 mois après) : >80 % des actinomycètes des échantillons de sol amendés 9 mois auparavant avec de la paille d'orge ou des palmes de dattier.

Ces remarques sont aussi valables pour les autres tableaux.

Tableau 35 : Palmeraies d'Adrar et de Timimoun
Répartition des genres et espèces d'actinomycètes
dans les sols de surface

Palmeraie d'Adrar	Palmeraie de Timimoun		
Genre <i>Streptomyces</i>			
<u>Série des "gris"</u>		<u>Série des "gris"</u>	
1 - <i>S. toyocaensis</i>	6	1 - <i>S. griseoincarnatus</i>	9
2 - <i>S. griseoincarnatus</i>	5	2 - <i>S. toyocaensis</i>	7
3 - <i>S. diastatochromogenes</i>	3	3 - <i>S. griseochromogenes</i>	2
4 - <i>S. virido-diastaticus</i>	2	4 - <i>S. parvullus</i>	2
5 - <i>S. griseosporus</i>	2	5 - <i>S. galilaeus</i>	1
6 - <i>S. parvullus</i>	1	6 - <i>S. macrosporus</i>	1
7 - <i>S. rishiriensis</i>	1	7 - <i>S. rishiriensis</i>	1
8 - <i>S. thermovulgaris</i>	1		
<u>Série des "rouges"</u>		<u>Série des "rouges"</u>	
1 - <i>S. phaeochromogenes</i>	4	1 - <i>S. roseolilacinus</i>	3
2 - <i>S. roseofulvus</i>	4	2 - <i>S. fradiae</i>	2
3 - <i>S. fradiae</i>	3	3 - <i>S. phaeochromogenes</i>	2
4 - <i>S. fulvissimus</i>	3	4 - <i>S. roseus</i>	2
5 - <i>S. toxytricini</i>	3	5 - <i>S. toxytricini</i>	2
6 - <i>S. coralus</i>	1	6 - <i>S. lavendulae</i>	1
7 - <i>S. roseolilacinus</i>	1		
8 - <i>S. vinaceus</i> J.	1		
<u>Série des "jaunes"</u>		<u>Série des "jaunes"</u>	
1 - <i>S. rutgersensis</i>	4	1 - <i>S. rutgersensis</i>	2
2 - <i>S. ochroleucus</i>	3	2 - <i>S. cellulosa</i>	1
3 - <i>S. flavidovirens</i>	2		
<u>Série des "bleus"</u>		<u>Série des "bleus"</u>	
1 - <i>Streptomyces</i> sp. n° 5	6	1 - <i>S. chartreusis</i>	7
2 - <i>S. peruvienis</i>	2		
Autres genres			
1 - <i>Streptoverticillium baldacii</i>	4		
1 - <i>Micromonospora chalcea</i>	3	1 - <i>Micromonospora fulvo-violacea</i>	5
2 - <i>M. fulvoviolacea</i>	2	2 - <i>M. chalcea</i>	2
1 - <i>Nocardiopsis dassonvillei</i>	1	1 - <i>Actinomadura cremea</i>	2
1 - <i>Nocardia asteroides</i>	3	1 - <i>Nocardia asteroides</i>	1
2 - <i>N. orientalis</i>	2		
1 - <i>Saccharomonospora viridis</i>	1	1 - <i>Saccharomonospora coccinea</i>	3

Tableau 36 : Palmeraie d'El Goléa

Répartition des genres et espèces d'actinomycètes
dans le sol de surface

Genre <i>Streptomyces</i>				
Série des "gris"		Observations	Série des "rouges"	
1 - <i>S. griseoincarnatus</i>	13	30 % de EG3	1 - <i>S. toxytricini</i>	
2 - <i>S. cyaneogriseus</i>	4		2 - <i>S. phaeochromogenes</i>	
3 - <i>S. corchorusii</i>	4		Série des "jaunes"	
4 - <i>S. griseochromogenes</i>	3		1 - <i>S. cavourensis</i>	7
5 - <i>S. olivaceus</i>	2		2 - <i>S. oligocarbophilus</i>	4
6 - <i>S. galbus</i> F.	1		3 - <i>S. intermedius</i>	3
7 - <i>S. galilaeus</i>	1		4 - <i>S. sampsonii</i>	2
8 - <i>S. massasporeus</i>	1		5 - <i>S. krainskii</i>	1
9 - <i>S. phaeoviridis</i>	1		6 - <i>S. limosus</i>	1
10 - <i>S. plicatus</i>	1		Série des "bleus"	
11 - <i>S. thermohygroscopicus</i>	1		1 - <i>S. caelestis</i>	1
12 - <i>S. thermophilus</i>	1		2 - <i>Streptomyces</i> sp. n°2	1
Autres genres				
		Observations		
1 - <i>Micromonospora fulvoviolacea</i>	14	90 % de EG2		
2 - <i>M. carbonacea</i> var. <i>aurantiaca</i>	9	80 à 90 % de EG4		
3 - <i>M. chalcea</i>	2			
4 - <i>M. echinospora</i> var. <i>echinospora</i>	1			
5 - <i>M. verruculosa</i>	1			
1 - <i>Actinomadura ferruginea</i>	2			
1 - <i>Saccharomonospora caesia</i>	1			

Tableau 37 : Palmeraie de Ghardaïa
Répartition des genres et espèces d'actinomycètes
dans le sol de surface

Genre <i>Streptomyces</i>				
Série des "gris"		Observations	Série des "rouges"	Observations
1 - <i>S. actuosus</i>	7	30% de GH4	1 - <i>S. toxytricini</i>	5 10% de GH3
2 - <i>S. rishiriensis</i>	7	30% de GH1	2 - <i>S. daghestanicus</i>	3
3 - <i>S. diastatochromogenes</i>	6	15% de GH3	3 - <i>S. roseolilacinus</i>	2
4 - <i>S. toyocaensis</i>	5		4 - <i>S. atrofasciens</i>	1
5 - <i>S. corchorusii</i>	4		5 - <i>S. fulvissimus</i>	1
6 - <i>S. griseoincarnatus</i>	4			
7 - <i>S. plicatus</i>	2		Série des "jaunes"	
8 - <i>S. galbus</i> O.	1		1 - <i>S. krainskii</i>	2
9 - <i>S. hygrosopicus</i>	1		2 - <i>S. oligocarophilus</i>	2
10 - <i>S. macrosporeus</i>	1		3 - <i>S. limosus</i>	1
11 - <i>S. malachitofuscus</i>	1		4 - <i>S. minutiscleroticus</i>	1
12 - <i>S. narbonensis</i>	1			
13 - <i>S. versipellis</i>	1		Série des "bleus"	
14 - <i>S. virido-diastaticus</i>	1		1 - <i>S. caelestis</i>	3
			2 - <i>S. chartreusis</i>	2
			3 - <i>S. coeruleescens</i>	2
			4 - <i>S. peruviensis</i>	2
			5 - <i>S. coeruleorubidus</i>	1
			6 - <i>Streptomyces</i> sp. n°3	1
			7 - <i>Streptomyces</i> sp. n°5	1
Autres genres				
1 - <i>Micromonospora chalcona</i>	3		1 - <i>Nocardiopsis</i> sp. n°1	10 15% de GH2
2 - <i>M. parva</i>	2		2 - <i>Nocardiopsis</i> sp. n°4	2
3 - <i>M. fulvoviolacea</i>	1		3 - <i>Nocardiopsis dasonvillei</i>	1
1 - <i>Microellobosporia</i> sp.	4			
2 - <i>Me. flavea</i>	1		1 - <i>Saccharothrix aerocolonigenes</i>	3
1 - <i>Nocardioïdes albus</i>	2			
			1 - <i>Nocardia orientalis</i>	5 10% de GH1
			2 - <i>N. asteroides</i>	3
1 - <i>Actinomadura libanotica</i>	13	15% de GH2		
2 - <i>Act. salmonea</i>	1		1 - <i>Saccharopolyspora</i> sp.	1
1 - <i>Streptosporangium roseum</i>	1			

Tableau 38 : Palmeraie de Ouargla

Répartition des genres et espèces d'actinomycètes
dans le sol de surface

Genre <i>Streptomyces</i>			
Série des "gris"	Observations	Série des "rouges"	Observations
1 - <i>S. griseoincarnatus</i>	10 90 - 95 % de OG4	1 - <i>S. lavendocolor</i>	7 30% de OG2
2 - <i>S. regensis</i>	10 10% de OG3	2 - <i>S. toxytricini</i>	4 5 % de OG2
3 - <i>S. griseochromogenes</i>	6 90% de OG1	3 - <i>S. fragilis</i>	1
4 - <i>S. olivaceus</i>	6 30% de OG2	4 - <i>S. roseoflavus</i>	1
5 - <i>S. nishiriensis</i>	6	5 - <i>S. roseolus</i>	1
6 - <i>S. conchorusii</i>	3	Série des "jaunes"	
7 - <i>S. cyaneogriseus</i>	2	1 - <i>S. griseinus</i>	10 30% de OG2
		2 - <i>S. acidoresistans</i>	5
		3 - <i>S. griseobrunneus</i>	1
		4 - <i>S. microflavus</i>	1
		5 - <i>S. praecox</i>	1
		6 - <i>Streptomyces</i> sp. n°1	1
Autres genres			
1 - <i>Micromonospora chalcea</i>	7 80% de OG3		
2 - <i>M. fulvoviolacea</i>	3		
3 - <i>M. olivoasterospora</i>	1		
3 - <i>M. parva</i>	1		
1 - <i>Actinomadura libanotica</i>	7		
1 - <i>Nocardioopsis</i> sp. n°2	3		
1 - <i>Nocardia otitidis-caviarum</i>	1		

Tableau 39 : Palmeraie de Touggourt

Répartition des genres et espèces d'actinomycètes
dans le sol de surface

Genre <i>Streptomyces</i>		Autres genres	
Série des "gris"	Observations		Observations
1 - <i>S. olivaceus</i>	10	1 - <i>Micromonospora echinobrunnea</i>	12 70-80 % de TG2 et 80-90% de TG4
2 - <i>S. griseochromogenes</i>	8 15-20 % de TG2	2 - <i>Micromonospora</i> sp.	5
3 - <i>S. griseoincarnatus</i>	7 60-70 % de TG3	3 - <i>M. miyakonensis</i>	3
4 - <i>S. chibaensis</i>	1	4 - <i>M. aurantiaca</i>	2
5 - <i>S. diastaticus</i>	1	5 - <i>M. chalcea</i>	1
6 - <i>S. narbonensis</i>	1	6 - <i>M. fulvoviolacea</i>	1
7 - <i>S. parvullus</i>	1		
8 - <i>S. resistomycificus</i>	1	1 - <i>Nocardia asteroides</i>	5
9 - <i>S. rubiginosus</i>	1		
Série des "rouges"			
1 - <i>S. toxytricini</i>	1		

Tableau 40 : Palmeraie de Tolga
Répartition des genres et espèces d'actinomycètes
dans le sol de surface

Genres <i>Streptomyces</i>			
<u>Série des "gris"</u>		<u>Observations</u>	<u>Série des "rouges"</u>
1 - <i>S. cyaneogriseus</i>	15	15 à 20 % de TL1	1 - <i>S. fulvissimus</i> 1
2 - <i>S. hygroscopicus</i>	9	50 % de TL3	2 - <i>S. vinaceus</i> 1
3 - <i>S. griseoincarnatus</i>	7		<i>drappus</i>
4 - <i>S. corchorusii</i>	2		<u>Série des "jaunes"</u>
5 - <i>S. galbus</i> O.	1		1 - <i>S. limosus</i> 1
6 - <i>S. nigellus</i>	1		2 - <i>S. lipmanii</i> 1
7 - <i>S. nogalater</i>	1		<u>Série des "bleus"</u>
8 - <i>S. thermohygroscopicus</i>	1		1 - <i>S. chartreusis</i> 1
9 - <i>S. thermonitrificans</i>	1		<u>Série des "verts"</u>
			1 - <i>S. acrimycini</i> 1
Autres genres			
1 - <i>Micromonospora fulvoviolacea</i>	14	70 % de TL1 et 15 à 20 % de TL3	
2 - <i>M. aurantiaca</i>	7		
3 - <i>M. chalcea</i>	2		
4 - <i>M. capillata</i>	1		
5 - <i>M. halophytica</i>	1		
1 - <i>Catellatospora citrea</i>	5	5 à 10 % de TL4	
1 - <i>Actinomadura roseoviolacea</i>	4	5 à 10 % de TL4	
2 - <i>Act. crenea</i>	2		
1 - <i>Nocardia asteroïdes</i>	10	5 à 10 % de TL3	
1 - <i>Micropolyspora faeni</i>	4		
1 - <i>Saccharopolyspora</i> sp.	1		
1 - <i>Saccharomonospora caesia</i>	1		
1 - <i>Oerskovia turbata</i>	3	5 à 10 % de TL4	

III - DISTRIBUTION ECOLOGIQUE DES GENRES ET ESPECES EN FONCTION DES CARACTERISTIQUES PEDOLOGIQUES DES SOLS DES PALMERAIES

1 - Genre Streptomyces

1.1 - Distribution dans les sols non amendés

1.1.1 - Sols de surface

Certains facteurs physicochimiques influent beaucoup sur la distribution des actinomycètes en général et des *Streptomyces* en particulier et contribuent à favoriser la prolifération en provoquant la prédominance d'une ou de plusieurs espèces au dépend des autres. Parmi ces facteurs, nous pouvons citer la salinité. Bien que celle-ci ne doit pas être considérée à part, puisque beaucoup d'autres facteurs interviennent en même temps, nous avons remarqué que :

- Dans les sols non salés ou peu salés ($CE < 2 \text{ ms/cm}$), qui comprennent tous les échantillons de Béni-Abbès, d'Adrar (sauf AD3), de Timimoun, d'El Goléa (sauf EG3), de Tolga (sauf TL2) et l'échantillon OG3 de Ouargla, on obtient une grande diversité d'espèces. Aucune d'elles ne prédomine nettement par rapport aux autres et seules *S. griseosporus*, *S. regensis* et *S. cyaneogriseus* constituent entre 5 et 20 % du total des actinomycètes, respectivement du VI de Béni-Abbès, de OG3 et TL1.
- Dans les sols modérément salés à salés ($2 \text{ ms/cm} < CE < 8 \text{ ms/cm}$), on note une prédominance légère à modérée de certaines espèces : *S. rishiriensis* (30 % de GH1), *S. diastatochromogenes* (15 % de GH3), *S. toxytricini* (10 % de GH3), *S. actuosus* (30 % de GH4) et *S. griseo-incarnatus* (30 % de EG3).
- L'augmentation de la salinité provoque une sélection plus poussée des espèces : *S. acidoresistans*, *S. lavendocolor* et *S. olivaceus* (l'ensemble constituant 90 % de OG2), *S. griseochromogenes* (90 % de OG1) et *S. griseo-incarnatus* (60 à 70 % de TG3).

Les travaux (non publiés) d'AMIR et de ses collaborateurs ont montré que les sols de quelques palmeraies algériennes sont constitués surtout par du NaCl. Aussi, nous avons testé la sensibilité à ce sel, de la majorité des espèces citées précédemment. Les résultats exposés dans le tableau 41, montrent que ces espèces résistent à des concentrations élevées de NaCl (9 et 12 %) sauf *S. toxytricini* (4 %) qui ne représente en fait qu'un faible pourcentage des actinomycètes de GH3, modérément salé.

Tableau 41 : Croissance de quelques espèces de *Streptomyces* provenant de sols salés en présence de différentes concentrations de chlorure de sodium

Espèces	Concentrations de NaCl										
	0 %	3 %	4 %	6 %	8 %	9 %	10 %	11 %	12 %	13 %	
<i>S. acidoresistans</i> (2)*	++	++	++	++	++	++	++	++	+	+	±
<i>S. actuosus</i> (2)	++	++	++	++	+	±	-	-	-	-	-
<i>S. griseochromogenes</i> (3)	++	++	++	±	+	±	-	-	-	-	-
<i>S. griseoincarnatus</i> (5)	++	++	++	++	++	++	+	+	±	±	-
<i>S. olivaceus</i> (3)	++	++	++	++	++	+	+	+	±	±	-
<i>S. rishiriensis</i> (2)	++	++	++	++	++	+	+	+	±	±	-
<i>S. toxytricini</i> (2)	++	+	±	-	-	-	-	-	-	-	-

Croissance sur milieu ISP4 à pH = 7 : bonne (++) , moyenne (+) , faible (±) et nulle (-)

* nombre de souches

Il est connu que de nombreuses espèces de *Streptomyces* (8ème édition du Manuel de BERGEY, 1974), sont capables de croître à des concentrations en NaCl supérieures à 4 % ou souvent même à 7 ou à 10 % et plusieurs souches d'actinomycètes halophiles ou tolérantes aux concentrations élevées en sels sont isolées (KAYAMURA et TAKADA, 1970; WATSON et WILLIAMS, 1974; WONG et GRIFFIN, 1974; GOCHNAUER *et al.*, 1975; OKAZAKI et OKAMI, 1975 et KILLHAM et FIRESTONE, 1984).

L'influence des autres facteurs sur la distribution des *Streptomyces* semble moins nette. Cependant, l'humidité très faible de TL3 (2,5 %) et le taux élevé de calcaire pourraient être en relation avec la quantité importante de *S. hygrosopicus* (50 % des actinomycètes de TL3).

De même, la prédominance excessive de *S. griseoincarnatus* dans OG4 (90 à 95 % des actinomycètes) pourrait être reliée à la fois à la salinité modérée du sol (CE = 2,6 ms/cm), à l'humidité extrêmement faible (1 %) et à l'aération très mauvaise, OG4 étant prélevé à partir d'une parcelle abandonnée dont le sol est tassé.

1.1.2 - Sols profonds

La baisse de la teneur en oxygène semble également intervenir dans la sélection des espèces provoquant la dominance de certaines d'entre elles.

Mais, tout comme la salinité, elle ne doit pas être considérée à part. DAVIES et WILLIAMS (1970) ont souligné que la profondeur en elle-même n'est pas un facteur indépendant influençant la distribution des microorganismes dans le sol; à chaque point du profil, il existe des conditions particulières de pH, d'humidité, de température, d'aération, de compétition microbienne, etc... Les effets de tous les facteurs environnants doivent être considérés ensembles.

Le cas le plus net d'espèce dominante des horizons profonds est celui de *S.coerulescens* qui constitue la presque totalité des actinomycètes et la majorité des microorganismes en général des volumes de sol V5 et V7 (100 à 240 cm de profondeur). Cette espèce est l'une de celles qui est la plus fréquemment isolée de certains échantillons de sol de surface de Syrie, prélevés dans des forêts, pâturages et bordures de rivière (WIECZOREK *et al.* 1977); mais il n'y a pas de travaux relatant sa dominance dans des horizons profonds. Ce résultat est du point de vue écologique assez intéressant puisqu'il nous montre le cas d'une espèce qui s'adapte bien aux faibles concentrations en oxygène et qui a dû proliférer grâce à plusieurs facteurs :

- la baisse considérable des microorganismes compétitifs éliminés par "l'effet profondeur";
- la présence de beaucoup de racines âgées (ou parfois mortes) de palmiers dattiers, donc une qualité assez particulière de matière organique;
- une plus grande quantité d'argiles qui confèrent au sol une dureté remarquable et permet une meilleure rétention de l'eau d'irrigation et aussi de la matière organique;
- une porosité importante des volumes de sol du dessus, qui sont plus sableux et même des V5 et V7 malgré leur dureté, ce qui atténue "l'effet profondeur";
- la présence de beaucoup de calcaire, connu pour favoriser l'aération et dont le calcium favorise la croissance et la respiration des actinomycètes, entre autres, les *Streptomyces*, les *Micromonospora* et les *Nocardia* (GOODFELLOW et WILLIAMS, 1983);
- le pH basique (7,9 à 8,9) et l'humidité assez faible (au moment des prélèvements) peuvent avoir aussi contribué à cette dominance.

L'importance de tous ces facteurs à la fois sur la prédominance de *S.coerulescens* est confirmée après que nous ayons effectué un dénombrement

dans un profil en dehors de la toposéquence (près de la parcelle où le sol

a été amendé), de 2 m de profondeur et caractérisé par la présence de huit horizons sableux et l'absence des V5, V6 et V7. Les résultats obtenus (non publiés) montrèrent que *S.coerulescens* est absente même dans les horizons très profonds. De même, cette espèce n'est pas retrouvée dans les échantillons prélevés au niveau du V4, sableux, dont la profondeur peut être parfois la même que celle de certains échantillons du V5. Par contre, elle est isolée mais en proportions moindres, à partir de tous les échantillons du V6, pourtant moins profonde que le V4, mais dont les caractéristiques pédologiques se rapprochent de celles du V5. Le faible pourcentage de *S.coerulescens* dans le V6 peut être expliqué par la présence de très nombreux microorganismes compétitifs, et en particulier les bactéries, qui peuvent proliférer à cette profondeur.

Dans un sol de steppe à alfa (*Stipa tenacissima*) situé dans une région semi-aride (Aïn Oussera), l'analyse microbiologique d'un profil, réalisée par ALI HAIMOUD *et al.* (1983) a montré qu'à environ 1 m de profondeur, dans une croûte calcaire blanche (65 à 70 % de calcaire), le pourcentage d'actinomycètes par rapport à la microflore totale est assez élevé. En examinant les actinomycètes, nous avons remarqué que pratiquement la totalité de ces microorganismes était constituée par apparemment une même espèce de *Streptomyces* de la série des "gris".

Les résultats concernant la composition en espèces d'actinomycètes le long d'un profil, sont variables suivant les auteurs. WOLNIEWICZ-CZERWINSKA (1956) et MARTON (1962) ont pu noter des différences en fonction de la profondeur sans donner toutefois beaucoup de précisions sur les espèces trouvées. Par contre, GOODFELLOW (1968) et DAVIES et WILLIAMS (1970) n'ont pu définir des groupes distincts d'actinomycètes dans des horizons différents d'un même profil.

D'après tous ces résultats, il semblerait donc que la dominance d'une espèce dans un horizon profond soit sous la dépendance directe des facteurs qui caractérisent cet horizon et ce, en plus de la profondeur.

Une autre espèce, *S.auriginus*, est fréquemment isolée à partir du V5. Elle constitue parfois 5 à 10 % des actinomycètes du V5 de certains profils. Elle se retrouve très rarement dans les V6 et V7, mais jamais au niveau des autres volumes. Là également, les caractéristiques pédologiques particulières du V5 semblent y jouer un rôle important.

S.aurantiogriseus prédomine dans le V2, sableux, de couleur jaune, presque inorganique, dont le pH est assez basique (8,4 à 8,9) et le taux de calcaire faible. Ces conditions assez précaires, combinées à une humidité assez faible, peuvent avoir contribué à cette prédominance.

S.aecifencis constitue la majorité des espèces, mais uniquement de l'échantillon P6H2V6, qui est le plus riche du V6 en racines âgées de palmiers dattiers; mais cette espèce n'est retrouvée dans aucun autre échantillon du V6 ou autres volumes.

Cependant, le résultat le plus surprenant est la rareté des *Streptomyces* (au profit des *Actinomadura* et des *Micromonospora*) dans le V3 alors qu'ils sont nombreux dans les volumes au-dessus (V2) et en-dessous (V4 ou V6). Le V3 est brun clair et relativement plus organique que le V2 et le V4; les données pédologiques que nous avons ne sont pas suffisantes pour pouvoir expliquer ce résultat.

1.2 - Distribution dans les sols amendés

L'amendement du sol avec de la paille d'orge ou des palmes de dattier a provoqué, 9 mois après, la prolifération excessive de *S.griseoincarnatus*. Cette espèce représente 80 % ou plus de la population des actinomycètes. Douze souches prises au hasard et provenant des sols amendés ou non, se sont révélées être cellulolytiques. L'augmentation de la densité des actinomycètes dans le sol enrichi avec des palmes de dattiers (Chapitre II), plus riches en lignine et en azote que la paille, est due à cette espèce, laquelle pourrait bien être également lignolytique. La richesse (relative) des palmes en azote semble avoir contribué à cette prolifération.

En raison de la prédominance assez nette de *S.griseoincarnatus*, très peu d'espèces de *Streptomyces* ont été isolées à partir des sols amendés. La plus fréquente est *S.toyocaensis*.

Ces résultats sont très intéressants, d'autant plus que *S.griseoincarnatus* est très rarement isolée des sols par les chercheurs et n'a jamais été signalée comme étant cellulolytique.

2 - Genre Micromonospora

Dans les échantillons de sol de surface des palmeraies du sud-ouest algérien (Adrar, Béni-Abbès et Timimoun) et également de Ghardaïa, les *Micromonospora* sont assez rares. Dans le sol des autres palmeraies, leur importance varie suivant les endroits de prélèvement. Ainsi, ils prédominent excessivement (70 à 90 % des actinomycètes) dans deux échantillons d'El Goléa, un de Ouargla et deux de Tolga, tous non salés et aussi deux échantillons salés de Touggourt. Cette abondance est due à la prolifération d'espèces bien particulières :

- *M. fulvoviolacea* représente 90 % des actinomycètes de EG2, échantillon sableux caractérisé par un pH assez basique et une humidité un peu faible, un très faible taux de calcaire, de carbone et surtout d'azote. Cette espèce prédomine aussi dans les échantillons TL1 (70 à 80 %) et à un degré moindre, TL3 (15 à 20 %) de Tolga, caractérisés par une texture limono-sableuse à limono-argilo-sableuse, un pH légèrement alcalin, une faible humidité (surtout TL3) mais par contre, un pourcentage élevé de calcaire et un taux appréciable de carbone et d'azote. Cette espèce est la plus fréquente puisqu'elle est isolée à partir des sols de toutes les palmeraies. Elle semble aussi s'adapter aux faibles teneurs en oxygène puisqu'elle est l'actinomycète le plus fréquent après *Actinoadura cremea* dans le V3 de Béni-Abbès. Ces résultats montrent qu'elle possède de bonnes facultés d'adaptation, aussi bien dans les sols sableux, pauvres en matière organique, que dans les sols limono-argilo-sableux, plus riches. *M. fulvoviolacea* a été isolée à partir d'échantillons de sols et de boues de Chine (XUNCHU et YUXIU, 1976) et n'a été signalée nulle part ailleurs.

- *M. carbonacea* var. *aurantiaca* constitue 80 à 90 % des actinomycètes de EG4, qui diffère de EG2 par un pH moins basique, une humidité et un taux de carbone un peu plus élevés et surtout par un taux d'azote nettement plus important. Cette variété a été isolée par LUEDEMANN et BRODSKY (1965) à partir d'un échantillon de sol de l'Etat de New-York.

- *M. chalcea* représente 80 % des actinomycètes de OG3, échantillon de sol sableux, caractérisé par un pH légèrement alcalin, une humidité excessivement faible et des taux de carbone et d'azote également faibles; OG3 ayant été en plus, prélevé à partir d'un sol mal aéré d'une parcelle abandonnée. *M. chalcea* est l'espèce type des *Micromonospora*. Elle est isolée à partir de l'eau, de divers sols et d'environnements aquatiques et c'est

l'espèce la plus fréquemment isolée (LUEDEMANN, 1974). Elle est retrouvée dans au moins un échantillon de tous les sols de surface des palmeraies étudiées et c'est l'espèce la plus répandue après *M. fulvoviolacea*.

- *M. echinobrunnea* est la seule des 14 espèces identifiées à être prédominante (70 à 90 % des actinomycètes) dans des échantillons de sols salés, dans ce cas, TG2 et TG4. Ces échantillons sont caractérisés par une texture limono-sableuse, un pH basique, une humidité appréciable, mais un taux de carbone et d'azote assez faible, surtout pour TG2. Cette espèce n'a été isolée dans aucune autre palmeraie.

Il est connu que les *Micromonospora* sont relativement peu résistantes au NaCl et des concentrations maximales de 3 % (ou moins) sont très souvent rapportées par les chercheurs (LUEDEMANN, 1971a; LUEDEMANN, 1971b; FERNANDEZ et SZABO, 1982; SZABO, 1984; SZABO et FERNANDEZ, 1984). Nos souches ont montré une résistance au NaCl jusqu'à 5 %. *M. echinobrunnea* n'a été isolée qu'une seule fois, à partir d'un échantillon de sol de Chine (YUXIU et XUNCHU, 1982) et sa résistance au chlorure de sodium n'a pas été signalée.

Si pour *M. echinobrunnea*, la salinité semble être un des facteurs qui ait contribué à sa prolifération, par contre, la prédominance excessive des trois autres espèces de *Micromonospora* (surtout au dépend des *Streptomyces*) ne peut être expliquée par les données pédologiques présentes et une étude détaillée des sols devrait nous éclairer beaucoup plus.

Les *Micromonospora* tolèrent une teneur réduite en oxygène (ERIKSON, 1941) et poussent bien dans le sable gorgé d'eau (WILLIAMS *et al.*, (1972). GOODFELLOW et WILLIAMS (1983) prétendent qu'il est possible qu'ils croissent dans des conditions "microaérophiles". Ces microorganismes prédominent nettement par rapport aux autres actinomycètes (y compris les *Streptomyces*) dans les sols en bordure des cours d'eau (CROSS, 1981), dans les boues des eaux douces (COLMER et McCOY, 1943; UMBREIT et McCOY, 1941; JOHNSTON et CROSS, 1976 et SZABO, 1984) et sont très fréquents dans les ruisseaux (ROWBOTHAM et CROSS, 1977), rivières (AL DIWANY et CROSS, 1978) et lacs (UMBREIT et McCOY, 1941). Mais en général, dans les sols cultivés ou non, mais non gorgés d'eau, les *Micromonospora* constituent un faible pourcentage des actinomycètes telluriques : 1,4 % (LECHEVALIER et LECHEVALIER, 1967), 1,5 % (ARARAGI, 1979) et certains chercheurs ont même recours à l'emploi de la novobiocine (sélective) pour leur mise en évidence (GOODFELLOW et WILLIAMS, 1983).

Donc, s'il est connu que les *Micromonospora* sont les actinomycètes prédominants dans les sols gorgés d'eau, dans les boues et même souvent dans les eaux douces, il est intéressant également de noter que certaines espèces peuvent aussi s'adapter aux sols sableux, bien aérés ou non, des zones arides, souvent assez secs, basiques et pauvres en carbone et en azote.

3 - Genre *Nocardia*

Les *Nocardia* sont isolés à partir des sols de toutes les palmeraies sauf El Goléa, mais en très petite quantité. Ils représentent 3,7 % des isolats identifiés. Les pourcentages trouvés par différents auteurs sont également faibles : 1,98 % (LECHEVALIER et LECHEVALIER, 1967) et 4,8 % (ARARAGI, 1979). ORCHARD *et al.* (1977) qui utilisent des antibiotiques spécifiques permettant leur sélection, constatent qu'environ 60 % des sols tropicaux contiennent des *Nocardia*, contre 10 % seulement dans les sols tempérés; la plupart des espèces sont rattachées à *N.asteroïdes*. Dans le sol du désert du Koweït, les *Nocardia* représentent 2,9 à 5,5 % du total des actinomycètes (DIAB et AL ZAIDAN, 1976). *N.asteroïdes*, dont plusieurs souches connues proviennent de patients malades et sont pathogènes pour l'homme et les animaux (GOODFELLOW et LECHEVALIER, 1986), est également l'espèce qui est la plus souvent rencontrée dans les sols des palmeraies. Elle est fréquente dans certains échantillons non salés de Tolga (TL4 et surtout TL3) et salés de Touggourt (TG4) et aussi dans l'échantillon P1H5V5 de Béni-Abbès (160 à 170 cm de profondeur). Parmi les autres espèces, nous pouvons citer *N.orientalis*, habituellement isolée à partir du sol, de la matière organique ou parfois de patients malades (GOODFELLOW et LECHEVALIER, 1986), laquelle représente environ 10 % du total des actinomycètes de l'échantillon sableux modérément salé, GH1 de Ghardaïa.

4 - Genre *Actinomadura*

Les *Actinomadura* représentent en général un très faible pourcentage de la flore actinomycétale (exemple : 0,1 %; LECHEVALIER et LECHEVALIER, 1967) et les chercheurs emploient souvent des techniques particulières qui permettent une meilleure sélection d'espèces de ce genre, soit en effectuant un pré-traitement du sol à la chaleur (NONOMURA et OHARA, 1971a), soit en utilisant des antibiotiques (LAVROVA *et al.*, 1972; PREOBRAZHENSKAYA *et al.*, 1975; PREOBRAZHENSKAYA *et al.*, 1976; CHORMONA, 1978 et ATHALYE *et al.*, 1981). GALENTENKO *et al.* (1982) ont montré que les *Actinomadura* sont très

fréquemment rencontrées dans les sols bruns clairs de la région de Volgograd (URSS) et leur pourcentage par rapport à la totalité des actinomycètes peut souvent atteindre 6 à 9 %. Ces chercheurs ont montré que le nombre d'espèces est plus élevé dans les sols cultivés que dans ceux qui ne le sont pas; ils ont isolé au total une vingtaine d'espèces dont *Actinomadura cremea*, *Acd.libanotica* et *Acd.salmonia* sont parmi les plus fréquentes.

- *Acd.cremea* est également celle qui prédomine excessivement (80 % des actinomycètes) dans le V3 (50 à 65 cm de profondeur), brun clair, sableux et dont le pH est basique (8 à 8,6) et les taux d'humidité et de carbone assez faibles. Cette espèce est rarement retrouvée dans le V4 et encore plus rarement ou pas du tout dans le V6, V5 et V7; par contre, elle est absente dans les volumes supérieurs : V1 et V2.

- Une seconde espèce, *Acd.rubra*, est retrouvée uniquement dans les volumes profonds; elle constitue 10 % des actinomycètes de l'échantillon P3H4V6; elle est aussi isolée à partir de P3H5V5, P3H6V7 et P1H4V4.

- *Acd.libanotica* constitue jusqu'à 15 % des actinomycètes de l'échantillon de sol limono-sableux et modérément salé de Ghardaïa (GH2), relativement pauvre en carbone et fréquente dans le seul échantillon non salé de Ouargla (OG3), sablo-limoneux, assez sec, pauvre en carbone et dont le pH, comme GH2, n'est pas très basique (7,7).

- *Acd.roseoviolacea* représente environ 5 à 10 % des actinomycètes de l'échantillon limono-sableux TL4 de Tolga, qui s'avère être le plus riche en carbone et en azote et le plus humide, et dont le pH est légèrement basique et la conductivité peu élevée.

- Les autres espèces d'*Actinomadura* : *Acd.salmonia* et *Acd.ferruginea*, sont très rares.

Nous pouvons donc conclure que si les *Actinomadura* constituent d'une manière générale, une faible part des actinomycètes des sols des palmeraies algériennes, elles peuvent être fréquentes dans certains échantillons de sols caractérisés par une texture sablo-limoneuse à limono-sableuse, un pH légèrement ou assez basique, une humidité généralement faible à très faible (sauf TL4), une salinité modérée ou très faible et un taux de carbone et d'azote également faible (sauf TL4). Certaines espèces sont même capables de supporter des teneurs assez réduites en oxygène puisque *Acd.cremea* prédomine dans le V3 et peut être également retrouvée avec *Acd.rubra*, entre 70 et 200 cm de profondeur.

5 - Genre Nocardiopsis

Les *Nocardiopsis* sont retrouvés dans au moins un échantillon de sol des quatre palmeraies : Béni-Abbès, Adrar, Ghardaïa et Ouargla, mais toujours en très faible quantité (2,5 % des isolats identifiés) sauf à Ghardaïa et particulièrement dans GH2 où une espèce proche de *Nd.dassonvillei* constitue environ 15 % des actinomycètes. Habituellement, les *Nocardiopsis* sont isolés à partir du sol (PREOBRAZHENSKAYA et SVESHNIKOVA, 1974; SHEARER *et al.*, 1983; GAUSE *et al.*, 1977), de débris de plantes (LECHEVALIER 1981), des composts (MIYASHITA *et al.*, 1982) et même de glacier de l'Antarctique (ABYZOV *et al.*, 1983). L'espèce type, *Nd.dassonvillei*, peut être mise en évidence à partir du sol, du foin, du coton et d'infections humaines et animales (GORDON et HORAN, 1968; MEYER, 1976 et LACEY, 1977).

6 - Genre Nocardioïdes

Dans le V4 qui possède les mêmes caractéristiques que le V2 sauf qu'il est plus profond, *Nocardioïdes albus* constitue les 30 % du total des actinomycètes. Sa capacité de très bien croître *in vitro* dans un milieu minéral azoté sans source de carbone (à l'exception de l'agar) ainsi que sa probable adaptation aux faibles teneurs en O₂, auraient contribué à sa prolifération au dépend d'autres microorganismes. Deux isolats ont également été trouvés dans P6H2V6 et deux autres dans l'échantillon de surface, GH3, modérément salé (Ghardaïa). PRAUSER qui a créé ce genre en 1976, rapporte que *N.albus* est isolé à partir de plusieurs sols de Hongrie et bien qu'il apparaît en général être assez rare, il peut être très souvent rencontré dans des conditions écologiques assez spéciales; en effet, il a été fréquemment trouvé dans un sédiment gypseux en RFA et c'est le microorganisme prédominant dans un échantillon de kaolin préparé pour l'industrie céramique.

Dans le même ordre d'idée, il serait donc intéressant du point de vue écologique d'ajouter que *N.albus* constitue une part importante des actinomycètes d'un sol de palmeraie (zones arides), de couleur jaune, presque inorganique, prélevé à une profondeur de 100 à 110 cm et qui est caractérisé par une très faible humidité, un pH basique, une texture sableuse et un taux de carbone excessivement faible.

7 - Genre Elytrosporangium

Elytrosporangium sp., espèce apparemment non connue, est cellulolytique. Elle est rarement isolée à partir du sol non amendé de Béni-Abbès (seulement trois isolats), mais constitue une part importante des actinomycètes (20 %) dans des échantillons enrichis trois mois auparavant avec de la paille d'orge, probablement grâce à sa faculté de dégrader la cellulose.

Cette espèce n'est pas retrouvée dans le sol amendé avec des palmes de dattier. Ceci peut être expliqué, en partie, par la prolifération importante, après trois mois, de *Streptomyces griseoincarnatus*, qui n'aurait donc pas permis de mettre en évidence les souches d'*Elytrosporangium*.

8 - Autres genres

Les espèces appartenant à d'autres genres sont très rarement retrouvées : *Streptoverticillium olivoreticuli* (V1 de Béni-Abbès), *Stv. luteoverticillatum* (V5 de Béni-Abbès), *Stv. baldacci* (Adrar), *Microellobosporia flavea* (V1 de Béni-Abbès, GH3), *Microellobosporia* sp. (GH1 et GH3), *Spirillospora albida* (V7 de Béni-Abbès), *Streptosporangium roseum* (GH3), *Saccharopolyspora* sp. (V1 de Béni-Abbès, GH2 et TL4), *Saccharothrix aerocolonigenes* (GH2), *Oerskovia turbata* (TL4), *Catellatospora citrea* (TL4).

Oerskovia turbata et *Catellatospora citrea* sont fréquentes, mais uniquement dans TL4 où elles constituent chacune, environ 5 à 10 % des actinomycètes de cet échantillon limono-sableux, peu salé, qui est le plus riche en carbone et en azote, le plus humide et dont le pH n'est pas très basique et le taux de calcaire appréciable. Ce résultat est intéressant du point de vue écologique, particulièrement pour *C. citrea* dont le genre et espèce n'ont été découverts qu'en 1986 par ASANO et KAWAMOTO et qui n'est représentée que par une seule souche isolée à partir d'un échantillon de sol d'un terrain boisé du Japon.

Paradoxalement, les actinomycètes thermophiles sont relativement peu nombreux dans les sols des palmeraies où la température peut être assez élevée. Les travaux entrepris en collaboration avec ALI OU SALAH (Thèse de Magister en voie de soutenance) montrent que leur densité dépend surtout de la salinité et de la quantité de matière organique, la densité la plus élevée étant trouvée dans l'échantillon le plus riche et modérément salé, TL4. Les résultats de ces travaux ont montré que la majorité des thermophiles est constituée par des *Thermoactinomyces* (sauf TL4). *T. vulgaris*

100

prédomine à El Goléa, Ghardaïa, Tolga et Touggourt et *T.candidus* à Adrar et Béni-Abbès. Les autres espèces, plus rarement distribuées, sont : *T. sacchari*, *T.intermedius*, *T.putidus* et *T.dichotomica*. Par contre, les représentants du genre *Thermomonospora* sont excessivement rares puisqu'ils ne sont retrouvés que dans IL4 où l'espèce *Tm.fusca* constitue la majorité des actinomycètes thermophiles. A partir du même échantillon, quatre isolats appartenant à *Tm.chromogena* sont mis en évidence. Les espèces appartenant à d'autres genres sont plus rares : *Micropolyspora faeni*, *Saccharomonospora viridis*, *Sm.caesia* et quelques espèces de *Streptomyces*. La majorité des isolats appartenant aux deux derniers genres n'ont pu être obtenus qu'après avoir pré-incubé le sol à 50°C pendant une semaine.

C O N C L U S I O N G E N E R A L E

Les palmeraies algériennes sont situées dans les zones arides et sont soumises à un climat saharien. Cependant, les sols peuvent être cultivés et rentabilisés grâce en partie au palmier dattier qui joue un rôle important dans l'écosystème "oasis", permettant sous son ombre la pratique de nombreuses cultures.

Dans le cadre de ce travail, nous avons essayé d'apporter notre contribution à l'étude des actinomycètes des sols des palmeraies. Ces microorganismes constituent une partie de la microflore tellurique, dont l'importance est encore mal perçue par les biologistes du sol. En effet, on a considéré pendant longtemps que leur rôle dans le sol était négligeable, en raison de leur faible densité, de la lenteur de leur croissance et de leur faible pouvoir compétitif par rapport aux deux grands groupes de microorganismes du sol, les bactéries et les champignons.

L'importance de leur action sur les processus essentiels de la décomposition et de la minéralisation de la matière organique dans le sol apparaissait donc comme secondaire. Pourtant, le groupe des actinomycètes présente deux aptitudes originales qui lui donne une place prépondérante dans la biologie des sols :

- Premièrement, ils sont capables de dégrader les substances organiques non biodégradables par les bactéries et les champignons et peuvent ainsi poursuivre la dégradation de la matière organique. Ils contribuent donc à la fertilisation des sols.
- Deuxièmement, ils produisent des substances probiotiques, antibiotiques et toxiques. Cette aptitude leur donne un rôle essentiel dans les interrelations entre les microorganismes en intervenant sur la distribution de certains groupes et dans les interactions plantes-sol (production de facteurs de croissance, élimination de microorganismes phytopathogènes,..). Il est donc inconcevable de négliger dans le sol un groupe de microorganismes capable d'intervenir avec autant de subtilité sur l'équilibre et la diversité des populations microbiennes responsables du cycle des bioéléments dans le sol et sur les populations microbiennes pathogènes du sol.

De plus, les actinomycètes comptent parmi les microorganismes les plus utilisés dans les industries grâce à leur faculté de produire de nombreuses substances intéressantes (antibiotiques, vitamines, enzymes,...).

Ayant constaté qu'il n'existait pas d'études concernant la systématique et l'écologie des actinomycètes dans les sols des palmeraies, ni en Algérie, ni de par le monde, nous nous sommes donc attelé à cette tâche.

Les résultats obtenus nous montrent que les actinomycètes peuvent parfois occuper une place prépondérante dans les sols des palmeraies algériennes.

Au total, 1 059 isolats ont été prélevés, purifiés et déterminés sur la base de critères morphologiques, physiologiques et chimiques. L'analyse des constituants cellulaires (acides aminés, oses et lipides) nous a permis de définir 5 groupes appartenant à 5 "types de paroi cellulaire". Les isolats ont été identifiés à 17 genres et à près de 160 espèces. Les *Streptomyces* prédominent largement (66 % du total des actinomycètes et environ 114 espèces) suivis des *Micromonospora* (12,6 %), des *Actinomadura* (5,9 %), des *Nocardia* (3,7 %) et des *Nocardiopsis* (2,5 %). Les autres genres sont très peu représentés.

Certaines espèces appartenant aux genres *Streptomyces*, *Elytrosporangium*, *Microellobosporia*, *Micromonospora*, *Nocardiopsis* et *Saccharopolyspora* diffèrent des espèces connues et peuvent être nouvelles.

Streptomyces griseoincarnatus est incontestablement l'espèce la plus fréquente (105 isolats). Des genres rarement isolés dans le monde ont été retrouvés dans les sols des palmeraies (*Catellatospora*, *Microellobosporia*, *Nocardioïdes*, *Saccharothrix*), lesquels se caractérisent par une grande diversité d'espèces.

L'identification des isolats a été rendue plus difficile à cause de la systématique encore imparfaite de certains groupes (*Streptomyces*, *Micromonospora*, *Nocardiopsis*,...).

La distribution des actinomycètes est régie par plusieurs facteurs pédo-écologiques dont les plus importants sont dans le cas présent, la quantité et la qualité de la matière organique, la teneur en oxygène, la salinité, l'humidité et à un degré moindre, la teneur en calcaire. Le pH est alcalin et varie généralement entre 8 et 8,5.

L'étude microbiologique au niveau de la toposéquence de la palmeraie de Béni-Abbès a permis de tirer les conclusions suivantes :

- La densité des actinomycètes diminue avec la profondeur mais leur pourcentage par rapport à la microflore totale augmente. Cependant, cette diminution n'est jamais progressive car la distribution de ces microorganismes dépend non seulement de la teneur en oxygène mais également des caractéristiques pédologiques de chaque volume de sol.

Ainsi, dans le volume V5 (110 à 170 cm de profondeur), plus riche en matière organique (= MO) et en racines âgées de palmiers dattiers (connues pour favoriser la croissance des actinomycètes), en argiles (permettent une meilleure rétention de la MO), et en calcaire (favorise la respiration), la densité des actinomycètes est nettement plus élevée que dans les volumes V4 (100 à 110 cm de profondeur) et V2 (30 à 40 cm de profondeur), presque inorganiques et sableux.

La distribution écologique des genres et espèces au niveau de cette toposéquence a donné des résultats très intéressants. En effet, chaque volume (autre que celui de surface) est caractérisé par la dominance plus ou moins importante d'une ou de deux espèces.

Le cas le plus net d'espèce dominante dans les sols profonds est celui de *Streptomyces coeruleus* qui constitue la presque totalité des actinomycètes (80 % ou plus) et la majorité des microorganismes en général des volumes de sol V5 et V7 (110 à 230 cm de profondeur). Cependant, la prédominance excessive de cette espèce semble être due également, en plus de la profondeur, aux caractéristiques pédologiques des V5 et V7 qui sont plus riches en argiles, en calcaire et en MO que les autres volumes. En effet, cette espèce ne se retrouve pas dans le V4, parfois aussi profond que le V5 mais très différent du point de vue pédologique, mais est fréquente dans le V6, moins profond mais dont les caractéristiques rappellent celles du V5.

S. aurantiogriseus prédomine dans le V2 (30 à 50 % des actinomycètes), sableux et presque inorganique, dont le pH est très alcalin (8,4 à 8,9) et le taux de calcaire très faible. Ces conditions assez précaires, combinées à une humidité assez faible, peuvent avoir contribué à cette prédominance.

Dans le V⁴, qui possède les mêmes caractéristiques que le V² (sauf qu'il est plus profond), *Nocardioïdes albus* constitue les 30 % du total des actinomycètes. Sa capacité de très bien croître *in vitro* dans un milieu minéral azoté sans source de carbone, ainsi que sa probable adaptation aux faibles teneurs en O₂, auraient contribué à sa prolifération au dépend d'autres microorganismes. Ce résultat est du point de vue écologique assez intéressant puisque *N. albus* est assez rare et n'est habituellement rencontré que dans des conditions assez spéciales (sédiment gypseux, échantillon de kaolin préparé pour l'industrie céramique).

Cependant, le résultat le plus surprenant est la rareté des *Streptomyces* (au profit des *Actinomadura* et des *Micromonospora*) dans le V³, alors qu'ils sont nombreux dans les volumes au dessus (V²) et en dessous (V⁴ ou V⁶). Dans le V³, *Actinomadura cremea* prédomine nettement (environ 80 % des actinomycètes); elle n'est pas retrouvée (ou rarement) dans les autres volumes.

Contrairement à celle des actinomycètes, la distribution des bactéries mésophiles semble être uniquement sous la dépendance de la teneur en O₂. Leur densité diminue progressivement en fonction de la profondeur, et ce, indépendamment des caractéristiques pédologiques de chaque volume de sol. Par contre, l'évolution des champignons est comparable à celle des actinomycètes. Les thermophiles sont très peu représentés quantitativement, bien que les sols étudiés proviennent des zones arides.

L'amendement du sol de la palmeraie de Béni-Abbès avec de la paille d'orge locale (C/N très élevé) ne semble avoir aucun effet du point de vue quantitatif, sur l'évolution de la population d'actinomycètes mésophiles et thermophiles. Cependant, on note la prolifération de deux espèces cellulolytiques : *Elytrosporangium* sp., qui constitue environ 20 % des actinomycètes trois mois après l'amendement et *Streptomyces griseoincarnatus* (80 % après neuf mois). L'amendement du sol avec des fragments de folioles de palmés de dattier (plus riches en azote et en lignine que les palmes) provoque une augmentation significative de la densité des actinomycètes. Cette augmentation est due essentiellement à *S. griseoincarnatus* (80 % après neuf mois). Les bactéries et les champignons sont moins exigeants en azote que les actinomycètes puisque leurs populations croissent aussi bien en présence de paille que de palmes.

L'étude microbiologique des sols de surface des palmeraies d'Adrar, de Timimoun, d'El Goléa, de Ghardaïa, de Ouargla, de Touggourt et de Tolga, nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

- La salinité a un effet inhibiteur sur les actinomycètes et qui ne devient apparent que lorsque la conductivité électrique (CE) dépasse les 6 ms/cm (sol déjà très salé) et encore plus pour les valeurs supérieures à 8 ms/cm. Leur pourcentage par rapport à la microflore totale, constituée surtout de bactéries, diminue avec l'augmentation de la salinité, ce qui laisse supposer que ces dernières soient plus résistantes aux sels. En effet, une CE de 10 ms/cm ne semble pas avoir une action notable sur la densité bactérienne. Cette action ne commence à être évidente que pour des valeurs plus élevées (supérieures à 13 ms/cm). La population fongique est également plus résistante aux sels que celle des actinomycètes.

La salinité semble être l'une des causes de la prédominance de certaines espèces qui se sont avérées être tolérantes aux concentrations assez élevées de NaCl (l'un des sels prédominant dans les sols des palmeraies). Tel est le cas de *Streptomyces griseoincarnatus* à El Goléa, Ouargla et Touggourt, *S.actuosus* et *S.rishiriensis* à Ghardaïa, *S.griseochromogenes*, *S.acidoresistans*, *S.olivaceus* et *S.lavendocolor* à Ouargla et *Micromonospora echinobrunnea* à Touggourt. Ces espèces représentent 30 à 90 % du total des actinomycètes dans les sols salés.

- La distribution (aussi bien quantitative que qualitative) des actinomycètes est également sous la dépendance de plusieurs autres facteurs. Leur densité est nettement plus faible dans les sols non labourés, qui sont tassés, mal aérés, très secs et pauvres en carbone et en azote, que dans ceux qui sont labourés et plus riches en matière organique. L'humidité, la texture du sol et la quantité de calcaire jouent également un rôle dans la distribution de ces microorganismes. La prédominance excessive (jusqu'à 90 % du total des actinomycètes) de certaines espèces de *Micromonospora* (*M.fulvoviolacea*, *M.chalcea* et *M.carbonacea* var. *aurantiaca*) n'a pu être expliquée par les données pédologiques que nous avons; une étude plus détaillée de ces sols est absolument nécessaire pour cela.

Nous constatons donc que les sols des palmeraies, bien que situés dans les zones arides, contiennent une grande variété de genres et d'espèces d'actinomycètes, des plus répandus dans le monde à ceux qui sont extrêmement rares. Même les *Micromonospora*, habituellement abondantes dans les sols boueux, les sédiments des lacs et des rivières ou encore dans les eaux douces, peuvent prédominer dans certains échantillons les plus secs et les plus pauvres en matière organique.

De nombreuses espèces telles que *Streptomyces coeruleus*, *S. griseo-incarnatus*, *Micromonospora fulvoviolacea*, *M. echinobrunnea*, *Nocardioïdes albus*, etc..., sont rarement isolées dans le monde et de ce fait, leur écologie restait encore mal connue. Par contre, elles sont abondantes dans certains échantillons de sol des palmeraies et cette abondance est conditionnée par les facteurs pédologiques des sols où la salinité, la qualité de la matière organique et la profondeur jouent un rôle important.

Ces résultats donnent des indications intéressantes sur la systématique des actinomycètes des sols des palmeraies et contribuent à la connaissance de leur écologie.

En plus de ces résultats, nous avons pu sélectionner avec nos élèves, parmi les 1 059 isolats, 428 souches productrices d'antibiotiques actifs contre des bactéries (Gram + et/ou Gram -) et/ou des champignons, pathogènes ou saprophytes. Une vingtaine d'isolats (les plus performants) font actuellement l'objet d'études en vue de l'identification des antibiotiques antibactériens et antifongiques et de l'amélioration de leur production (HACENE H., travaux en cours).

Nous avons pu également, sélectionner une cinquantaine de souches ayant une forte action contre l'agent de la fusariose du palmier dattier : *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. Les souches les plus aptes à se multiplier et à résister aux conditions rigoureuses des sols des palmeraies, soumis à un climat saharien, seront utilisées dans un programme de lutte biologique contre le bayoud.

Récemment, nos collègues AMIR A. et AMIR H. ont pu montrer que les sols de certaines palmeraies non bayoudées, sont beaucoup plus "résistants" à la fusariose que d'autres (ces études s'appuient sur les résultats obtenus en France sur la fusariose du melon). Même lorsque les sols "résistants"

sont artificiellement infestés par le pathogène, la fusariose ne se déclare pas (ou peu). Cette résistance peut être due à des facteurs, soit microbiologiques, soit pédologiques. Les résultats obtenus avec nos élèves ont montré que le pourcentage d'actinomycètes actifs contre *F.o.albedinis* est sensiblement le même, aussi bien au niveau des palmeraies bayoudées (Adrar, Béni-Abbès, Timimoun, El Goléa et Ghardaïa) que dans celles qui ne le sont pas (Ouargla, Tougourt et Tolga). L'antagonisme des actinomycètes ne peut s'exercer que par un phénomène d'antibiose, en raison de leur faible pouvoir compétitif. Donc, dans le cas où la "résistance des sols" est due à un facteur microbiologique, on peut d'ores et déjà affirmer qu'elle n'est pas liée aux actinomycètes; un phénomène de compétition entre l'agent pathogène et les bactéries et/ou les champignons saprophytes telluriques serait plus probable.

BIBLIOGRAPHIE

- ABYZOV S.S., PHILIPPOVA S.N. et KUZNETSOV V.D., 1983.- *Nocardioopsis antarcticus*, a new species of actinomycete isolated from the ice sheet of the central antarctic glacier. *Izv. Akad. Nauk. SSR Ser. Biol.*, 4, 559-568.
- AL-DIWANY L.J. et CROSS T., 1978.- Ecological studies on nocardioforms and other actinomycetes in aquatic habitats. In : *Nocardia and Streptomyces*. Mordarski M., Kurylowicz W. and Jeljaszewicz J. (Eds). Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, pp. 153-160.
- ALEXANDER M., 1977.- Introduction to soil microbiology. Wiley J. (Ed.) New-York.
- ALI-HAIMOUD A., CHAMI M., DJELLALI N. et BOUNAGA D., 1979.- Le palmier dattier et la fusariose. VI - Activité microbiologique de la rhizosphère de quelques variétés de palmier dattier. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, Alger, 68, 3-35.
- ALI-HAIMOUD A., DJELLALI N. et BOUNAGA D., 1983.- Contribution à l'étude microbiologique des sols à alfa (*Stipa tenacissima* L.). I - Densité de la microflore totale et activité biologique : effet du paillage. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, Alger, 68, (3-4), 33-74.
- ALI OU SAMAH A., 1983.- Influence des milieux de culture sur la numération des actinomycètes. Identification de quelques isolats thermophiles. D.E.S. de Microbiologie, USTHB, Alger.
- AMIR H., 1981.- Antagonisme de divers microorganismes vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* (KILLIAN et MAIRE) GORDON, agent du bayoud. Thèse de magister, USTHB, Alger.
- AMIR H. et SABAOU N., 1983.- Le palmier dattier et la fusariose. XII.- Antagonisme dans le sol de deux actinomycètes vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*, responsable du bayoud. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.*, Alger, nouvelle série, n° 13, 47-60.
- AMIR H., BENNACEUR M., LAOUFI Z., AMIR A. et BOUNAGA N., 1985.- Le palmier dattier et la fusariose. XIII.- Contribution à l'étude de l'écologie microbienne du sol de deux palmeraies sahariennes atteintes de bayoud. *Rev. Ecol. Biol. sol.*, 22 (3), 313-330.
- ARARAGI M., 1979.- Comparaison of actinomycete flora between tropical and temperate upland farm soils. *Soil Sci. Plant. Nutr.*, 25 (2), 245-254.
- ASANO K. et KAWAMOTO I., 1986.- *Catellatospora*, a new genus of the Actinomycetales. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 36(4), 512-517.
- ASSELINEAU J. et ZALTA J.P., 1973.- Les antibiotiques. Structure et exemples de mode d'action. Hermann Ed., Paris.

- ATIA M., FARID A. et ZAKI M.M., 1981.- Isolation of pathogenic fungi and actinomycetes from soil in Egypt. *Sabourandia*, 19(3), 217-221.
- ATHALYE M., LACEY J. et GOODFELLOW M., 1981.- Selective isolation and enumeration of actinomycetes using rifampicin. *J. Appl. Bacteriol.*, 51, 289-297.
- ATHALYE M., GOODFELLOW M., LACEY J. et WHITE R.P., 1985.- Numerical classification of *Actinomadura* and *Nocardiosis*. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 35, 86-98.
- BALDACCI E. et LOCCI R., 1974.- Genus II. *Streptoverticillium*. In : Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 8th Ed. Buchanan R.E. and Gibbons N.E (Eds). Williams and Wilkins Co. Baltimore, 829-842.
- BARDER M.J. et CRAWFORD D.L., 1981.- Effects of carbon and nitrogen supplementation on lignin and cellulose decomposition. *Can. J. Microbiol.*, 27 (8), 859-863.
- BECKER B., LECHEVALIER M.P., GORDON R.E. et LECHEVALIER H.A., 1964.- Rapid differentiation between *Nocardia* and *Streptomyces* by paper chromatography of whole-cell hydrolysates. *Appl. Microbiol.*, 12(5), 421-423.
- BECKER B., LECHEVALIER M.P. et LECHEVALIER H.A., 1965.- Chemical composition of cell-wall preparations from strains of various form genera of aerobic actinomycetes. *Appl. Microbiol.*, 13, 236-242.
- BECKING J.H., 1974.- Family III. *Frankiaceae*. In: Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. 8th ed. Buchanan R.E. and Gibbons N.E. (Eds) Williams and Wilkins Co. Baltimore, 701-706.
- BELARBI R., 1980.- Recherches sur la rhizosphère du palmier dattier : *Phoenix dactylifera*. Thèse de 3ème Cycle, Université de Nancy I.
- BERGEY'S MANUAL OF DETERMINATIVE BACTERIOLOGY, 1974.- 8th Edition. Buchanan R.E. and Gibbons N.E. (Eds.). Williams and Wilkins Co., Baltimore, 1 268 p.
- BRADLEY S.G., ANDERSON D.L. et JONES L.A. 1961.- Phylogeny of actinomycetes as revealed by susceptibility to actinophage. *Develop. Industr. Microbiol.*, 2, 223-237.
- BREUILLAND J., LEMOINE A., MICHEL G. et OLLE J., 1974.- Etude des actinomycètes aérobies. Rencontres dans l'air de Toulouse. *Rev. Inst. Pasteur*, Lyon, Fr., 7 (3), 269-278.
- BUCHANAN R., 1917.- In: GOTTLIEB D. : Order I : The *Actinomycetales*. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 8th Ed., Buchanan R.E. and Gibbons N.E. (Eds). Williams and Wilkins Co. Baltimore, 657-881.
- BUMBIERIS M. et LLOYD A.B., 1967.- Influence of soil fertility and moisture on lysis of fungal hyphae. *Aust. J. Biol. Sci.*, 20, 103-112.
- CHAMI M. et BOUNAGA D., 1979.- Amylolyse dans la rhizosphère du palmier dattier. Etude préliminaire. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 16(1), 17-21.

- CHARPENTIER M. et PERCHERON F., 1976.- Isolement et caractérisation de deux souches de *Streptomyces* métabolisant divers polyosides naturels dont le mannane. *Ann. Microbiol. Inst. Pasteur, Paris*, 127, 363-372.
- CHORMONA N.T., 1978.- Isolation of *Actinomadura* from soil samples on selective media with kanamycin and rifampicin. *Antibiotiki*, 23, 22-26.
- COHN F., 1875.- Untersuchungen über Bacterien. II. *Beitr. Biol. Planz*, 1 (3), 141-207.
- COLMER A.R. et McCOY E., 1943.- *Micromonospora* in relation to some Wisconsin lakes and lake populations. *Trans. Wisconsin Acad. Sci., Arts and Letters*, 35, 187-200.
- COUCH J.N., 1963.- Some new genera and species of the *Actinoplanaceae*. *J. Elisha Mitchell. Sci. Soc.*, 79, 53-70.
- COUCH J.N. et BLAND C.E.-¹⁹⁷⁴ Family IV. *Actinoplanaceae*. In : *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 8th Ed., Buchanan R.E. and Gibbons N.E. (Eds). Williams and Wilkins Co. Baltimore, 706-723.
- CRAWFORD D.L., 1978.- Lignocellulose decomposition by selected *Streptomyces* strains. *Appl. Environ. Microbiol.*, 35, 1 041-1 045.
- CRAWFORD R.L et CRAWFORD D.L., 1978.- Radioisotopic methods for the study of lignin biodegradation. *Dev. Ind. Microbiol.*, 19, 35-49
- CRAWFORD D.L. et SUTHERLAND J.B., 1979.- The role of actinomycetes in the decomposition of lignocellulose. *Dev. Ind. Microbiol.*, 20, 143-151.
- CROSS T., LECHEVALIER M.P. et LECHEVALIER H.A., 1963.- A new genus of the *Actinomycetales* : *Microellobosporia* gen.nov. *J. Gen. Microbiol.* 31, 421-429.
- CROSS T., 1968.- Thermophilic actinomycetes. *J. Appl. Bacteriol.*, 31, 36-53.
- CROSS T. et GOODFELLOW M., 1973.- Taxonomy and classification of the actinomycetes. In : *Actinomycetales* : characteristics and practical importance. Sykes G. and Skinner F.A. (Eds). Academic Press, London and New-York, 11-112.
- CROSS T., 1981.- Aquatic actinomycetes : a critical survey of the occurrence, growth and role of actinomycetes in aquatic habitats. *J. Appl. Bacteriol.*, 50, 397-423.
- CROSS T. et AL-DIWANY L.J., 1981.- Streptomyces with substrate mycelium spores : the genus *Elytrosporangium*. In : *Actinomycetes. Zbl. Bakt. Suppl. 11*, Schaal/pulverer (Eds), 59-65.
- DAVIES F.L. et WILLIAMS S.T., 1970.- Studies on the ecology of actinomycetes in soil. I.- The occurrence and distribution of actinomycetes in a pine forest soil. *Soil Biol. Biochem.*, 2, 227-238.
- DIAB A. et ZAIDAN A., 1976.- Actinomycetes in the desert of Kuwait. *Zbl. Bakt., Abt. II*, 131, 545-554.
- DOMMERGUES Y. et MANGENOT F., 1970.- Ecologie microbienne du sol. Masson et Cie, Ed., Paris.

- EAK-HOUR C. et LECLERC H., 1973.- Dénombrement des actinomycètes aérolies de l'eau. *Ann. Microbiol. (Inst. Pasteur)*, 124B, 533-546.
- EL-NACKEEB M.A. et LECHEVALIER H.A., 1963.- Selective isolation of aerobic actinomycetes. *Appl. Microbiol.*, 11, 75-77.
- ELWAN S.H. et DIAB A., 1976.- Actinomycetes of an Arabian desert soil. *Egypt J. Bot.*, 19, 111-114.
- ELWAN S.H., DIAB A. et AL-GOUNAIM M.Y., 1985.- Ecology of the streptomycetes flora in the desert soil of Kuwait. *System. Appl. Microbiol.*, 6, 99-104.
- ERIKSON D., 1941.- Study on some lake-mud strains of *Micromonospora*. *J. Bacteriol.*, 41, 277-300.
- ETTLINGER L., CORBAZ R. et HUTTER R., 1958.- Zur Systematik der Actinomyceten. 4. Eine arteinteilung der Gattung *Streptomyces* WASKMAN et HENRICI. *Arch. Mikrobiol.*, 31, 326-358.
- FALCAO DE MORAIS J.O., BATISTA C.A. et MASSA D.M.G., 1966.- *Elytrosporangium*: a genus of the Actinomycetales. *Mycopathologia*, 30, 161-171.
- FALCAO DE MORAIS J.O., 1970.- *Elytrosporangium spirale*: nova especie de Actinoplanaceae do genero *Elytrosporangium*. *Rev. Microbiol.*, 1(2), 79-84.
- FALCAO DE MORAIS J.O., OLIVEIRA DA SILVA J. et MACHADO C., 1971.- Uma terceira especie de Actinomycetales do genero *Elytrosporangium*, *E. carpinense* sp. nov., isolada de solo em Pernambuco. *Rev. Microbiol.*, 21(4), 203-206.
- FERNANDEZ C. et SZABO Z., 1982.- Isolation and characterization of *Micromonospora heviziensis* sp. nov. *Acta Microbiol. Acad. Sci. Hung.*, 29(2), 115-122.
- FURUMAI T., MAEZAWA I., MATOUZAWA N., YANO S., YAMAGUCHI T., TAKEDA K. et OKUDA T., 1977.- Macrolide antibiotic M. 4365 produced by *Micromonospora*. I. Taxonomy, production, characterization and properties. *J. Antibiot.*, 30(6), 443-449.
- GALATENKO O.A., PREOBRAZHENSAYA T.P., TEREKHOVA L.P., BORISOVA V.N et FEDOROVA G.B., 1982.- Prevalence of actinomycetes of *Actinomadura* genus in light chesnut soils of the Volgograd region and their antagonistic properties. *Antibiotiki*, 11, 803-810.
- GAUSE G.F., MAXIMOVA T.S., OLKHOVATOVA O.L., SVESHNIKOVA M.A., KOCHETKOVA G.V. et ILCHENKO G.B., 1974.- Production of madumycin, an antibacterial antibiotic, by *Actinomadura flava* sp. nov. *Antibiotiki*, 19, 771-774.
- GAUSE G.F., SVESHNIKOVA M.A., UKHOLINA R.S., KOMAROVA G.N. et BAZHANOV V.S., 1977.- Production of nocamycin, a new antibiotic, by *Nocardiosis synringae* sp. nov. *Antibiotiki*, 22, 483-486.
- GOCHNAUER M.B., LEPPARD G.G., KOMARARAT P., KATES M., NOVITSKY T. et KUSHNER D.J., 1975.- Isolation and characterization of *Actinopolyspora halophila* gen. et sp. nov., an extremely halophilic actinomycete. *Can. J. Microbiol.*, 10, 1 500 - 1 511.

- GOODFELLOW M., 1968.- Properties and composition of the bacterial flora of a pine forest soil. *J. Soil Sci.*, 19, 151-167.
- GOODFELLOW M., 1971.- Numerical taxonomy of some nocardioform bacteria. *J. Gen. Microbiol.*, 69, 33-80.
- GOODFELLOW M., COLLINS M.D. et MINNIKIN D.E., 1976.- Thin layer chromatographic analysis of mycolic acid and other long-chain components in whole-organism methanolysates of coryneform and related taxa. *J. Gen. Microbiol.*, 96, 351-358.
- GOODFELLOW M., ALDERSON G. et LACEY T., 1979.- Numerical taxonomy of *Actinomyces* and related actinomycetes. *J. Gen. Microbiol.*, 112, 95-111.
- GOODFELLOW M. et PIROUZ T., 1982.- Numerical classification of sporoactinomycetes containing meso-diaminopimelic acid in the cell wall. *J. Gen. Microbiol.*, 128, 503-527.
- GOODFELLOW M., MINNIKIN D.E., TODD C., ALDERSON G., MINNIKIN S.M. et COLLINS M.D., 1982.- Numerical and chemical classification of *Nocardia amarae*. *J. Gen. Microbiol.*, 128, 1 283-1 297.
- GOODFELLOW M. et HAYNES J.A., 1983.- In : *The Biology of the Actinomycetes*. Bojalil F. and Ortiz-Ortiz L. (Eds). New-York Academic.
- GOODFELLOW M. et WILLIAMS S.T., 1983.- Ecology of actinomycetes. *Ann. Rev. Microbiol.*, 37, 189-216.
- GOODFELLOW M. et CROSS T., 1984.- Classification. In : *The Biology of the Actinomycetes*. Goodfellow M., Mordarski M. and Williams S.T. (Eds). Academic Press : London, 7 -164.
- GOODFELLOW M., 1985.- Actinomycete systematics : present state and future prospects. Sixth Int. Symp. on Actinomycetes Biology. Szabo G., Biro S. and Goodfellow M. (Eds). 487-496.
- GOODFELLOW M. et LECHEVALIER M.P., 1986.- Genus *Nocardia* TREVISAN 1889. In : *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. 2, Sneath P.H.A. (Ed.) Williams and Wilkins, Baltimore.
- GOODFELLOW M., WILLIAMS S.T. et ALDERSON G., 1986.- Transfer of *Elytrosporangium brasiliense* FALCAO DE MORAIS *et al.*, *Elytrosporangium carpiniense* FALCAO DE MORAIS *et al.*, *Elytrosporangium spirale* FALCAO DE MORAIS, *Microellobosporia grisea* (KONEV *et al.*) PRIDHAM and *Microellobosporia violacea* (TSYGANOV *et al.*) PRIDHAM to the genus *Streptomyces*, with emended descriptions of the species. *System. Appl. Microbiol.*, 8, 48-54.
- GORDON R.E., 1967.- The taxonomy of soil bacteria. In : the ecology of soil bacteria. Gray T.R.G. and Parkinson D. (Eds). Liverpool : Liverpool University Press, 293-321.
- GORDON R.E. et HORAN A.C., 1968.- *Nocardia dassonvillei*, a macroscopic replica of *Streptomyces griseus*. *J. Gen. Microbiol.*, 50, 235-240.
- GORDON R.E., BARNETT D.A., HANDEHRAN J.E. et HOR-NAY PANG C., 1974.- *Nocardia coeliaca*, *Nocardia autotrophica* and the nocardin strain. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 24(1), 54-63.

- GORDON R.E., MISHRA S.K. et BARNETT D.A., 1978.- Some bits and pieces of the genus *Nocardia* : *N.carnea*, *N.vaccinii*, *N.transvalensis*, *N.orientalis* and *N.aerocolonigenes*. *J. Gen. Microbiol.*, 109, 69-78.
- GUPTA B.R. et BAJPAI P.D., 1974.- Some microbiological studies in salt-affected soils. I. Pattern of soil microbial population as affected by salinity and alkalinity. *J. Indian Soc. Sci.*, 22, 176-180.
- HACENE H., 1986.- Détermination des actinomycètes producteurs d'antibiotiques isolés du sol de trois palmeraies du sud-ouest algérien. Thèse de Magister, USTHB, Alger, 102 p.
- HAGEDORN C., 1976.- Influences of soil acidity on *Streptomyces* populations inhabiting forest soils. *Appl. Environ. Microbiol.*, 32(3), 368-375.
- HAIDER K., TROJANOWSKI J. et SUNDMAN V., 1978.- Screening for lignin degrading bacteria by means of ¹⁴C-labelled lignins. *Arch. Microbiol.*, 119, 103-106.
- HARZ C.O., 1877.- *Actinomyces bovis*, ein neuer Schimmel in den Geweben des Rindes. *Deut. Z. Thiermed.*, 5, 125-140.
- HASEGAWA T., LECHEVALIER M.P. et LECHEVALIER H.A., 1978.- New genus of the *Actinomycetales* : *Actinosynnema* gen.nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 28(2), 304-310.
- HASHEM M. et EL GOUNAIM M.Y., 1973.- Some studies on the soil bacteria in the desert of Kuwait. *Zbl. Bakt., Abt. II.*, 128, 363-368.
- HELMKE E. et WEYLAND H., 1984.- *Rhodococcus marinonascens* sp.nov., an actinomycete from the sea. *Int.J.Syst.Bacteriol.*, 34(2), 127-138.
- HORAN A.C. et BRODSKY B.C., 1982.- A novel antibiotic producing *Actinomadura*, *Actinomadura kijianata* sp.nov. *Int. J.Syst. Bacteriol.*, 32, 195-200.
- HSUN CHU Y. et GUO-WEI Z., 1975.- Two new *Streptomyces* species of *griseofuscus* group. *Acta. Microbiol. Sin.*, 15(1), 27-30.
- HUANG L.H., 1980.- *Actinomadura macra* sp.nov., the producer of antibiotic CP-47, 433 and CP-47, 434. *Int.J.Syst. Bacteriol.*, 30, 565-568.
- HUSSEIN A.M., ALLAM A.M. et RAGAB A.M., 1985.- Taxonomical studies on thermophilic actinomycetes of some soils of Egypt. *Ann. Microbiol., Enzimol.*, (Ita.), 25, 19-28.
- ISHIZAWA S. et ARARAGI M., 1971.- Actinomycete flora of japanese soils. V. Vertical change of actinomycete flora. (A). On the basis of morphological, cultural and biochemical characters. *Soil Sc. Pl. Nutr.* 17(2), 68-74.
- ISHIZAWA S. et ARARAGI M., 1976.- Composition of actinomycete population in soil. In : *Actinomycetes, the boundary microorganisms*. Arai T. (Ed.) Toppan Co-Ltd, Tokyo, 97-107.
- IWASAKI A., ITOH H. et MORI T., 1979.- Taxonomic studies on the sporaricin producing strain *Saccharopolyspora hirsuta* subsp. *Kobensis* nov. subsp. *J.Antibiotics*, 3, 180-186.

- JENSEN H.L., 1932.- Contribution to our knowledge of the *Actinomycetales*.
IV. The identity of certain species of *Mycobacterium* and *Proactinomyces*. *Proc. Linnean Soc.*, NSW, 57, 364-376.
- JOHNSTON D.W. et CROSS T., 1976.- The occurrence and distribution of actinomycetes in lakes of the English Lakes District. *Freshwater Biology*, 6, 464-469.
- KAYAMURA Y. et TAKADA H., 1971.- The effect of NaCl utilization of organic nitrogen sources in halophilic *Streptomyces*. *Trans. Mycol. Soc.*, Japan, 12, 161-171.
- KAWAMOTO I., YAMAMOTO M. et NARA T., 1983.- *Micromonospora olivoasterospora* sp.nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 33(1), 107-112.
- KAWAMURA Y., YASUDA Y. et MIKAO M., 1981.- Isolation of L-2-(1-methyl-cyclopropyl) glycin from *Micromonospora miyakonensis* sp.nov. I.-Taxonomic studies on the producing microorganism. *J. Antibiotics*, 34(4) 367-369.
- KELLY K.L. et JUDD D.B., 1976.- Color universal language and dictionary of names. NBS special publication 440. U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, Washington D.C.
- KILLHAM K. et FIRESTONE M.K., 1984.- Salt stress control of intracellular solutes in streptomycetes indigenous to saline soils. *Appl. Environ. Microbiol.*, 47(2), 301-306.
- KIRK T.K., 1971.- Effects of microorganisms on lignin. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 9, 185-210.
- KURUP V.P., 1981.- Taxonomic study of some members of *Micropolyspora* and *Saccharopolyspora*. *Microbiologica*, 4, 249-259.
- KUSTER F. et WILLIAMS S.T., 1964.- Selection of media for isolation of streptomycetes. *Nature* (London), 202, 928-929.
- KUSTER E., 1976.- Chromogenecity of actinomycetes. In : *Actinomycetes, the boundary microorganisms*. Arai T. (Ed.), Toppan Co. Ltd, Tokyo, 43-54.
- KUZNETSOV V.D., RAUTENSTEIN Y.I., YANGULOVA I.V., KHOKHLOVA Y.M. et BLINOV N.O., 1970.- Use of actinophages for differentiation of actinomycetes pertaining to globisporin group. In : *The Actinomycetales*. Prauser H (Ed). Veb. G. Fisher Verlag, Jena, 179-185.
- LABEDA D.P., TESTA R.T., LECHEVALIER M.P. et LECHEVALIER H.A., 1984.- *Saccharothrix* : a new genus of the *Actinomycetales* related to *Nocardioopsis*. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 34(4), 426-431.
- LABEDA D.P., TESTA R.T., LECHEVALIER M.P. et LECHEVALIER H.A., 1985.- *Glycomyces*, a new genus of the *Actinomycetales*. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 35(4), 417-421.
- LABEDA D.P., TESTA R.T., LECHEVALIER M.P. et LECHEVALIER H.A., 1986.- *Saccharothrix aerocolonigenes*, a new species of *Saccharothrix*. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 36(1), 109-110.

- LACEY J., 1973.- Actinomycetes in soils, composts and fodders. In : *Actinomycetales* : characteristics and practical importance. Sykes G. and Skinner F.A. (Eds), Academic Press, London, 231-251.
- LACEY J. et GOODFELLOW M., 1975.- A novel actinomycete from sugar-cane-bagasse : *Saccharopolyspora hirsuta* gen. and sp. nov. *J. Gen. Microbiol.*, 88, 75-85.
- LACEY J., GOODFELLOW M. et ALDERSON G., 1978.- The genus *Actinomadura* LECHEVALIER and LECHEVALIER. *Z.Bakt. Paras. Inf. Hyg. Abt. I.*, Suppl. 6, 107-117.
- LACEY J., 1981.- Airborne actinomycete spores as respiratory allergens. *Z.Bakt.Mikrobiol. Hyg.Suppl.*, 11, 243-250.
- LACEY J., 1986 a.- Genus *Micropolyspora*. In : *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Vol 2, Sneath P.H.A. (Ed.), Williams and Wilkins, Baltimore, 1 496-1 501.
- LACEY J., 1986 b.- Genus *Saccharopolyspora*. In : *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Vol. 2, Sneath P.H.A. (Ed.), Williams and Wilkins, Baltimore, 1 492-1 496.
- LAVROVA N.V., PREOBRAZHENSKAYA T.P. et SVESHNIKOVA M.A., 1972.- Isolation of actinomycetes on selective media with rubomycin. *Antibiotiki*, 17, 965-970.
- LECHEVALIER H.A. et LECHEVALIER M.P., 1967.- Biology of actinomycetes. *Ann. Rev. Microbiol.*, 21, p.71.
- LECHEVALIER M.P. et GERBER N.N., 1970.- The identity of madurose with 3-O-methyl-D-galactose. *Carbohydr. Res.*, 13, 451-454.
- LECHEVALIER M.P. et LECHEVALIER H.A., 1970 a.- Composition of whole-cell hydrolysates as a criterion in the classification of aerobic actinomycetes. In : *The Actinomycetales*. Prauser H. (Ed.). G. Fisher Verlag, Jena, 311-316.
- LECHEVALIER H.A. et LECHEVALIER M.P., 1970 b.- A critical evaluation of genera of aerobic actinomycetes. In : *The Actinomycetales*. Prauser H. (Ed.), G. Fisher Verlag, Jena, 393-405.
- LECHEVALIER M.P., 1972.- Description of a new species, *Oerskovia xanthineolytica* and emendation of *Oerskovia* PRAUSER et al., *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 22, 260-264.
- LECHEVALIER M.P., DE BIEVRE C. et LECHEVALIER H.A., 1977.- Chemotaxonomy of aerobic actinomycetes : phospholipid composition. *Biochem. Syst. Ecol.*, 5, 249-260.
- LECHEVALIER M.P., 1981.- Ecological associations involving actinomycetes. In : *Actinomycetes*. Schaal and Pulverer (Eds.). *Zbl. Bakt. suppl.*, 11, Gustav Fisher Verlag, Stuttgart-New-York, 159-166.
- LECHEVALIER H.A., 1986.- Nocardioforms. In : *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, vol. 2, Sneath P.H.A. (Ed.), Williams and Wilkins, Baltimore, 1 458-1 506.

- LECHEVALIER H.A. et LECHEVALIER M.P., 1986.- Genus *Oerskovia*. In : Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, Vol. 2, Sneath P.H.A. (Ed.), Williams and Wilkins, Baltimore, 1 489-1 491.
- LECHEVALIER M.P., PRAUSER H., LABEDA D.P. et RUAN J.S., 1986.- Two new genera of Nocardioform actinomycetes : *Amycolata* gen. nov. and *Amycolatopsis* gen. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 36(1), 29-37.
- LINGAPPA Y. et LOCKWOOD J.L., 1962.- Chitin media for selective isolation and cultures of actinomycetes. *Phytopathology*, 52, 317-323.
- LUEDEMANN G.M. et BRODSKY B., 1965.- *Micromonospora carbonacea* sp. nov., an everninomicin-producing organism. *Antimicrob. Ag. Chemother.*, 1964, 47-52.
- LUEDEMANN G.M., 1971a.- *Micromonospora purpureochromogenes* (WAKSMAN and CURTIS, 1916) comb. nov. (subjective synonym : *Micromonospora fusca* JENSEN, 1932). *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 21(3), 240-247.
- LUEDEMANN G.M., 1971b.- Species concepts and criteria in the genus *Micromonospora*. *Trans. N.Y. Acad. Sci.*, 33, 207-218.
- LUEDEMANN G.M., 1974.- Genus I. *Micromonospora* ØRSKOV, 1923. In : Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 8th Ed. Buchanan R.E. and Gibbons N.E., The Williams and Wilkins Co., Baltimore, 846-855.
- LYONS A.J. et PRIDHAM T.G., 1973.- Standard antimicrobial spectra as aids in characterization and identification of *Actinomycetales*. *Develop. Ind. Microbiol.*, 14, 205-211.
- MACKAY S.J., 1977.- Improved enumeration of *Streptomyces* spp. on a starch casein salt medium. *Appl. Environ. Microbiol.*, 33, 227-230.
- MARCHAL N. et BOURDON J.L., 1973.- Milieux de culture et identification biochimique des bactéries. Doih (Ed.), Paris.
- MARTON M., 1962.- Über die vertikale verbreitung der Strahlenpilztypen in einen schwarzerdeähnlichen Auboden. *Z. pflernähr. Düng., Bodenk.*, 96, 105-114.
- MCCARTHY A.J. et CROSS T., 1981.- A note on a selective isolation medium for the thermophilic actinomycete *Thermomonospora chromogena*. *J. Appl. Bacteriol.*, 51, 299-302.
- MCCARTHY A.J. et BRODA P., 1984.- Screening for lignin-degrading actinomycetes and characterization of their activity against (¹⁴C) lignine-labelled wheat lignocellulose. *J. Gen. Microbiol.*, 130, 2 905-2 913.
- MCCARTHY A.J. et CROSS T., 1984.- A taxonomic study of *Thermomonospora* and other monosporic actinomycetes. *J. Gen. Microbiol.*, 130, 5-25.
- MEIKLEJOHN J., 1957.- Numbers of bacteria and actinomycetes in Kenya soil. *J. Soil Sci.*, 8, 240-247.
- MEYER J. et SVESHNIKOVA M., 1974. *Micromonospora rubra* SVESHNIKOVA et al., = *Actinomadura rubra* comb. nov. *Z. Allg. Mikrobiol.*, 14(2), 167-170.

- MEYER J., 1976.- *Nocardioopsis*, a new genus of the order *Actinomycetales*. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 26, 487-493.
- MEYER J., 1979.- New species of the genus *Actinomadura*. *Z. Allg. Mikrobiol.*, 19, 37-44.
- MINNIKIN D.E., ALSHAMAONY L. et GOODFELLOW M., 1975.- Differentiation of *Mycobacterium*, *Nocardia* and related taxa by thin-layer chromatographic analysis of whole-organism methanolysates. *J. Gen. Microbiol.*, 88, 200-204.
- MINNIKIN D.E., GOODFELLOW M. et PIROUZ T., 1977.- Polar lipid composition in the classification of some *Actinomadura* species. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 27, 118-121.
- MISHRA S.K., GORDON R.E. et BARNETT D.A., 1980.- Identification of nocardiae and streptomycetes of medical importance. *J. Clin. Microbiol.*, 11, 728-736.
- MIYASHITA K., KATO T. et TSURU S., 1982.- Actinomycetes occurring in soil applied with compost. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 28(3), 303-313.
- MORDARSKA H., MORDARSKI M. et GOODFELLOW M., 1972.- Chemotaxonomic characters and classification of some nocardioform bacteria. *J. Gen. Microbiol.*, 71, 77-86.
- MUNIER P., 1973.- *Le palmier dattier*. Maisonneuve et Larose, Paris, 221 p.
- NEWMAN P. et KEULS M., 1975.- In/: Théories et méthodes statistiques. Edition Les Presses Agronomiques de Gembloux, A.S.B.L., Tome II. P. Dagnelie (Ed.) . 483 p.
- NONOMURA H. et OHARA Y., 1971a.- Distribution of actinomycetes in soil. XI. some new species of the genus *Actinomadura* LECHEVALIER and LECHEVALIER. *J. Ferment. Technol.*, 49, 904-912.
- NONOMURA H. et OHARA Y., 1971b.- Distribution of actinomycetes in soil. X. New genus and species of monosporic actinomycetes. *J. Ferment. Technol.*, 49, 895-903.
- NONOMURA H., 1974.- Key for classification and identification of 458 species of the streptomycetes included in I.S.P. *J. Ferment. Technol.*, 52, 78-92.
- OGATA K., MATSUURA M., IRIE H., UENO T., TANI Y. et YAMADA H., 1978.- A new species of *Streptomyces* producing virginiamycin family antibiotics. *J. Antibiotics*, 31(12), 1 313-1 315.
- OKAZAKI T. et OKAMI Y., 1975.- Actinomycetes tolerant to increased NaCl concentration and their metabolites. *J. Ferment. Technol.*, 53, 833-840.
- ORCHARD V.A., GOODFELLOW M. et WILLIAMS S.T., 1977.- Selective isolation and occurrence of nocardiae in soil. *Soil Biol. Biochem.*, 9, 233-238.
- ORCHARD V.A., GOODFELLOW M., 1980.- Numerical classification of some named strains of *Nocardia asteroides* and related isolates from soil. *J. Gen. Microbiol.*, 118, 295-312.

- ORLA-JENSEN S., 1909.- Die Hauptlinien des natürlichen Bakteriensystems. *Z. Bakt. Paras. Inf. Hyg., Abt. II.*, 22, 305-346.
- ØRSKOV J., 1923.- Investigations into the morphology of the ray fungi. Levin-Munksgaard Publishers, Copenhagen.
- PAGANI H. et PARENTI F., 1978.- *Kineosporia*, a new genus of the order Actinomycetales. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 28(3), 401-406.
- PELCZAR M.J., CHAN E.C.S. et KRIEG N.R., 1986.- Microbiology. 5th Ed. Mc Graw Hill Book Compagny. 320-330.
- PHELAN M.B., CRAWFORD D.L. et POMETTO A.L., 1979.- Isolation of lignocellulose decomposing actinomycetes and degradation of specifically ¹⁴C-labelled lignocellulose by six selected *Streptomyces* strains. *Can. J. Microbiol.*, 25, 1 270-1 276.
- POCHON J. et TARDIEUX P., 1962.- Techniques d'analyse en microbiologie du sol. Ed. de la Tourelle, Saint-Mandé, 105 p.
- PORTER J.N., WILHELM J.J. et TRESNER H.D., 1960.- Method for the preferential isolation of actinomycetes from soils. *Appl. Microbiol.*, 8, 174-178.
- PRAUSER H., 1970.- Characters and genera arrangement in the Actinomycetales. In : *The Actinomycetales*. Prauser H. (Ed.). G. Fisher Verlag, Jena, 407-418.
- PRAUSER H., LECHEVALIER M.P. et LECHEVALIER H.A., 1970.- Description of *Oerskovia* gen. nov. to harbor ØRSKOV'S motile *Nocardia*. *Appl. Microbiol.*, 19, 534.
- PRAUSER H., 1976.- *Nocardioïdes*, a new genus of the order Actinomycetales. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 26, 58-65.
- PRAUSER H., 1986.- Genus *Nocardioïdes*. In : *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Vol. 2, Sneath P.H.A. (Ed.), Williams and Wilkins, Baltimore, 1 481-1 485.
- PREOBRAZHENSKAYA T.P., MAKSIMOVA T.S., LUKIVANOVICH V.M. et EVKO E.I., 1965.- Application of the carbon replica method to the electron microscopic study of the surface of actinomycete spores. *Mikrobiologiya*, 34, 445-448.
- PREOBRAZHENSKAYA T.P. et SVESHNIKOVA M.A., 1974.- New species of the genus *Actinomadura*. *Microbiology* (English trans. of *Mikrobiologiya*), 43, 735-738.
- PREOBRAZHENSKAYA T.P., LAVROVA N.V., UKHOLINA R.S. et NECHAEVA N.P., 1975.- Isolation of new species of *Actinomadura* on selective media with streptomycin and bruneomycin. *Antibiotiki*, 20, 404-409.
- PREOBRAZHENSKAYA T.P., SVESHNIKOVA M.A., TEREKHOVA L.P. et CHORMONA N.T., 1976.- Selective isolation of soil actinomycetes. In : *Proceeding of the International Symposium on Nocardia and Streptomyces*, Warsaw. Mordarski M., Kurylowicz W. and Jeljaszewicz J. (Eds)., G. Verlag, Stuttgart, New-York, 119-123.

- PREOBRAZHENSAYA T.P., SVESHNIKOVA M.A. et TEREKHOVA L.P., 1977.- Key to identification of species of *Actinomadura*. *Biology of the Actinomycetes and Related Organisms*, 12, 30-38.
- PRIDHAM T.G., HESSELTINE C.W. et BENEDICT R.G., 1958.- A guide for the classification of streptomycetes according to selected groups : placement of strains in morphological sections. *Appl. Microbiol.*, 6(1), 52-79.
- PRIDHAM T.G. et TRESNER H.D., 1974.- Family VII. Streptomycetaceae WAKSMAN and HENRICI. In : Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 8th Ed., Buchanan R.E. and Gibbons N.E., The Williams and Wilkins Co., Baltimore, 747-845.
- RAO A.V. et VENKATESWARLU B., 1983.- Microbial ecology of the soils of indian desert. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 10, 361-369.
- RAPILLY F., 1968.- Techniques de mycologie en pathologie végétale. *Ann. Epiphyties*, 19, numéro hors série.
- REED RODRIGUES COELHO R. et DROZDOWICZ A., 1978.- The occurrence of actinomycetes in a cerrado soil in Brazil. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 15, 459-473.
- ROWBOTHAM T.J. et CROSS T., 1977.- Ecology of *Rhodococcus coprophilus* and associated actinomycetes in fresh water and agricultural habitats. *J. Gen. Microbiol.*, 100, 231-240.
- SABAOU N., 1979.- Le palmier dattier et la fusariose. IV.- Antagonisme d'*Aspergillus flavus* vis-à-vis du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 68, 37-44.
- SABAOU N., 1980.- Antagonisme de deux actinomycètes vis-à-vis du *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (KILLIAN et MAIRE) GORDON et d'autres champignons. Thèse de Magister, USTHB, Alger.
- SABAOU N., AMIR H. et BOUNADA D., 1980.- Le palmier dattier et la fusariose. X.- Dénombrement des actinomycètes de la rhizosphère; leur antagonisme vis-à-vis du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. *Ann. Phytopathol.*, 12, 253-257.
- SABAOU N., BENNACEUR M. et BOUNAGA D., 1981.- Le palmier dattier et la fusariose. VIII. Action parasitaire d'un actinomycète envers *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. *Ann. Microbiol.* (Inst. Pasteur), 132A, 319-329.
- SABAOU N., BOUNAGA N. et BOUNAGA D., 1983.- Actions antibiotique, mycolytique et parasitaire de deux actinomycètes envers *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* et autres formae speciales. *Can. J. Microbiol.*, 29(2), 194-199.
- SABAOU N. et BOUNAGA N., 1987.- Actinomycètes parasites de champignons : étude des espèces, spécificité de l'action parasitaire au genre *Fusarium* et antagonisme dans le sol envers *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (KILLIAN et MAIRE) GORDON. *Can. J. Microbiol.*, 33, 445-451.

Légende de la Planche V

Actinomycètes à paroi de type IV A : genres *Nocardia*,
Micropolyspora, *Saccharopolyspora* et *Saccharomonospora*

- Figure 1 : *Nocardia asteroïdes* : mycélium aérien stérile
(barre = b = 15 μm)
- Figure 2 : même espèce, mycélium du substrat se fragmentant
en "zig-zag" (flèches) (b = 14 μm)
- Figure 3 : même espèce mais une souche particulière produi-
sant de courtes chaînes de spores (dont les li-
mites ne sont pas très distinctes) sur le mycé-
lium du substrat (flèches) (b = 12 μm)
- Figure 4 : *Nocardia orientalis* : mycélium aérien en "zig-
zag" (début de fragmentation) (b = 12 μm)
- Figures 5 et 6 : *Micropolyspora faeni* : courtes chaînes de
spores sur le mycélium du substrat, portées par
des sporophores (barres = respectivement 7 et
10 μm)
- Figure 7 : *Saccharopolyspora hirsuta* : chaînes de spores
droites, en boucles, en crochets ou spiralées
(b = 13 μm)
- Figure 8 : même espèce, chaînes de spores produites de
manière irrégulière et rappelant celles des
Nocardiopsis (b = 6 μm)
- Figure 9 : même espèce, spores chevelues (b = 0,4 μm)
- Figure 10 : *Saccharomonospora caesia* : spores sessiles et pro-
duites isolément sur le mycélium aérien (b = 7 μm).

- SZABO Z., 1984.- Occurrence of gentamicin-producing Micromonosporae in Lake Balaton (W. Hungary). *Z. Allg. Mikrobiol.*, 24(5), 649-653.
- SZABO Z. et FERNANDEZ C., 1984.- *Micromonospora brunnea* SVESHNIKOVA, MAXIMOVA and KUDRINA is a junior subjective synonym of *Micromonospora purpureochromogenes* (WAKSMAN and CURTIS) LUEDEMANN. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 34(4), 463-464.
- TANI K., MATSUZAWA N., YANO S. et YAMAGUSHI T., 1982.- Studies on a new antibiotic M-92 produced by *Micromonospora*. I.- Taxonomy of M-92 producing *Micromonospora* and antibiotic production therefrom. *J. antibiotics*, 35(11), 1 430-1 436.
- TOMITA K., UENOYAMA Y., NUMATA K.I., SASAHIRA T., HOSHINO Y., FUJISAWA K.I., TSUKIURA H. et KAWAGUCHI H., 1978.- *Streptoalloteichus*, a new genus of the family Actinoplanaceae. *J. Antibiotics*, 31(6), 497-510.
- TRESNER H.D., DAVIES M.C. et BACKUS E.J., 1961.- Electron microscopy of *Streptomyces* spore morphology and its role in species differentiation. *J. Bacteriol.*, 81(1), 70-80.
- TROJANOWSKI J., HAIDER K. et SUDMAN V., 1977.- Decomposition of ¹⁴C labeled lignin and phenols by a *Nocardia* sp. *Arch. Microbiol.*, 114, 149-153.
- TSYGANOV V.A., EFIMOVA T.P., ZHUKOVA R.A. et KONEV Y.E., 1970.- New forms of actinomycetes and taxonomic significance of some of their metabolites. In : *The Actinomycetales*. Prauser H. (Ed.), Veb G. Fisher Verlag, Jena, 329-335.
- TYRABI G. et ESTIENNE G., 1983.- L'avenir des *Streptomyces*. *Biofutur*, 33-37.
- UMBREIT W.W. et MCCOY E., 1941.- The occurrence of actinomycetes of the genus *Micromonospora* in inland lakes. Symposium on Hydrobiology, University of Wisconsin, 1940, 106-114.
- VENKATESWARLU B. et RAO A.V., 1981.- Distribution of microorganisms in stabilised and unstabilised sand dunes of the Indian desert. *J. Arid. Environ.*, 4(3), 203-207.
- WAGMAN G.H. et WEINSTEIN M.J., 1980.- Antibiotics from *Micromonospora*. *Ann. Rev. Microbiol.*, 34, 537-557.
- WAKSMAN S.A. et HENRICI A.T., 1943.- The nomenclature and classification of the actinomycetes. *J. Bacteriol.*, 46, 337-341.
- WATSON E.T. et WILLIAMS S.T., 1974.- Studies on the ecology of actinomycetes in soil. VII.- Actinomycetes in a coastal sand belt. *Soil Biol. Biochem.*, 6, 43-52.
- WIECZOREK J., KRZYWY T., BASMADJI K. et INGLOT O., 1977.- Actinomycetes of the genus *Streptomyces* in soil from Syria. *Arch. Immun. Therap. Exp.*, 25, 123-137.
- WILLIAMS S.T. et DAVIES F.L., 1965.- Use of antibiotics for selective isolation and enumeration of actinomycetes in soil. *J. Gen. Microbiol.*, 38, 251-261.
- WILLIAMS S.T., SHAMEEMULLAH M., WATSON E.T. et MAYFIELD C.I., 1972.- Studies on the ecology of actinomycetes in soil. VI.- The influence of moisture tension on growth and survival. *Soil Biol. Biochem.*, 4, 215-225.

- WILLIAMS S.T., 1978.- Streptomycetes in the soil ecosystem. In : *Nocardia and Streptomyces*. Mordarski M., Kurylowicz W. and Jeljaszewicz J. (Eds), G. Fisher Verlag, Stuttgart, 137-144.
- WILLIAMS S.T., GOOFELLOW M., ALDERSON G., WELLINGTON E.M.H., SNEATH P.H.A. et SACKIN M.J., 1983.- Numerical classifications of *Streptomyces* and related genera. *J. Gen. Microbiol.*, 129, 1 743-1 813.
- WINSLOW C.E.A, BROADHURST J., BUCHANAN R.E., KRUMWIEDE C., ROGERS L.A., et SMITH G.H., 1920.- The family and genera of the bacteria. Final report of the committee of the society of American bacteriologists on characterization and classification of bacterial types. *J. Bacteriol.*, 5, 191-229.
- WOLNIEWICZ-CZERWINSKA K., 1956.- Actinomycetes of the genus *Streptomyces* from the litter and soil of a beech wood. *Acta Soc. Bot. Pol.*, 25, 111-158.
- WONG P.T. et GRIFFIN D.M., 1974.- Effect of osmotic potential on streptomycete growth antibiotic production and antagonism to fungi. *Soil Biol. Biochem.*, 6, 319-325.
- XUNCHU Y. et YUNIU L., 1975.- Studies on the classification of thermophilic actinomycetes. I. Determination of thermophilic streptomycetes. *Acta Microbiol., Sin.*, 15(4), 282-291.
- XUNCHU Y. et YUXIN D., 1976.- Studies on the classification of *Micromonospora*. I.-Five new species of *Micromonospora*. *Acta Microbiol., Sin.*, 16(2), 110-115.
- YAMADA Y., YAMASHITA M., TAHARA Y. et KONDO K., 1977.- The menaquinone system in the classification of the genus *Actinomadura*. *J. Gen. Microbiol.*, 23, 331-335.
- YAMAGUCHI T., 1965.- Comparaison of the cell wall composition of morphologically distinct actinomycetes. *J. Bacteriol.*, 89, 444-453.
- YAMAGUCHI T., 1967.- Similarity in DNA of various morphologically distinct actinomycetes. *J. Gen. Appl. Microbiol.*, 13, 63-71.
- YUXIN D. et XUNCHU Y., 1982.- Studies on the classification of *Micromonospora*. II. Two new species of *Micromonospora*. *Acta Microbiol., Sin.*, 22(1), 8-12.

LISTE DES FIGURES

	pages
Figure 1 : Situation géographique des palmeraies étudiées	9
Figure 2 : Toposéquence (schématisée) passant par le milieu de la palmeraie de Béni-Abbès	13
Figure 3 : Palmeraie de Béni-Abbès : profils réalisés au niveau de la toposéquence	14
Figure 4 : Dispositif expérimental en bloc aléatoire complet	18
Figure 5 : Variations de la densité des actinomycètes mésophiles dans les horizons profonds de sol au niveau des différents profils de la palmeraie de Béni-Abbès	33
Figure 6 : Variations de la densité des bactéries mésophiles dans les horizons profonds de sol au niveau des différents profils de la palmeraie de Béni-Abbès	34
Figure 7 : Variations de la densité des champignons mésophiles dans les horizons profonds du sol au niveau des différents profils de la palmeraie de Béni-Abbès	35
Figure 8 : Variations de la densité des actinomycètes thermophiles dans les horizons profonds de sol au niveau des différents profils de la palmeraie de Béni-Abbès	39
Figure 9 : Variations de la densité des bactéries thermophiles dans les horizons profonds de sol au niveau des différents profils de la palmeraie de Béni-Abbès	40
Figure 10 : Variations de la densité des actinomycètes, des bactéries et des champignons mésophiles en fonction du temps, dans le sol amendé avec des fragments de paille d'orge ou de palmes de dattier, de la palmeraie de Béni-Abbès	47
Figure 11 : Variations de la densité des actinomycètes et des bactéries thermophiles en fonction du temps, dans le sol amendé avec des fragments de paille d'orge ou de palmes de dattier, de la palmeraie de Béni-Abbès	48
Figure 12 : Moyennes hebdomadaires des températures à 8 h, 12 h et 17 h, à 5 cm de profondeur dans le sol	49
Figure 13 : Micromorphologie des principaux genres d'actinomycètes	62 bis
Figure 14 : Types de sporulation chez les <i>Micromonospora</i>	608

ANNEXELISTE DES PLANCHES

- Planche I : Actinomycètes à paroi de type I C : *Streptomyces* de la série des "gris"
- Planche II : Actinomycètes à paroi de type I C : *Streptomyces* des séries des "rouges", des "bleus" et des "jaunes"
- Planche III : Actinomycètes à paroi de types I C et II D : genres *Streptovercillium*, *Elytrosporangium*, *Microellobosporia*, *Nocardioïdes* et *Micromonospora*
- Planche IV : Actinomycètes à paroi de types II D, III B et III C : genres *Catellatospora*, *Streptosporangium*, *Actinomadura* et *Nocardiopsis*
- Planche V : Actinomycètes à paroi de type IV A : genres *Nocardia*, *Micropolyspora*, *Saccharopolyspora* et *Saccharomonospora*
-

THE HISTORY OF THE

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

[Illegible text]

Figure 2: [Illegible text]

Figure 3: [Illegible text]

Figure 4: [Illegible text]

Figure 5: [Illegible text]

Figure 6: [Illegible text]

Figure 7: [Illegible text]

Figure 8: [Illegible text]

Figure 9: [Illegible text]

Figure 10: [Illegible text]

Figure 11: [Illegible text]

Figure 12: [Illegible text]

Figure 13: [Illegible text]

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

Department of Chemistry
Chicago, Illinois

Dear Sir:

I have the pleasure to inform you that your application for admission to the Ph.D. program in Chemistry has been accepted.

You will receive a letter from the Registrar regarding the details of your admission.

I am sure you will find the University of Chicago a most interesting and stimulating environment.

Very truly yours,
[Signature]

Enclosed are the names of the faculty members who will be supervising your work.

If you have any questions, please contact the Registrar's Office.

Yours sincerely,
[Signature]

Enclosed are the names of the faculty members who will be supervising your work.

If you have any questions, please contact the Registrar's Office.

Very truly yours,
[Signature]

Enclosed are the names of the faculty members who will be supervising your work.

If you have any questions, please contact the Registrar's Office.

Very truly yours,
[Signature]