

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I
Frères Mentouri Constantine I University
Université Frères Mentouri Constantine I

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

كلية علوم الطبيعة والحياة

Département de Microbiologie

قسم الميكروبيولوجيا

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie Moléculaire des Microorganismes

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

Effet de la jachère sur la biodiversité microbienne des sols

Présenté par : Hamideche Hocine
Laib Noudjoud Sabrina
Hammada chourouk

Le 20/06/2023

Jury d'évaluation :

Encadrant : Dr. Arabet Dallel (MCA - Université Frères Mentouri, Constantine 1).
Président : Dr. Benkahoul Malika (MCA- Université Frères Mentouri, Constantine 1).
Examineur : Mme. Zermane Feriel (MAA - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Année universitaire 2022 – 2023

Remerciements

Nous remercions tout d'abord le bon dieu qui nous a donné le courage et la patience pour terminer ce modeste travail.

*Nous exprimons nos remerciements et notre profonde gratitude à notre élégante encadrante **Dr. ARABET Dassel**, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour l'aide qu'elle nous a apportée, son entière disponibilité et sa patience, Nous sommes honorés d'avoir été encadrés par elle.*

*Nos vifs remerciements s'adressent aux membres de jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail **Dr. Benkahoul Malika** pour l'honneur qu'elle nous a fait d'avoir accepté de présider le jury d'examination, **Mme. ZERMANE Ferial** pour l'honneur qu'elle nous a accordé en examinant ce modeste travail.*

Nous exprimons également notre gratitude à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation universitaire.

Un grand merci à nos familles, à nos parents pour leur soutien, leurs encouragements et leur patience durant ces années d'études.

Enfin, merci à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

*Mon éternel exemple, ma force qui ne se brise jamais, la personne la plus digne de mon estime et de mon respect, à toi **mon père** que dieu te garde.*

*Ma chérie, mon cœur, mon âme, ma vie, ma belle sans laquelle je ne peux pas vivre, mon soutien, ma joie, mon ange, ma lumière rayonnante, mon adorable **mère** je t'aime à la folie.*

*À l'étreinte chaleureuse qui accueille tout un univers, celle qui rend la vie plus belle par sa présence, à celle dont le sourire orne mon cœur, ma deuxième mère, ma chère tante **Samira**.*

*À ceux qui ont été témoins des difficultés de mes études avec moi, qui m'ont aidé dans mon chemin, mon bras droit, mon soutien, mon cher frère **Abd el khalk**, mes belles princesses **Rayen, Abir, Aya et Ritadj**, je vous aime beaucoup.*

*À ma tante **Saliha** et mes chères cousins **Karim** et **Mohamed Louai**, pour l'amour, les encouragements et le soutien que vous m'avez donnés.*

*À ceux dont le visage me manque tous les jours, ma chère tante **Hadjira** et mon oncle **Mohamed** que Dieu leur fasse miséricorde.*

*À ma chère cousine **Rofaïda** et tous mes chères cousins et cousines, oncles et tantes de la famille **Hamideche** et **Mehemmedetsi**.*

*Aux amis intimes, partenaires du long chemin et de l'ambition lointaine, mes chers amis **Nidal** et **Karim**.*

*À mon amie **Kawther**, à mes amis et toute personne que j'ai rencontrée*

*À mes binômes **Noudjoud** et **Chourouk** que dieu les bénisse, je leurs souhaite plus de succès.*

Hocine

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail spécialement

*À mes très chers **parents**, sans votre affection, vos conseils, vos sacrifices, vos encouragements, vos prières et vos efforts que vous avez déployés durant toute ma vie, ce travail n'aurait jamais pu être réalisé. Je vous présente ma pleine gratitude et mon profond respect, j'espère que Dieu vous donne la longue vie et la bonne santé.*

*À ma sœur **Malak** et mon frère **Massoud** qui ont toujours été présents pour moi.*

*Ce travail est aussi dédié à mes très chères amies en particulier : **Oumaïma, Hawadî, Yasmine, Amîna, Asma**, à toute ma famille spécialement ma **grand-mère**, mes plus belles tantes et mes chères cousines **Fatîma** et **Lîna**, qui m'ont encouragée et soutenue dans mes moments les plus difficiles.*

*Enfin, à mes collègues dans ce travail **Hocîne** et **chourouk**.*

Noudjoud

Dédicaces

Je dédie le fruit de ce modeste travail comme geste de gratitude :

À moi-même, qui mérite le succès, l'éclat et la joie. Après des années de fatigue, d'anxiété, de stress et de longues nuits blanches, j'ai atteint mon objectif et réalisé mon rêve et celui de mes parents. Je demande à Dieu de m'aider à atteindre de plus grands succès,

À ma mère Houria, mon soutien dans la vie, qui a toujours lutté pour moi, et à mon cher père Yazid, qui a toujours travaillé dur et enduré les épreuves de la vie pour nous,

Ma chère sœur, ma belle Inès qui a toujours été avec moi, mon cher frère Aymen, ma chère cousine Asma, ma tante maternelle Hanene et son mari Ismaïl,

Mon cher grand-père Alaoua, que j'ai toujours considéré comme un deuxième père et à qui je suis tellement reconnaissante pour ses encouragements

À Aniss, Malek, Chaïma, Medjida, Imen, Ikram, Rayen, Aïcha mes collègues dans la clinique Boukarrou.

À toute ma famille chacun en son nom,

À Nouadjoud et Hocine, mes collègues dans ce mémoire,

Sans oublier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Chourouk

Table des matières

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Listes des tableaux

Introduction : 1

Chapitre 1

Généralités sur le sol et la jachère

1-le sol : 2

1.1 définition : 2

1.2. Les composants du sol : 2

1.2.1- Phase solide : 2

1.2.2- Phase liquide (solution du sol) : 3

1.2.3- Phase gazeuse : 3

1.3. Domaines du sol: 3

1.3.1 La détritosphère : 3

1.3.2 La drilosphère : 3

1.3.3 L'agrégatosphère 4

1.3.4 La porosphère 4

1.3.5 La rhizosphère 4

1.4. Horizons du sol : 5

1.4.1 L'horizon O (horizon organique) 5

1.4.2 L'horizon A (horizon organo-minéral) 5

1.4.3 L'horizon E (horizon minéral) 6

Table des matières

4.4- L'horizon B :.....	6
1.4.5 L'horizon C	6
1.5 Le sol agricole	6
1.5.1 Définition :	6
2-La jachère :	7
2.1 Définition:.....	7
2.2 Les types de la jachère :	7
2.2.1 La jachère travaillée.....	7
2.2.2 La jachère enherbée et pâturée	7
2.2.3 La jachère améliorée	8
2.2.3.1 La jachère améliorée arbustive	8
2.2.3.2 La jachère améliorée arborée	8
2.3 Les rôles de la jachère :	8
2.4 Les inconvénients et les avantages de la jachère :	9
2.4.1 Les inconvénients	9
2.4.1.1 L'érosion hydrique :.....	10
2.4.1.2 L'érosion éolienne	10
2.4.2 Les avantages de la jachère	10

Chapitre 2

Les communautés microbiennes du sol et les effets de la jachère sur la microflore bactérienne

La communauté microbienne du sol :.....	12
1.1 Introduction :.....	12
1.2 Les eucaryotes :.....	13

Table des matières

1.2.1 Les champignons	13
1.2.2 Les protozoaires.....	14
1.2.3 Les algues.....	15
1.3 Les procaryotes :	16
1.3.1 Les Archeaes	16
1.3.2 Les bactéries	16

Chapitre 3

Évaluation de la biomasse microbienne d'un sol en jachère (un cas au Sénégal)

1. Étude de la biomasse microbienne totale d'un sol en jachère au Sonkorong et au Saré Yorobana (Sénégal) (J. Fardoux et J. L. Chotte) :	19
2. Les bactéries diazotrophes (A. Schwartzman, L. Jocteur Monrozier et J. L. Chotte) :	22
Conclusion	25
Références bibliographiques	26

Résumé

La microflore du sol est connue pour sa capacité d'améliorer la fertilité et la structure du sol. La jachère est une méthode ancienne d'amélioration de la fertilité du sol. Cependant, à cause de l'agriculture moderne et pour des raisons économiques, elle a été largement abandonnée. L'objectif du présent travail est d'une part la mise en lumière de la communauté microbienne du sol, tout en comparant celle du sol cultivé et celle du sol en jachère, et d'autre part de démontrer l'effet de la jachère sur l'évolution de ces communautés. Les études réalisées au Sénégal montrent que la biomasse microbienne est plus élevée dans le sol en jachère comparée au sol sous culture même avec l'augmentation de l'humidité des sols, et qu'il y a un changement de composition et de diversité des espèces présentes dans ces sols, en particulier, la diversité spécifique d'*Azospirillum*.

Mots clés : Sol, Communauté microbienne, Jachère.

Abstract

Soil microflora is known for its ability to improve soil fertility and structure. Fallow is an ancient method of improving soil fertility. However, because of modern agriculture and for economic reasons, it has been largely abandoned. The objective of this work is on the one hand to highlight the microbial community of the soil, while comparing that of cultivated soil and that of fallow soil, and on the other hand to demonstrate the effect of fallow land on the evolution of these communities. Studies carried out in Senegal show that microbial biomass is higher in fallow soil compared to soil under cultivation even with increasing soil moisture, and that there is a change in the composition and diversity of species present in these soils, in particular, the specific diversity of *Azospirillum*.

Keywords: Soil, Microbial community, Fallow.

المخلص

تشتهر النباتات الدقيقة في التربة بقدرتها على تحسين خصوبة التربة وهيكلها. البور هي طريقة قديمة لتحسين خصوبة التربة. ومع ذلك ، بسبب الزراعة الحديثة ولأسباب اقتصادية ، تم التخلي عنها إلى حد كبير. الهدف من هذا العمل هو من ناحية تسليط الضوء على المجتمع الميكروبي للتربة ، مع مقارنة التربة المزروعة والتربة البور ، ومن ناحية أخرى لإظهار تأثير الأراضي البور على تطور هذه المجتمعات. تظهر الدراسات التي أجريت في السنغال أن الكتلة الحيوية الميكروبية أعلى في التربة البور مقارنة بالتربة المزروعة حتى مع زيادة رطوبة التربة ، وأن هناك تغييرا في تكوين وتنوع الأنواع الموجودة في هذه التربة ، ولا سيما التنوع المحدد *Azospirillum*

الكلمات المفتاحية : التربة ، المجتمع الميكروبي ، البور

Liste des abréviations

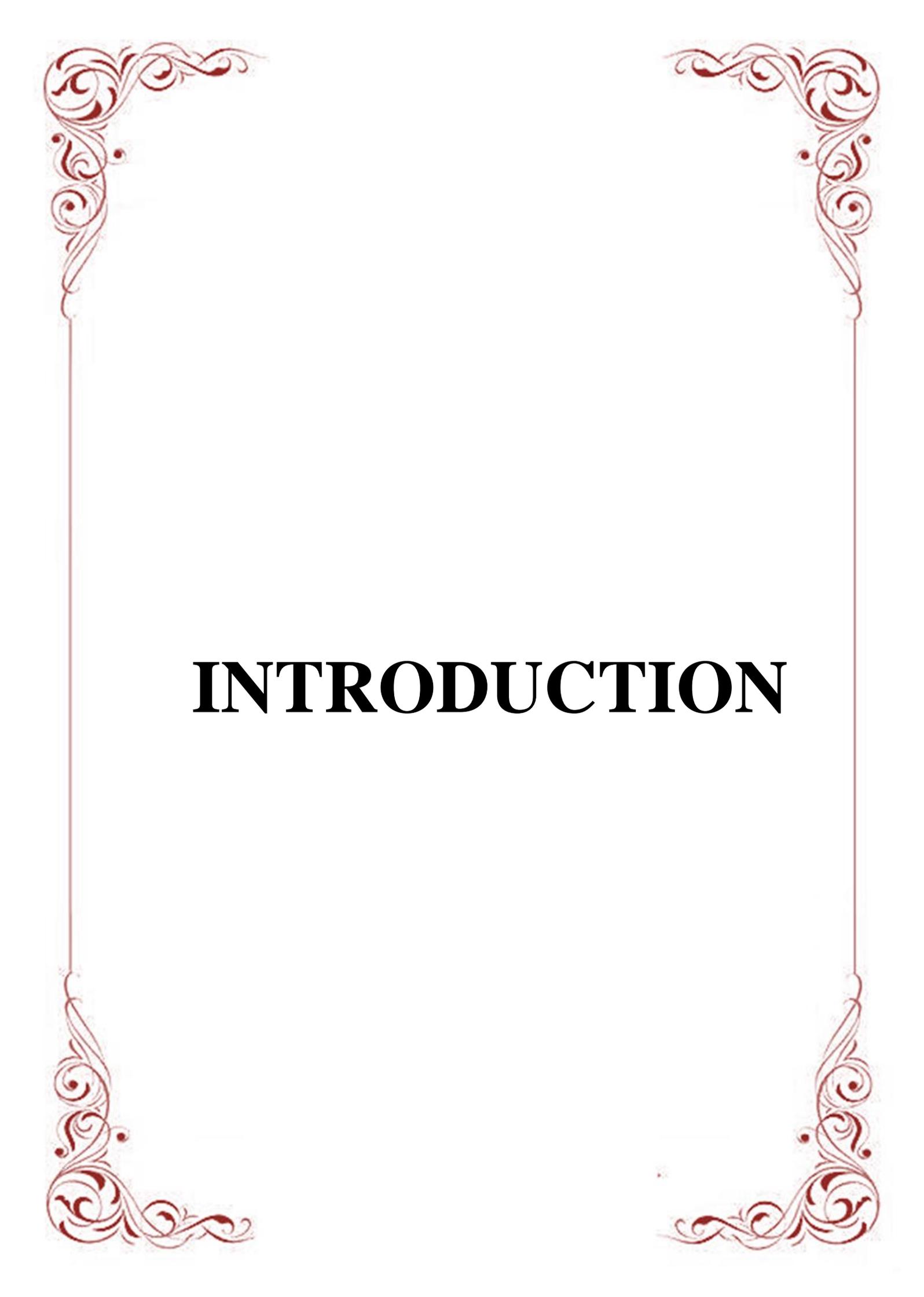
<i>PGPR</i>	<i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i>
FAO	<i>Food and Agriculture</i>
Sy	Saré yorobana
So	Sonkorong
J18	Jachère 18 ans
J19	Jachère 19 ans
PCR	<i>Polymerase Chaine Reaction</i>
ARA	Activité réductrice de l'azote
ARNr 16s	Acide Ribonulceique ribosomal 16 Svedberg

Liste des figures

Figure 01	Les quatres modes trophiques des champignons du sol	Page 14
Figure 02	Vue microscopique de certaines algues du sol	Page 15
Figure 03	Biomasse microbienne ($\mu\text{g Cg}^{-1}$ sol) dans les différentes situations selon le taux de saturation en H_2O exprimé en pourcentage de l'humidité.	Page 20

Listes des tableaux

Tableau 01	Composition de l'air du sol et de l'atmosphère extérieure	Page 04
Tableau 02	Abondance et Biomasse des organismes vivants du sol	Page 12
Tableau 03	Situations retenues pour l'étude de la biomasse microbienne totale	Page 19



INTRODUCTION

Introduction

Les sols constituent un écosystème complexe abritant une diversité remarquable de microorganismes. Ces microorganismes du sol sont essentiels à de nombreux processus écologiques importants, y compris la décomposition de la matière organique, la régulation des cycles biogéochimiques et la santé générale du sol.

Le sol agricole également appelé sol cultivé ou cultivable, est un type de sol spécifiquement utilisé pour la production agricole. L'agriculture intensive a eu un impact significatif sur les communautés microbiennes et la qualité du sol, l'utilisation excessive d'engrais et de pesticides entraîne une diminution de la fertilité des sols et une perte de biodiversité. La mise en place de pratiques agricoles durables est devenue une priorité pour les chercheurs et les agriculteurs afin de remédier à cette situation (**Maltas et Alexandra, 2011 ; Hedde, 2018**).

La jachère est une technique agricole qui permet à la biodiversité de se régénérer en laissant le sol au repos pendant une période donnée. Elle permet la récupération des nutriments épuisés, la restauration de la structure du sol et la régénération de la biodiversité. Cette méthode a été utilisée depuis des siècles, mais avec l'augmentation de la demande alimentaire, elle a été largement abandonnée. Cependant, dans le cadre de l'agriculture durable, la jachère est devenue une pratique de plus en plus populaire.

Il est donc important, pour mieux connaître le fonctionnement, la dynamique et la biodiversité des sols en jachère et en particulier leurs effets sur les microorganismes, d'étudier l'évolution de la communauté microbienne dans ces sols.

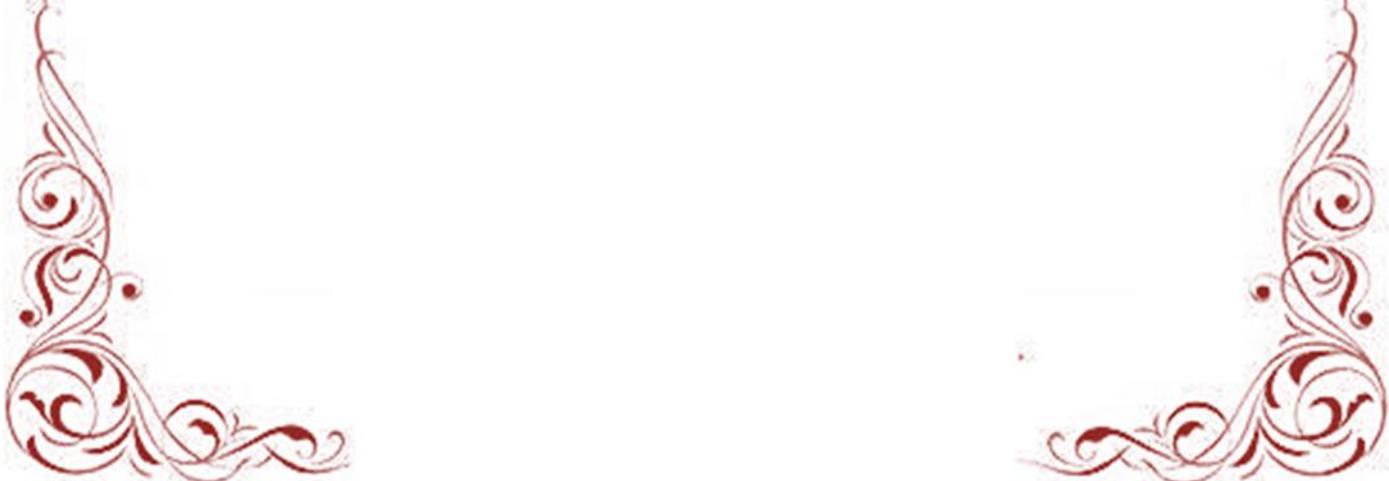
Pour mener à bien cette étude, ce travail est divisé en trois chapitres :

- **Le premier chapitre** présente des généralités sur les caractéristiques générales du sol, le sol agricole et en jachère.
- **Le deuxième chapitre** présente les groupes majeurs de microorganismes rencontrés dans les sols, en particulier, la différence entre la communauté bactérienne dans un sol cultivé et en jachère, et l'effet de la jachère sur elle.
- **Le troisième chapitre** présente l'étude expérimentale de travaux antérieurs : les résultats obtenus, les interprétations et des discussions éventuelle.



CHAPITRE 1 :

Généralités sur le sol et la jachère



1-le sol :

1.1 définition :

Le sol est défini comme étant la couche supérieure de la croûte terrestre (Ciarlo, 2017). Il est constitué de l'association d'éléments minéraux provenant de la roche mère et de la matière organique de la surface (humus) (Arabet, 2014).

C'est un milieu hétérogène en raison d'une combinaison de facteurs biotiques (prédation, compétition...etc) et abiotiques (température, pH, disponibilité des substrats...etc) (Monard, 2008).

L'écosystème sol est véritablement le support de la vie d'une très grande variété d'organismes vivants en interactions continues (plantes, vers, nématodes, acariens, protozoaires, algues, champignons, eubactéries, archaea...etc) (Scow, 2004).

1.2. Les composants du sol :

Le sol est conçu comme un système de trois phases avec un nombre indéfini de composants. Cependant, certains de ces constituants se retrouvent dans tous les sols, les principales phases du sol sont : la phase solide, la phase liquide et la phase gazeuse (Adjanohoun et al., 2017).

1.2.1- Phase solide :

Elle est constituée par des minéraux et des matières organiques en proportions variables. On pourrait considérer les organismes vivants du sol comme une partie de la phase solide, puisqu'ils ne sont ni gazeux ni liquide (Calvet, 2000). Et on distingue :

- **Composants minéraux** : Les composants minéraux résultent de l'altération de la roche mère et d'apports exogènes résultant de l'érosion. Les minéraux constituent, en général, de 95 à 99% du sol. La texture du sol dépend de la nature des minéraux (silicates, les oxydes, les carbonates) qui le composent et qui peuvent être extrêmement de taille granulométrique différente (sable, limon, argile granulométrique) (Quénéa, 2004).

- **Matière organique** : La matière organique est l'ensemble des composés organiques qui sont issus de résidus d'organismes à différents stades de décomposition, synthétisés par les

organismes vivants ou qui sont des produits de dégradation (**Quénéa, 2004**). La quantité et la nature des matières organiques présentes dans le sol déterminent pour une large part, les caractéristiques de celui-ci et conditionnent sa fertilité (**Roger et Garcia, 2001**).

1.2.2- Phase liquide (solution du sol) :

Ensemble constitué de l'eau enrichie en ions et en molécules minérales et organiques. Sa composition dépend essentiellement du milieu avec lequel elle est en contact, mais aussi des eaux de pluie et de l'eau de surface. À une autre échelle, la solution du sol régule les échanges nutritifs de tous les organismes unicellulaires, comme les bactéries ou les protistes (**Gobet et al., 2010 ; Calvet, 2003**).

1.2.3- Phase gazeuse :

La phase gazeuse du sol est souvent appelée l'atmosphère du sol. Sa composition est souvent voisine de celle de l'air (la qualité de l'air dans des microsites précis est essentielle à l'activité microbienne), mais elle peut être très variable dans l'espace et dans le temps. Elle dépend principalement de deux facteurs, la proximité de l'atmosphère (la profondeur) dans le sol et l'activité biologique. Sa quantité dépend ainsi d'une combinaison entre la texture, la structure et la teneur en eau, mais elle est aussi en échange avec l'atmosphère extérieure, dans des concentrations relatives différentes en gaz libres (Tableau 1) (**Gobet et al., 2010**).

1.3. Domaines du sol :

Selon **Monard (2008)**, le sol peut être divisé en cinq domaines fonctionnels :

1.3.1 La détritosphère : c'est une zone très mince qui comprend la litière et le sol adjacent influencé par la litière. Microbiologiquement très active, cette partie du sol interagit spécifiquement avec deux populations de décomposeurs (bactéries et champignons) (**Ingwersen et al., 2007**).

1.3.2 La drilosphère : C'est la partie du sol influencée par une activité lombricienne (vers de terre). Ces derniers vont ainsi agir directement ou indirectement sur les bactéries du sol (**Monard, 2008**).

Tableau 1 : Composition de l'air du sol et de l'atmosphère extérieure selon Gobet et al., 2010.

Constituants	Air du sol (%)	Atmosphère extérieure (%)
Oxygène	18 à 20,5 en sol bien aéré 10 après une pluie 2 en structure compacte 0 dans des horizons réduits	21
Azote	78,5 à 80	78
Gaz carbonique	0,2 à 80 5 à 10 dans la rhizosphère	0,03
Vapeur d'eau	Généralement saturé	Variables
Gaz divers	Traces de H ₂ , H ₂ O, Ar En anoxie : NH ₃ , H ₂ S, CH ₄	1 (surtout Ar, autre en traces)

1.3.3 L'agrégatosphère : C'est la partie du sol formée d'agrégats, qui sont des groupes de particules de sol liés ensemble formant une unité plus forte que les particules environnantes (**Brown et al., 2000**). Cette partie est très importante pour les cycles de carbone et d'azote. L'agrégatosphère est considérée comme l'habitat principal des microorganismes du sol (90% de la biomasse totale du sol). Ils peuvent vivre soit à l'intérieur des micro-agrégats (où ils pourraient se maintenir plus longtemps dans le sol en étant protégés) soit à leur surface (**Monard, 2008**).

1.3.4 La porosphère : arrangement entre le vide et la matière du sol. Les pores formés sont remplis d'air et/ou d'eau, ou créent des habitats pour certains organismes vivants comme les protozoaires (**Lavelle et Spain, 2001 ; Beare et al., 1995**).

1.3.5 La rhizosphère : La zone d'influence directe des racines dans le sol qui occupent en général de 1 à 5% du volume du sol superficiel selon la végétation présente en surface (**Killham, 1994**). Cette zone constitue l'abri de nombreux organismes vivants du sol, car elle

fournit de l'énergie et des nutriments aussi bien sous forme de matière organique décomposée ou de sécrétions organiques. Les racines sont l'endroit idéal pour la formation de différentes symbioses comme celles observées chez les champignons mycorrhiziens, la symbiose entre les plantes légumineuses et les bactéries du genre *Rhizobium* (impliquées dans le cycle de l'azote) ou encore les PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) impliquées dans la phytoprotection (**Berendsen et al., 2012 ; Badri et al., 2009**).

1.4. Horizons du sol :

Les pédologues divisent généralement le profil du sol en couches appelées horizons. Un horizon est défini dans la taxonomie des sols comme « une couche, approximativement parallèle à la surface du sol qui se distingue des couches adjacentes par un ensemble de propriétés produites par les processus de formation du sol » (**Hartemink, 2020**).

1.4.1 L'horizon O (horizon organique) :

C'est une couche d'une couleur foncée, dominée par des matériaux organiques du sol, constitués de « litière » comprenant des feuilles, des aiguilles, des brindilles, de la mousse ou des lichens et de l'humus (**Hartemink, 2020**). La fraction minérale ne constitue qu'un petit pourcentage du volume du matériau (généralement beaucoup moins de la moitié que poids) (**Hartemink, 2020**).

L'horizon O se divise en trois couches superposées (**Baize et Girard, 2008**) :

- **OL** ou litière (composée de débris végétaux non décomposés)
- **OF** ou couche de fermentation (les débris végétaux sont partiellement décomposés)
- **OH** ou couche d'humification, les végétaux sont transformés en humus.

1.4.2 L'horizon A (horizon organo-minéral) :

C'est l'horizon minéral formé à la surface du sol, ou sous un horizon O. De couleur foncée, il est constitué d'une accumulation de matière organique humifiée (débris des végétaux et

d'animaux décomposés) mélangé à la fraction minérale (**Hartemink, 2020 ; Baize et Girard, 2008**).

1.4.3 L'horizon E (horizon minéral) :

Il est sous l'horizon A, essentiellement minéral, de couleur claire (**Baize et Girard, 2008**). Caractérisé principalement par la perte éluviale d'argile silicatée, de fer, d'aluminium ou de certaines combinaisons de ceux-ci (**Hartemink, 2020**).

4.4- L'horizon B :

Appelé aussi « illuvial » situés sous les horizons E (**Baize et Girard, 2008**). Comprend la concentration illuviale d'argile silicatée, de fer, d'aluminium, d'humus, sesquioxydes, de carbonates, d'anhydrite, de gypse, et de sels plus solubles que le gypse, ou la silice, seuls ou en combinaison (**Hartemink, 2020**).

1.4.5 L'horizon C :

C'est un horizon minéral, à l'exclusion du substrat rocheux fortement cimenté et dur (**Hartemink, 2020**).

1.5 Le sol agricole

1.5.1 Définition :

Selon *Food and Agriculture organisation* (FAO), les sols agricoles désignent les terres qui peuvent être labourées et cultivées. Ils comprennent les grandes cultures, les cultures maraichères, les prairies artificielles et les terrains en jachère. Ils sont la résultante d'une combinaison de deux fractions physiques (roches et matière organique (MO)) grâce à l'activité microbienne et lombricienne (**Carnvalet, 2021**).

L'existence des sols agricoles dépend étroitement de la présence des microorganismes décomposeurs, qui libèrent les minéraux contenus dans la matière organique, et qui permettent la liaison des argiles et des humus grâce à leurs multiples réactions chimiques. En outre, ils influencent la structure et la résistance des agglomérats formés par des sécrétions (protéines lipidiques et hydrophobes) (**Carnvalet, 2021**).

Qui dit agriculture intensive, dit pesticide, l'utilisation massive des pesticides tue la biodiversité et la vie des sols (diminution de la fertilité des sols). Cet abaissement est considéré comme l'une des contraintes majeures limitant la productivité de l'agriculture **(Bacyé et al., 2019)**.

Une alternative très antique permet de garder des zones refuges, vierges de tout produit chimique, il s'agit de la jachère.

2-La jachère :

2.1 Définition :

La jachère était avant tout un moyen d'adaptation technique aux contraintes du milieu écologique dans des contextes socio-économiques donnés **(Sebillotte et al., 1992)**. Elle désignait une préparation du sol par des labours excessifs. Aujourd'hui ce terme désigne une parcelle agricole laissée temporairement au repos, elle est non cultivée pendant une saison ou plus afin que le sol se régénère **(Erroux, 2003)**.

La jachère est donc l'état de la terre d'une parcelle entre la récolte d'une culture et le moment de la mise en place de la culture suivante **(Sebillotte et al., 1992)**.

2.2 Les types de la jachère :

Il existe généralement trois types de jachère selon la méthode utilisée dans la mise en jachère :

2.2.1 La jachère travaillée :

Cette technique consiste à garder le sol le plus dénudé possible (sans végétation), habituellement pendant au moins un an. Elle favorise la minéralisation de l'azote organique **(Sebillotte, 1985)**.

2.2.2 La jachère enherbée et pâturée :

L'objectif de cette mise en jachère, généralement réalisée après une céréale, est d'alimenter un troupeau qui pâture les chaumes ainsi que de la repousse des mauvaises herbes et des

céréales (**Sebillotte, 1985**). Cette méthode permet, non seulement le repos et la reconstitution des éléments du sol, mais aussi son enrichissement en MO grâce au passage des pâtures.

2.2.3 La jachère améliorée :

Le principe de la jachère améliorée consiste à la plantation des espèces d'arbres ou d'arbustes améliorants, qui sont généralement des légumineuses à croissance rapide en combinaison avec des cultures vivrières. Il existe deux types de jachère améliorée :

2.2.3.1 La jachère améliorée arbustive : ce type de jachère consiste à l'introduction d'une ou plusieurs espèces d'arbustes dont la croissance est rapide. Ils fixent de l'azote atmosphérique dans le sol afin de fournir les éléments de fertilisation qui accélèrent le rétablissement de la fertilité du sol et diminuent ainsi le temps de jachère. Ce type de jachère est pratiqué dans le but d'améliorer la production agricole annuelle (**Degrande, 2001**).

2.2.3.2 La jachère améliorée arborée : ce genre de jachère implique l'introduction des arbres fixateurs d'azote ou non. Il permet d'accélérer le rétablissement de la fertilité des sols, de lutter contre l'érosion, et d'obtenir différents produits. On distingue deux types de jachère améliorée arborée :

- **Les cultures en couloir :** dans lesquelles les cultures vivrières sont pratiquées entre les lignes d'arbres. Les arbres sont plantés à écartement de 0,25 m sur les lignes, et de 4 m au moins entre les lignes. Ces arbres sont régulièrement coupés et les feuilles enfouies dans le sol servent à fertiliser le champ.

- **Les cultures intercalaire :** dans lesquelles les arbres fixateurs d'azote ou non sont plantés à écartement de 1 m x 1 m ou plus en association avec les cultures vivrières. Lorsque les feuilles de ces arbres tombent, les cultures peuvent être interrompues afin d'accélérer le rétablissement de la fertilité (**Degrande, 2001**).

2.3 Les rôles de la jachère :

Comme déjà expliqué, La jachère se définit aujourd'hui par l'état d'une terre temporairement sans culture.

Cette pratique permet au sol de se reposer et de se régénérer, ce qui est essentiel pour maintenir la fertilité du sol à long terme. La jachère a donc un rôle important dans la préservation de la qualité du sol, de l'environnement et de la biodiversité.

Dans cette optique, examinons de plus près le rôle du sol en jachère :

- La jachère accompagnée de travaux de sol est une méthode ancienne, originale et bénéfique à l'agriculture.

- Sur le plan agronomique, la jachère est certainement la solution de nombreux problèmes, car elle limite l'appauvrissement en eau et en azote nitrique. Elle accroît l'humidité du sol pour la culture suivante et agit sur les cycles des éléments minéraux

- Pour les jachères nues, favorisée par le travail du sol, la minéralisation des matières organiques permet en général, une accumulation d'azote minéral dans le sol pour la culture suivante.

- Le rôle de la jachère se concrétise également dans la lutte contre les adventices. À titre d'exemple, dans les années 20 et en l'absence d'herbicides chimiques, il a fallu introduire une année de jachère tous les 5 ans dans les champs de la station expérimentale de Rothamsted (Royaume Uni) pour maintenir à un niveau acceptable la flore adventice dans les parcelles de blé continu (**Sebillotte, 1991**).

2.4 Les inconvénients et les avantages de la jachère :

2.4.1 Les inconvénients :

Le premier désavantage est son coût. Qu'elle soit laissée nue ou qu'elle soit recouverte d'une végétation spontanée ou implantée, elle requiert des interventions, telles que de multiples travaux de sol, semis, traitements, broyage de la végétation...etc (**Gilibert, 2015**).

L'érosion hydrique et éolienne est parmi les principales contraintes de la jachère :

2.4.1.1 L'érosion hydrique :

Des pluies très intenses sur un terrain en pente non surveillé (en jachère) provoquent une érosion hydrique avec des dommages importants (**Klaiji, 1994**) :

- La destruction ou désintégration importante d'agrégats reforme de plus petites particules, ces dernières peuvent être déplacées par l'eau qui coule sur la surface et provoquer donc une dégradation de la structure.
- Elle peut également être responsable de la diminution de la fertilité du sol à cause du déplacement de la couche superficielle qui contient les éléments nutritifs, la matière organique, et les microorganismes du sol.
- La formation d'une couche de sol imperméable par les gisements sédimentaires dans les vallées pourrait diminuer l'aération du sol et favoriser des phénomènes néfastes tels que l'eutrophisation.

2.4.1.2 Érosion éolienne :

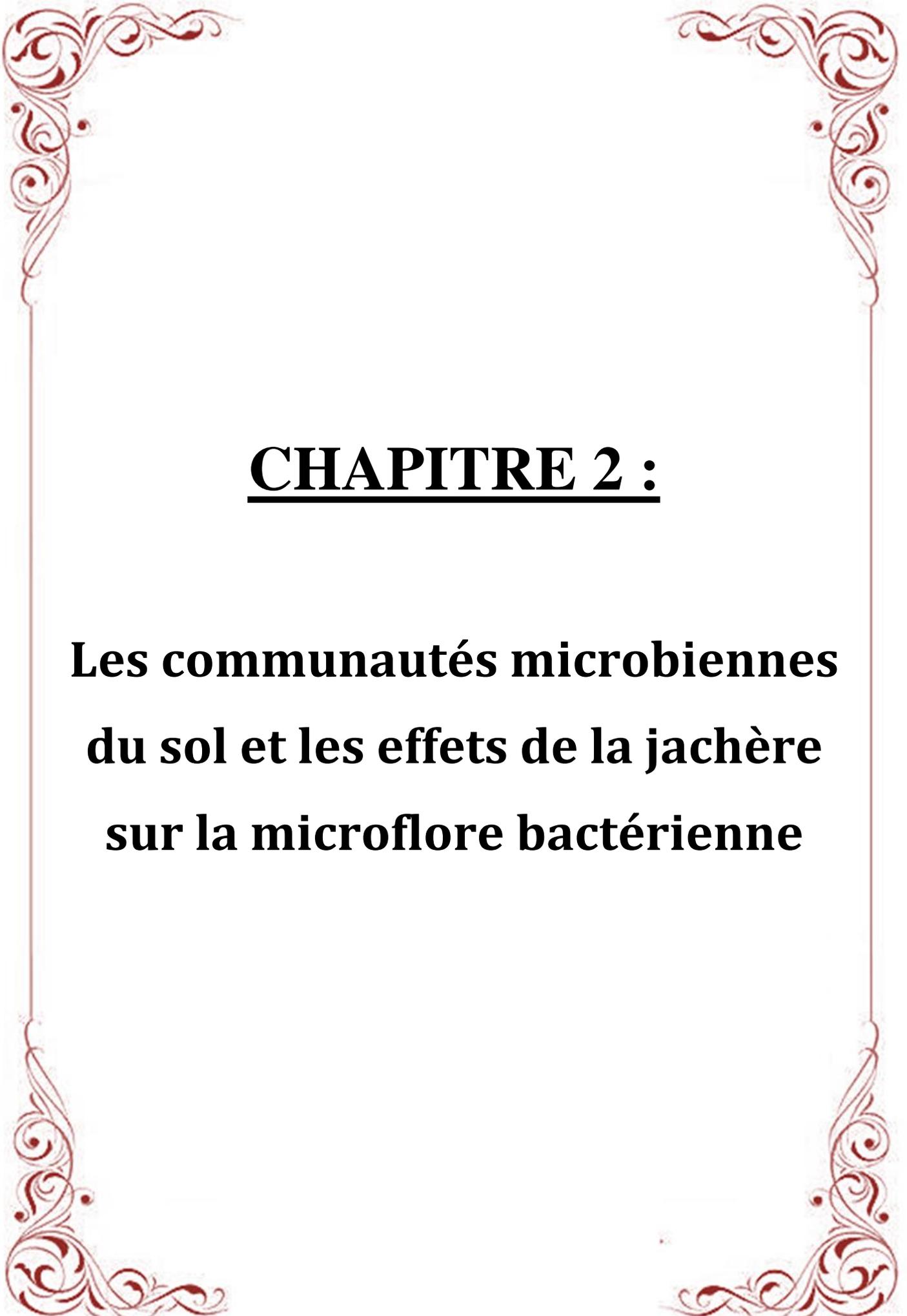
Dans ce cas, une force de vent qui soufflent sur une surface de sol sèche (structure sableuse ou sablo-limoneuse) comme c'est le cas pour l'érosion hydrique, provoque l'érosion de la couche nutritionnelle, ce qui provoque une diminution de la fertilité du sol (**Fryrear et Skidmore, 1985**).

2.4.2 Les avantages de la jachère :

- Reconstitution de la richesse originelle du sol
- Amélioration de la fertilité du sol
- Interruption des cycles parasitaires.
- Amélioration de la biodiversité microbienne d'une exploitation et celle de la qualité des parcelles.
- Amélioration de la productivité des cultures

- Amélioration de la protection de l'environnement

Une longue durée de mise en jachère des sols renforce les connexions entre les microorganismes qui y sont présents dans le sol.



CHAPITRE 2 :

**Les communautés microbiennes
du sol et les effets de la jachère
sur la microflore bactérienne**

1. La communauté microbienne du sol :

1.1 Introduction :

Le sol, une véritable jungle écologique, est un système énergétique vivant où toutes les interactions possibles entre espèces ou populations, et à tous les niveaux trophiques, sont représentées (symbiose, parasitisme, compétition.... etc) (Arpin et al., 2011). Il est sans aucun doute, le milieu le plus peuplé en microorganismes (Jacoby et al, 2017). Ainsi, le sol est considéré comme un véritable carrefour de diverses fonctions qui joue un rôle essentiel dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres (Zinger, 2009 ; Gobat et al., 2003).

La microflore tellurique joue un rôle essentiel dans le fonctionnement biologique des sols, car les microorganismes présentent une richesse et des ressources biologiques et biochimiques inouïes, et ils participent aux cycles biogéochimiques du carbone, de l'azote, du phosphore et du soufre... etc (Jean et Dominique, 2016).

La microflore du sol assure la dégradation complète de la matière organique et la formation de l'humus. Elle est complexe et variée, comprend les bactéries, les champignons, les algues et les protozoaires. Chacun de ces groupes a des fonctions caractéristiques dans le sol, tous participent d'une manière ou d'une autre à la formation et à l'évolution du sol. Leur nombre et biomasse dans le sol dépassent souvent l'imagination (tableau 2) (Mendes, 2013 ; Gobat et al, 2010).

Tableau 2 : abondance et Biomasse des organismes vivant du sol selon Gobat et al, 2010.

Organismes	Nombre approximatif		Biomasse moyenne	
	Par gramme de sol sec	Par m ²	En kg/ha Prof. 20 cm	En % (sans les racines)
Bactéries	10 ⁸ - 10 ¹⁰	10 ¹³ - 10 ¹⁵	1500	25
Champignons	n.d	n.d	3500	59
Algues	1000 - 10 ⁵	10 ⁸ - 10 ⁹	10 - 1000	Traces
Protozoaires	10 ⁴ - 10 ⁶	10 ⁹ - 10 ¹¹	250	4

Chapitre 2 : les communautés microbiennes du sol et les effets de la jachère sur la microflore bactérienne

Tous les types de microorganismes existent dans les sols. Ce sont soit des eucaryotes (champignons, algues et protozoaires), soit des procaryotes (bactéries et archeaes).

1.2 Les eucaryotes :

1.2.1 Les champignons :

Ce sont des microorganismes aérobies, non photosynthétiques (**Elaine, 2022**), qui peuvent être filamenteux (moisissures) ou unicellulaires (levures) (**Adjanooun et al., 2017**).

Ceux sont des organismes qui se présentent sous forme d'un écheveau complexe de filaments élémentaires (hyphes) dont l'agglomération forme le mycélium visible à l'œil nu (**Gilles et al., 2015**).

Les estimations de la biomasse fongique dans les horizons organiques de surface des sols exondés sont de 30 à 60 mètres d'hyphes par gramme de sol, et au moins une tonne par hectare en ce qui concerne les levures (**Roger et Garcia, 2001**).

Ils remplissent des fonctions importantes dans le sol (**Abigail, 2005**) :

- Décomposer la matière organique ligneuse.
- Augmenter l'absorption des nutriments (aider les plantes dans l'absorption du phosphore, l'azote et l'absorption d'eau).
- Améliorer la résilience des plantes (diminuer la sensibilité des plantes aux ravageurs, aux maladies et à la sécheresse)
- Améliorer la structure du sol.

Les champignons du sol peuvent être regroupés en trois groupes fonctionnels généraux (**Abigail, 2005**) :

• Les décomposeurs :

Utilisent l'azote du sol pour convertir les nutriments dans les résidus à des formes plus accessibles aux autres organismes.

• Les mutualistes ou les champignons mycorhiziens :

La plupart des arbres et les cultures agricoles dépendent ou bénéficient substantiellement des mycorhizes (une association symbiotique entre les champignons et les racines des plantes), le nombre de champignons mycorhiziens dans le sol diminuera dans les champs en jachère ou dans ceux plantés de cultures qui ne forment pas de mycorhizes (**Elaine, 2022**). D'autre part, les champignons de ce type sont bien connus pour leur rôle pour aider les plantes à absorber le phosphore.

• **Les pathogènes ou les parasites** : Ce sont généralement le groupe de champignons dominant dans le sol. Les champignons à caractère pathogène pénètrent la plante et décomposent le tissu vivant, provoquant un affaiblissement de la plante, une déficience en nutriments, ou la mort.

Les champignons peuvent également être classés selon leur mode d'alimentation dans le sol : saprophyte, mycorhizien, endophyte et pathogène (**Vincent et al., 2023**).

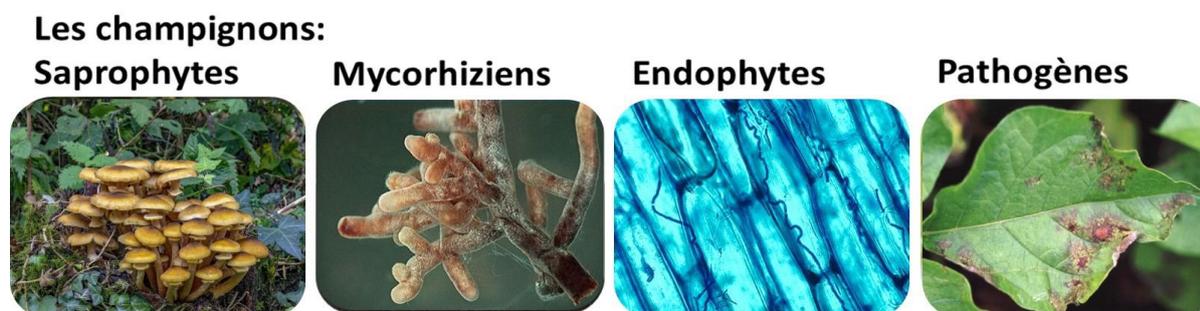


Figure 01 : Les quatre modes trophiques des champignons du sol (**Vincent et al., 2023**)

1.2.2 Les protozoaires :

Ce sont des protistes eucaryotes unicellulaires, photosynthétiques ou non, mobiles ou immobiles, libres ou parasites. On peut distinguer plusieurs types de protozoaires du sol : les rhizopodes, les flagellés, les ciliés, ... etc.

La distribution des Protozoaires dans le sol est généralement corrélée avec celle des bactéries qui constituent la base de leur alimentation. Ils sont généralement plus abondants dans

Chapitre 2 : les communautés microbiennes du sol et les effets de la jachère sur la microflore bactérienne

l'horizon des surfaces où ils trouvent une nourriture bactérienne plus abondante et une meilleure aération.

Les protozoaires jouent un rôle certain dans l'équilibre biologique des sols puisqu'ils consomment de très grandes quantités de bactéries, ils jouent aussi un rôle essentiel dans la minéralisation des nutriments, ce qui les rend utilisables par les plantes et autres organismes **(Roger et Garcia, 2001)**.

1.2.3 Les algues :

Les algues sont les plus simples des eucaryotes chlorophylliens, depuis les organismes unicellulaires microscopiques, cet ensemble regroupe des formes extrêmement variées de tailles diverses. Elles sont souvent abondantes dans le sol, mais restent localisées à sa surface ou dans de larges fissures.

Leur classification est fondée sur la composition des pigments et la paroi cellulaire. Trois groupes taxonomiques eucaryotes sont représentés : les algues vertes (Chlorophycées), les jaunes-vertes (Xanthophycées) et les diatomées (Bacillariophycées).

Les algues sont des producteurs primaires. Dans les milieux fertiles, leur contribution est faible, par contre dans les milieux extrêmes (pluviométrie réduite, températures élevées ou très basses, milieux hypersalés ...) elles ont un rôle important dans l'amélioration de la structure des sols exondés dont elles augmentent l'agrégation.

Elles protègent également les environnements arides ou désertiques contre l'érosion en formant des croûtes à la surface du sol **(Gobat, 2010 ; Roger et Gracia, 2001)**.



Figure 2 : Vue microscopique de certaines algues du sol **(vincent, 2023)**.

1.3 Les procaryotes :

1.3.1 Les archaea :

Sont des microorganismes unicellulaires, très divers dans leurs morphologies et dans leur physiologie. Elles se multiplient par fission binaire, bourgeonnement, fragmentation, ou d'autres mécanismes. Les Archaea peuvent être aérobies, facultativement anaérobies, ou strictement anaérobies, de mode trophique variant de chimiolithoautotrophes à organotrophes.

Les archaea jouent un rôle important dans le sol en tant que décomposeurs de matière organique et contribuent à la fixation de l'azote atmosphérique dans le sol, ce qui peut améliorer la croissance des plantes et la qualité du sol (**Guillaume Borrel, 2020**).

1.3.2 Les bactéries :

Les bactéries sont, après les champignons, les microorganismes du sol les plus nombreux et les plus divers. Elles présentent une grande variété de formes et de tailles (majoritairement inférieures à 2 μm). On estime qu'un gramme de sol renferme environ un milliard de bactéries et entre 2000 et 10000 espèces bactériennes selon leur état de santé.

Les bactéries jouent un rôle clé notamment dans le recyclage des nutriments, le développement (par la formation de symbiose), ou encore la structuration du sol. Elles contribuent également à la régulation des maladies, et à la dépollution des sols contaminés (**Vincent, 2023**).

Les bactéries présentes dans le sol cultivé et en jachère peuvent différer en termes de composition et de diversité. Certains types de cultures peuvent stimuler la croissance de certaines espèces bactériennes, alors que d'autres peuvent en empêcher la croissance d'autres. La composition des bactéries dans un sol cultivé peut être influencée par le type de culture utilisé. Cependant, la composition bactérienne peut être plus diversifiée et moins spécifique dans une culture particulièrement dans les terres en jachère.

D'autre part, l'absence de perturbations régulières telles que l'utilisation des produits chimiques, rend la diversité bactérienne des sols en jachère plus élevée que celle des sols cultivés.

Chapitre 2 : les communautés microbiennes du sol et les effets de la jachère sur la microflore bactérienne

D'une manière générale les principaux genres bactériens rencontrés dans un sol cultivé sont :

- ***Bacillus*** : ce sont des bactéries sporulantes non photosynthétiques, très hétérogènes, comprennent des espèces anaérobies facultatives ou aérobies (**Roger et Garcia, 2001**).

Ils sont abondants dans le sol et connus pour leur capacité à produire diverses enzymes et métabolites qui peuvent jouer un rôle important dans les cycles biogéochimiques, la dégradation de la matière organique, la suppression des pathogènes des plantes et la promotion de la croissance des plantes (**Palaniyandi et al., 2013 ; Chen et al., 2009**).

- ***Streptomyces*** : ce sont des bactéries filamenteuses à Gram positif. Elles jouent un rôle important dans les processus du sol, notamment dans le cycle des nutriments convertissant la cellulose et l'hémicellulose, dans la bioremédiation et dans la production d'importants métabolites d'antibiotiques. Elles jouent aussi un rôle important dans l'élimination des phytopathologies et la décomposition de la matière organique (**Gonzalo, 2019 ; Watve et al., 2001**).

- ***Pseudomonas*** : Ce sont des bactéries à Gram négatif, saprophytes, non sporulantes, bacilles aérobies obligatoire mesurant jusqu'à 0,5 à 0,8 μm , mésophile et chimioorganotrophe.

Ce genre de bactérie est très répandu dans le sol et certaines espèces sont connues pour leur rôle dans la stimulation de la croissance des plantes et la dégradation des contaminants (**Herleen, 2018 ; Haas, 2005**).

Les genres bactériens les plus courants dans un sol en jachère sont :

- ***Rhizobium*** : Bactéries non photosynthétiques, hétérotrophes Gram négatif, peuvent utiliser une grande variété de composés organiques comme source de carbone et d'énergie. Il s'agit d'un genre de bactéries fixatrices d'azote qui établissent une symbiose avec les légumineuses, favorisant ainsi la fixation biologique de l'azote atmosphérique dans le sol (**Sessitsch et al., 2004 ; Roger et Garcia, 2001**).

- ***Nitrobacter, Nitrosomonas*** : Ces deux groupes de bactéries nitrifiantes sont pour la plupart des chimolithotrophes aérobies obligatoire à l'exception des espèces du genre *Nitrobacter* qui

Chapitre 2 : les communautés microbiennes du sol et les effets de la jachère sur la microflore bactérienne

sont capables de croître en chimioorganotrophie. Ils sont répons dans les sols et présentes en grand nombre dans les habitats qui contiennent des quantités importantes d'ammonium.

Ils jouent un rôle important dans le cycle d'azote (capable d'oxyder les composés soufrés ou azotés) donc sont capables de réaliser l'oxydation complète de l'ammonium en nitrate, qui est un élément nutritif important pour les plantes et sont également utilisés par d'autres organismes du sol, d'où leur abondance dans les sols en jachère (**Roger et Garcia, 2001**).

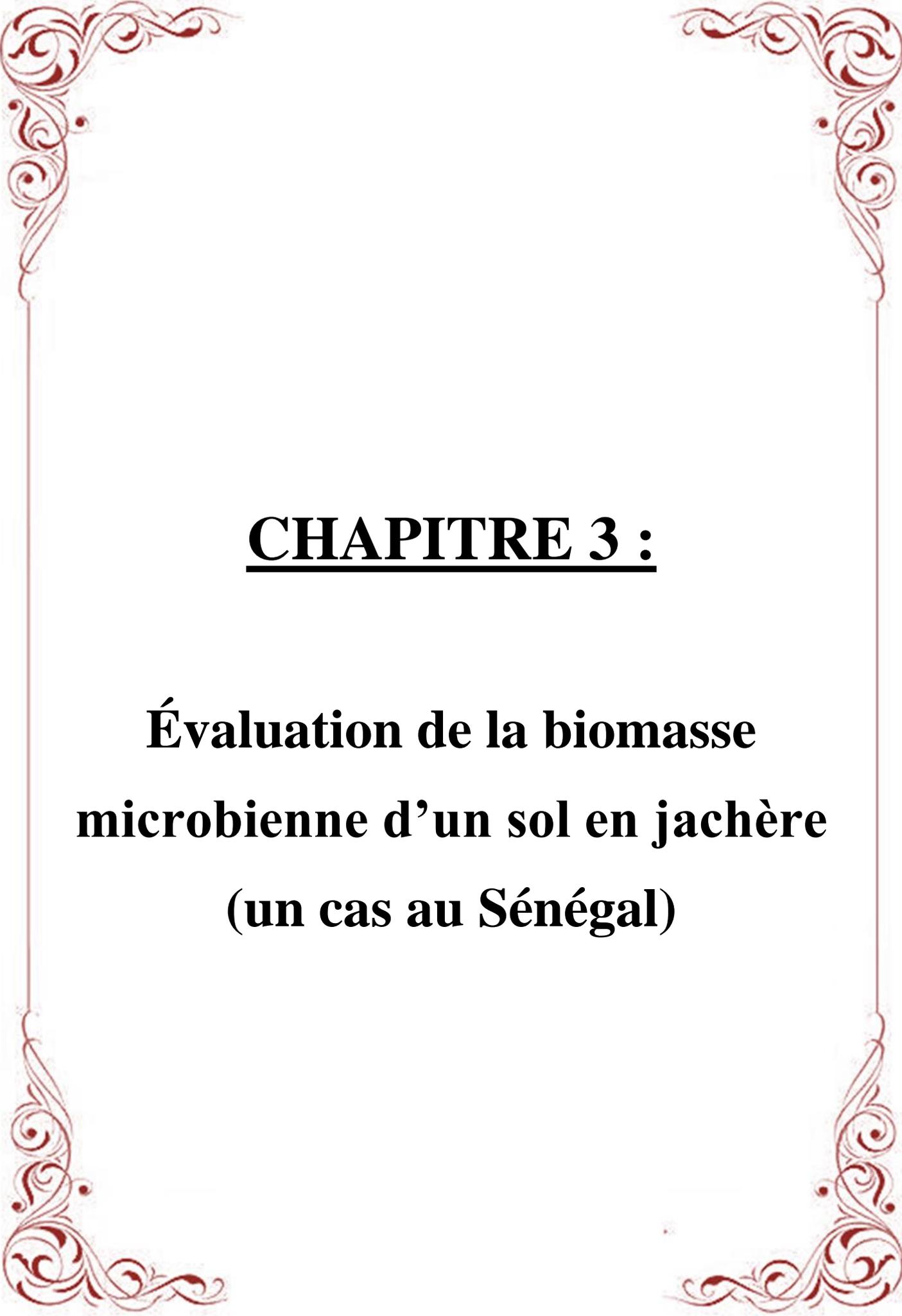
- *Azotobacter*, *Azospirillum* : Sont des bactéries libres du sol, aérobies strictes, hétérotrophes. Elles jouent un rôle dans la fertilité des sols, en raison de leur capacité à fixer l'azote atmosphérique et à le convertir en une forme que les plantes peuvent utiliser. Une enzyme connue sous le nom de nitrogénase, qui convertit l'azote en ammoniac.

Elles sont également capables de produire des substances bioactives telles que des hormones de croissance, des vitamines et des acides aminés, qui sont bénéfiques pour la croissance des plantes (**Arjun et al., 2015 ; Olivier, 2009**).

1. L'effet de la jachère sur la biodiversité bactérienne :

Comme mentionné précédemment, la jachère est une technique agricole consistant à laisser un champ cultivé au repos, sans culture pendant une période de temps spécifique. La mise en œuvre de cette technique a un impact significatif sur la diversité bactérienne du sol. La jachère augmente la richesse de la diversité des bactéries et permet aux populations bactériennes bénéfiques de se rétablir dans le sol. Certaines bactéries utiles peuvent participer à des processus importants de la fertilité du sol, tels que la fixation de l'azote atmosphériques et la dégradation de la matière organique et surtout, les produits toxiques qui risque d'être accumulés suite au traitement des cultures précédentes.

La jachère peut améliorer les fonctions microbiennes du sol, favoriser l'activité enzymatique et aider les bactéries du sol à décomposer la matière organique, ce qui améliore la qualité du sol. Elle peut contribuer à la préservation de la biodiversité globale et augmenter la résistance du sol aux stress environnementaux (**Assemien, 2018**).



CHAPITRE 3 :

Évaluation de la biomasse microbienne d'un sol en jachère (un cas au Sénégal)

Le travail choisi a été élaboré par une équipe de chercheurs (**Chotte et al**) sous l'intitulé : « Jachère et microorganismes des cycles N et C », réalisé dans le laboratoire d'écologie microbienne du sol, université Claude Bernard Lyon 1, France ; et il a été publié en 1998.

Il s'agit d'une revue finalisée afin de comparer les niveaux de biomasse microbienne sous jachère et sous cultures et d'évaluer l'impact de gestion des jachères sur l'abondance des microorganismes impliqués dans les processus de transformation de la matière organique.

Depuis longtemps, l'étude des sols en jachères a été cruciale, en raison de leur utilité pour améliorer la fertilité du sol et de leur capacité à augmenter la biomasse des microorganismes qui présentent un intérêt écologique.

1. Étude de la biomasse microbienne totale d'un sol en jachère au Sonkorong et au Saré Yorobana (Sénégal) (J. Fardoux et J. L. Chotte) :

La biomasse microbienne totale a été étudiée dans des jachères âgées de 18 ans (Saré Yorobana) et de 19 ans (Sonkorong). Une parcelle témoin sous cultures est étudiée pour chaque site comme montré sur le tableau 3.

Tableau 3 : Situations retenues pour l'étude de la biomasse microbienne totale (**Chotte et al., 1998**).

Site	Nom	Traitement	Culture abandonnée en	Age de la jachère en 1996
Sonkorong	J19D.So	jachère	1977	19 ans
Sonkorong	C.So	Culture		
Saré Yorobana	J18.Sy	jachère	1978	18 ans
Saré Yorobana	C.So	Culture		

Pour mener à bien cette étude, 16 échantillons ont été prélevés depuis l'horizon 0 - 10 cm pour les situations en jachère, et 10 prélèvements pour les situations cultivées. Tous ces prélèvements ont été réalisés entre mars et novembre 1996.

La méthode de fumigation-extraction a été utilisée pour mesurer la biomasse où les résultats sont exprimés en $\mu\text{g C g}^{-1}$ sol. Ainsi les résultats de biomasse sont présentés en fonction de

l'humidité du sol (exprimée en pourcentage de la capacité de la rétention), afin de comparer les situations entre elles et estimer les effets du mode de gestion de terre sur la biomasse microbienne.

Les résultats montrent que dans les sols de Sy, la biomasse des situations en jachère est plus élevée que celles des situations sous culture.

Les valeurs de biomasse les plus élevées ont été mesurées dans C.Sy et J18 Sy, où les valeurs d'humidité du sol étaient entre 50% et 100% et supérieur à 200%, respectivement. Dans les sols So les mêmes résultats ont été notés. La biomasse C augmente avec l'humidité du sol dans la situation J18D.So, contrairement à la situation cultivée (C.Sy et C.So).

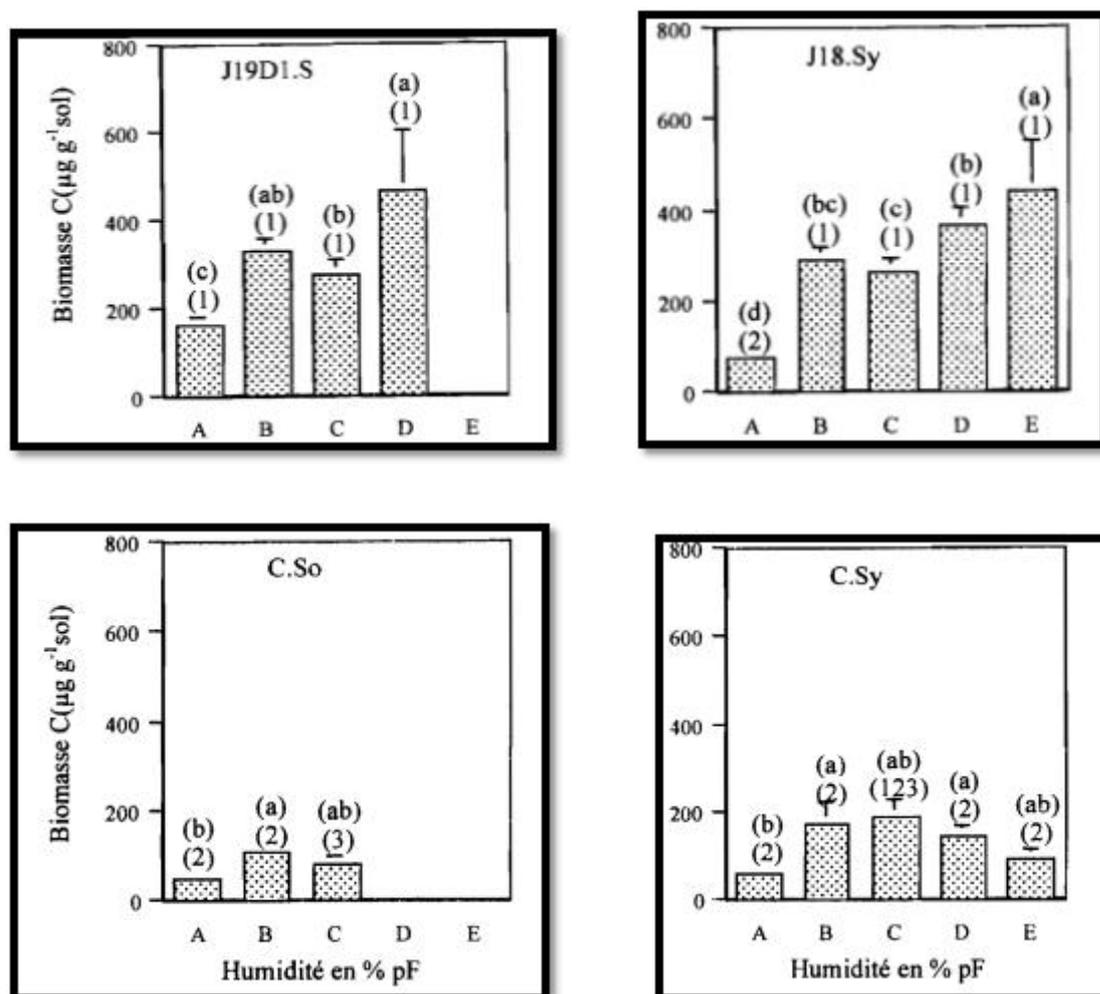


Figure 3 : Biomasse microbienne ($\mu\text{g Cg}^{-1}$ sol) dans les différentes situations selon le taux de saturation en H_2O exprimé en pourcentage de l'humidité (Fardoux et Chotte, 1998).

Les résultats expliquent que les sols en jachère ont une biomasse microbienne plus élevée que les sols sous culture, même avec une augmentation de l'humidité. Cela est dû aux racines qui créent une macroporosité importante dans le sol, évitant ainsi les conditions anaérobies qui réduisent la quantité de carbone. De plus, l'augmentation de l'humidité des sols de ces situations peut créer de nouveaux sites pour les microorganismes, tels que les résidus végétaux qui sont abondants dans les sols en jachère localisés dans la macroporosité. En revanche, les sols sous culture ont une porosité totale plus faible, ce qui entraîne une saturation en eau et des conditions anaérobies qui sont défavorables à la croissance des microorganismes. Ces conditions anaérobies également entraînent la disparition des microorganismes présents dans le sol. Par conséquent, les sols en jachère sont plus favorables à la croissance des microorganismes que les sols sous culture.

Les résultats de cette étude sont d'une grande importance car ils confirment la régénération des microorganismes dans les sols en jachère. Cependant, les auteurs ont utilisé la méthode de fumigation-extraction qui est une méthode utilisée afin de mesurer la biomasse microbienne dans les sols. Bien que cette méthode soit largement utilisée, elle peut avoir certains inconvénients, par exemple elle ne mesure que la biomasse microbienne vivante (**Maillant, 2019**) ce qui peut sous-estimer le nombre total de microorganismes présents dans le sol. De plus, la méthode peut être plus coûteuse et nécessite des équipements spécifiques, ce qui peut limiter son utilisation à grande échelle. Elle peut également être affectée par des facteurs environnementaux (la température et l'humidité), ce qui pourrait diminuer la fiabilité des résultats.

Dans l'ensemble, l'article fournit des preuves préliminaires suggérant que la jachère peut avoir un effet positif sur les microorganismes du sol. Cependant, en raison des limites méthodologiques, des études supplémentaires et des analyses plus approfondies sont nécessaires non seulement pour confirmer ces conclusions et mieux comprendre les mécanismes sous-jacents mais aussi, pour déterminer de quels types de microorganismes s'agit-il ?

Dans le but d'améliorer l'étude et de la rendre plus exhaustive, ils existent des méthodes qui permettent d'évaluer l'évolution des microorganismes du sol pendant différentes phases de jachère.

Cela permettrait d'observer les changements à long terme et de mieux comprendre les dynamiques de la biomasse impliquée dans les cycles de carbone comme l'étude longitudinale (qui consiste à étudier des variables pendant une longue période d'un phénomène et à observer leurs changements).

L'étude a également été limitée par l'évolution des techniques moléculaires de l'époque. En effet, il existe actuellement des moyens qui nous permettent d'isoler directement l'ADN total du sol et d'étudier les groupes microbiens, ou plus facilement, bactériens qui existent et de les identifier au niveau de l'espèce ! Ces techniques de métagénomique font un énorme bond dans ce type de recherche et évitent particulièrement le problème des espèces cultivables et non-cultivables. De plus, l'utilisation des techniques de séquençage de l'ADN (*Quantitative Real-Time PCR* par exemple) serait d'un apport inédit. Ces techniques permettraient de caractériser de manière approfondie la diversité et la composition des communautés microbiennes dans les sols de jachère par rapport aux sols cultivés (Raso, 2019) mais aussi de pouvoir suivre leur évolution en temps réel.

De manière générale, la jachère a sans aucun doute un effet sur la quantité de biomasse microbienne totale présente dans le sol, où la biomasse C est plus élevée par rapport à celles des sols cultivés. La biomasse C augmente également avec l'humidité du sol dans les situations en jachère au contraire des situations cultivées, où la saturation de la porosité totale provoque des conditions anaérobies, et donc la disparition des microorganismes.

2. Les bactéries diazotrophes (A. Schwartzman, L. Jocteur Monrozier et J. L. Chotte) :

Dans l'objectif de comparer l'activité potentielle de fixation d'azote dans deux jachères, respectivement âgées de 3 ans (J3 So) et 19 ans (J19 So), et de mettre en évidence la distribution des bactéries diazotrophes. Un échantillon de sol non perturbé, prélevé en mars 1996 dans l'horizon de 0 à 10 cm, a été conservé à l'obscurité en chambre froide.

Un milieu solide Nfb RC a été utilisé pour isoler les bactéries fixatrices libres d'azote du genre *Azospirillum*, et ils ont utilisé la méthode ARA (Activité réductrice de l'azote) pour mesurer l'activité potentielle de la fixation de l'azote.

Pour étudier la diversité des bactéries *Azospirillum spp*, trois sondes radiomarquées : AI, Al et Aba qui sont spécifiques à : *A. lipoferum*, *A. irakense* et *A. brasilense/A. amazonense* ont été utilisées pour hybrider ces souches. Les sondes utilisées sont des oligonucléotides ont pour cible l'ARN ribosomal 16S. Ce Ils ont utilisé une collection de témoins positifs et négatifs provenant du laboratoire d'Écologie microbienne du sol (Lyon, France).

Les résultats indiquent que les bactéries fixatrices d'azote libres étaient présentes en quantités similaires dans les deux situations J3. So et J19. So ($9,14.10^6$ et $40,8.10^6$ respectivement). Cependant, il y a encore une légère augmentation du nombre total de bactéries libres fixatrice d'azote dans la jachère de 19 ans, donc on peut dire que les bactéries diazotrophes ne sont pas en voie de disparition pendant la durée de la jachère.

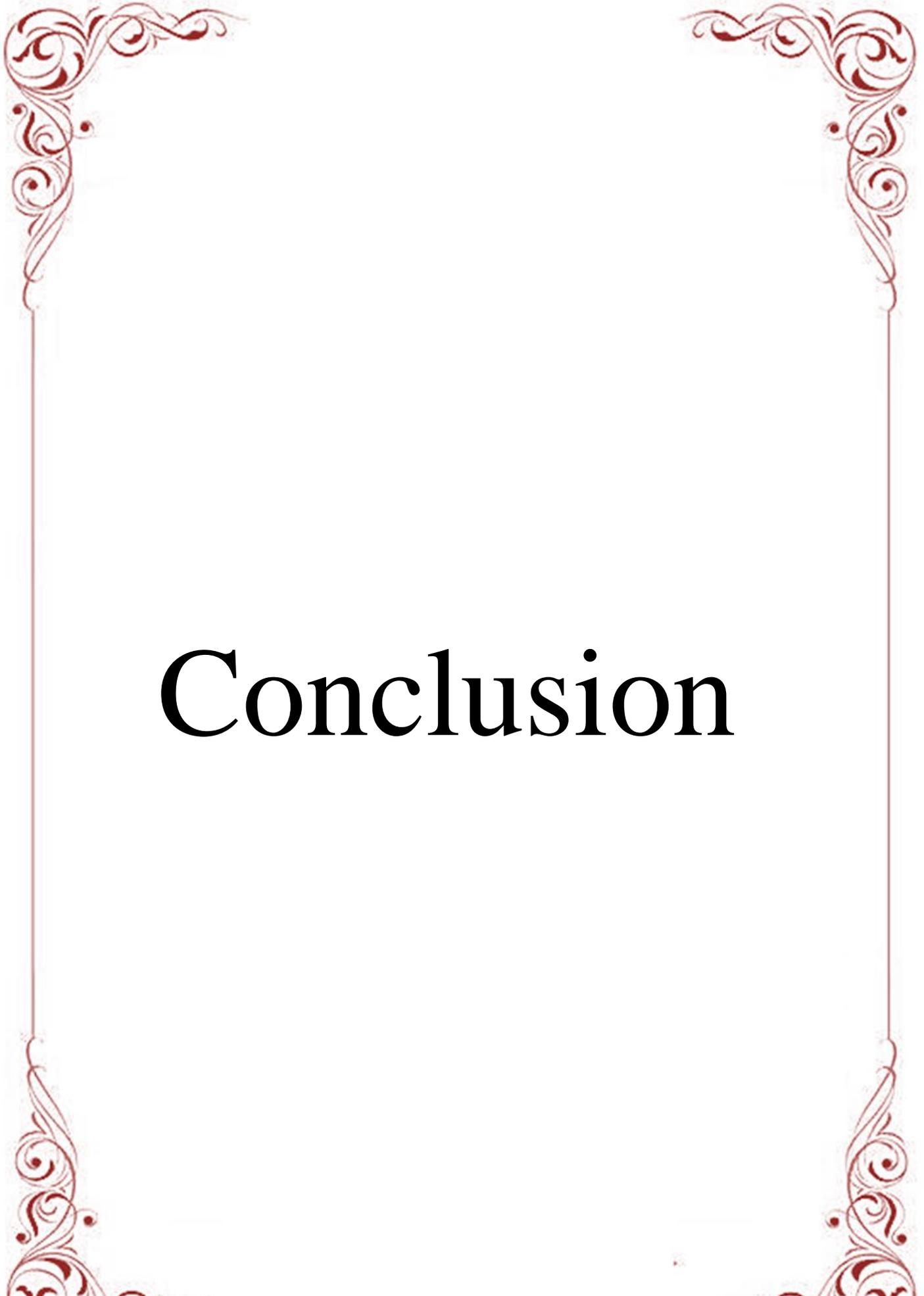
Les résultats montrent que dans la jachère de 19 ans, la fixation potentielle d'azote libre dans le sol est plus élevée que dans la jachère de 3 ans (0,8 Kg N/ha pour J3. So et 6 Kg N/ha pour J19. So).

Le nombre total des bactéries du genre *Azospirillum*, calculé en J3. So et J19. So est respectivement $1,14.10^5$ et $1,42.10^5$, qui montrent que ces bactéries sont légèrement plus abondantes dans le sol de la jachère la plus âgée (J19. So).

Les résultats de l'identification des isolats, indiquent que les isolats provenant du sol sous jachère ancienne (J19. So) ont répondu à la sonde Aba (la dominance d'*A. brasilense / A. amazonense*), et une très faible proportion détectée d'*A. irakense*. En revanche, dans le sol sous jachère plus récente (J3. So), les isolats ont répondu aux trois sondes indiquant une plus grande diversité des souches.

Selon ces constatations, la jachère ancienne modifie l'environnement et favorise une espèce génomique particulière (*A. brasilense/A. amazonense*) tandis qu'une autre espèce (*A. irakense*) diminue. L'influence de la plante et les changements de l'environnement causés par la jachère ancienne peuvent expliquer ces changements de composition des espèces *Azospirillum*. Ces résultats ne sont pas en concordance avec les recherches antérieures de (Kabir et al., 1994), qui ont comparé des sols cultivés avec du riz et un sol nu, montrant une diminution de la diversité spécifique d'*Azospirillum* dans les sols cultivées et une augmentation de la diversité dans le sol nu.

Dans l'ensemble, la durée de la jachère favorise l'augmentation de la communauté des bactéries. La composition et la distribution des communautés bactériennes et microbiennes en générale, dépendront inévitablement des conditions physicochimiques qui vont conditionner l'évolution de la jachère, des éléments minéraux restitués et des apports en matières organiques (pâturage ou non). Sans oublier bien entendu, la durée de la jachère qui pourrait favoriser certains groupes sur d'autres.



Conclusion

Conclusion

L'agriculture intensive a eu un impact significatif et parfois dévastateur sur la communauté microbienne, la fertilité et la qualité du sol. Les pratiques agricoles durables comme la jachère sont des moyens efficaces d'augmenter la biomasse microbienne et la fertilité du sol, de régénérer la biodiversité et d'améliorer les fonctions microbiennes.

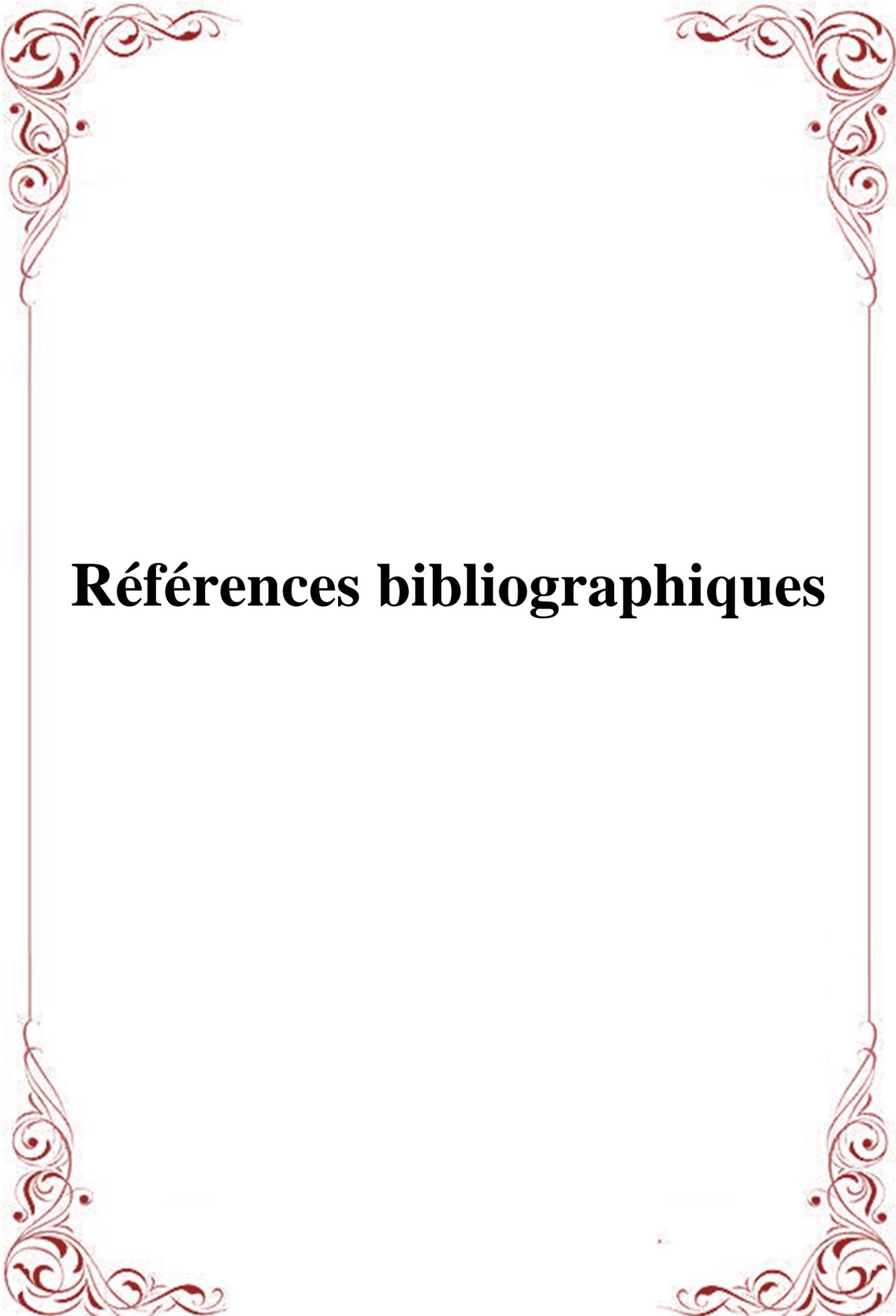
À partir des analyses réalisées dans une étude de sols en jachère du Sénégal, il a été démontré que :

Le sol en jachère a une biomasse microbienne plus élevée que le sol sous culture même avec l'augmentation de l'humidité des sols, ces situations peuvent créer des nouveaux sites pour les microorganismes tels que les résidus végétaux qui sont abondant dans les sols en jachère localisés dans la macroporosité.

D'autre part, l'influence de la plante et les changements de l'environnement causés par la jachère ancienne peuvent expliquer les changements de composition des espèces. L'exemple de l'espèce *Azosprillum* dans des sols mis en jachère depuis 19 ans en sont l'exemple concret.

Les études expérimentales exposées ici témoignent que les sols en jachère sont des milieux bénéfiques pour l'évolution des communautés microbiennes, l'augmentation de la biodiversité et l'amélioration de la qualité et la fertilité du sol.

Même si la jachère soit une technique ancienne, avoir recours à elle de nos temps demeure d'un bénéfice inouï pour les terres cultivables, loin des produits chimiques et des traitements toxiques. Le retour à la nature ne cesse de démontrer sa nécessité que ce monde ultra-industrialisé l'avoue ou non !



Références bibliographiques

Références Bibliographiques

- **Abbott, L ., Murphy ,D.**(2003) .Soil Fungi .Soil biology basics[En ligne],(page consulté le 01/05/2023) <http://www.agric.nsw.gov.au/reader/soil-biology>.
- **Adolphe, A., Saïd, B.M. L., Gustave, D., M., Aliou, S., Fatiou, T.** (2017). Utilisation des microorganismes du sol pour accroître la productivité agricole.*Manuel de l'apprenant*,(9644),1-78
- **Antoine, N., Traoré, K., Traoré, O., Tassebedo, M.** (2007). Potentiel des jachères artificielles à *Andropogon* spp. Dans l'amélioration des propriétés chimiques et biologiques des sols en zone soudanienne (Burkina Faso). *Biotechnol Agron Soc Environ*, 11. (3), 245- 252
- **Arabet, D.** (2014). Effets d'un herbicide de la famille des sulfonylurées sur la communauté bactérienne d'un sol agricole, étude de cas : Chevalier One Pass. Thèse de doctorat : Biotechnologie microbienne, génome et environnement. Constantine : Université Constantine 1, 79 p
- **Arpin, P., Kilbertus, G.** (2011). Importance de la microflore et de la microfaune en milieu forestier.1-82
- **Assemien, E. F. L.** (2018). Impact de pratiques agricoles conventionnelles et inuovantes sur la fertilité des sols et les acteurs microbiens impliqués dans la zone de savanes humides de cote d'ivoire. Thèse de doctorat : Ecologie des communautés, fonctionnement des écosystèmes, écotoxicologie et biochimie et technologie des aliments. Lyon : Université Claude Bernard de Lyon 1 et Nangui Abrogua, 248 p
- **Auclerc, A.** (2021). CM fonctionnement des sols—Biodiversité du sol.*Ecole d'ingénieur*, 1-68
- **Boli, Z., Roose, E.** (2000). Rôle de la jachère de courte durée dans la restauration de la productivité des sols dégradés par la culture continue en savane soudanienne humide du Nord. Cameroun. *La jachère en Afrique tropicale*, 149 -154.
- **Briat, J.F., Job, D.** (2016). Les sols et la vie souterraine : Des enjeux majeurs en agroécologie. Editions Quae . 324p(Synthèses)

- **Brunel, B.** (2006). Agriculture durable : Faut-il repenser les systèmes de culture ? La Microbiologie des sols : un champ prometteur pour l'agro-écologie. *In Pour une gestion intégrée et durable de la production agricole en France*, 117- 131.
- **Burel, F., Garnier, E., Amiaud, B., Aulagnier, S., Butet, A., Chauvel, B., Carré, G., Cortet, J., Couvet, D., Joly, P., Lescourret, F., Plantureux, S., Sarthou, J.-P., Steinberg, C., Tichit, M., Vaissière, B., van Tuinen, D., & Villenave, C.** (2008). Les effets de l'agriculture sur la biodiversité. *Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies*, 1- 140.
- **Cacheux, J.** (2003). L'agriculture européenne en jachère ? *Lettre de l'OFCE*[En ligne], 1 (239),(page consulté le 17/05/2023) <https://hal-sciencespo.archives-ouvertes.fr/hal-01019436>
- **César, J., & Coulibaly, Z.** (1989). Conséquence de l'accroissement démographique sur la qualité de la jachère dans le Nord de la Côte d'Ivoire. 416-434
- **Chotte, J.-L., Duponnois, R., Cadet, P., Adiko, A., Villenave, C., Agbogba, C., Brauman, A.** (2001). Jachère et biologie du sol en Afrique tropicale. *La jachère en Afrique tropicale*, 85- 121
- **Chotte, J.L., Fardoux, J., Schwartzman, A., Chastrusse, C.** (1998). Jachère et micro-organismes des cycles N et C. R. *Raccourcissement du temps jachère, biodiversité et développement durable en Afrique centrale (Cameroun) et en Afrique de l'Ouest (Mali, Senegal)*,121-130
- **Defrance, D., Lafitte, J.J.** (2007). L'utilisation de terres en jachère. *Insepection générale de l'environnement*, (1581), 1-81
- **Dommergues, Y., Mangenot, F.** (1970). Ecologie microbienne du sol. Paris : Masson et C^{ie}. 796p
- **Duponnois, R.** (2013). Jachère et fertilité. *La Grande Muraille Verte : Capitalisation des recherches et valorisation des savoirs locaux*[En ligne] (Page consulté le 15/05/2023) <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.3319>

Références Bibliographiques

- **Erroux, J.** (2003). Jachère. *Encyclopédie berbère*[En ligne],(page consulté le 15/04/2023) <https://doi.org/10.4000/encyclopedieberbere.1471>
- **Ferret, C.** (2013). *Rôle des Pseudomonas fluorescents dans la biodisponibilité des métaux contaminant les minéraux du sol : Application à la phytoremédiation*. Thèse de doctorat : Aspects moléculaires et cellulaires de la biologie. Strasbourg : Université de Strasbourg, 346p
- **Floret, C., Pontanier, R., Serpantié, G.** (1993). La jachère en Afrique tropicale. France : Malcolm Hadley. 87p
- **Floret, C., Serpanité, G.** (1991). La jachère en Afrique de l'ouest. Conséquence de l'accroissement démographique sur la qualité de la jachère dans le Nord de la Côte-d'Ivoire, 416-434
- **François, J., Job, D.** Les sols et la vie souterraine : *des enjeux majeurs en agroécologie*. Editions Quae. 323 p- (synthèses)
- **Fryrear, D. W., Skidrome, E. L.** (1985). Methodes for controlling Wind Erosion. *Agriculture Research Service*. 443-457
- **Gillbert, J.** (1994). De la jachère et des autres solutions. *Courrier de l'environnement de l'INRA*, (19), 10- 18.
- **Gonzalo, M.** (2019). *Characterization of forest soil bacteria isolated at the microhabitat level and of their interactions with Popla : thèse de doctorat : Biologie et écologie des forêts et agrosystèmes* . France : université de Lorraine, 176p
- **Harmand, J., Njiti, C.**, (1998). Effets de jachères agroforestières sur les propriétés ferrugineux et sur la production céréalière. *Agriculture de développement*, (18), 21- 29.
- **Harrison, R., Footen, P., Strahm, B.** (2011). Deep Soil Horizons : Contribution and Importance to Soil Carbon Pools and in Assessing Whole-Ecosystem Response to Management and Global Change. *Forest Science*. [En ligne], (57), (page le consulté 24/03/2023) <https://www.researchgate.net/publication/233592416>

- **Hartemink, A. E., Zhang, Y., Bockheim, J. G., Curi, N., Silva, S. H. G., Grauer-Gray, J., Lowe, D. J., Krasilnikov, P.** (2019). Soil horizon variation: A review. *Advances in Agronomy*[En ligne],(160), (page consulté le 15/04/2023) <https://www.researchgate.net/publication/3380188>
- **Hartman, K., van der Heijden, M. G. A., Wittwer, R. A., Banerjee, S., Walser, J.-C., & Schlaeppli, K.** (2018). Cropping practices manipulate abundance patterns of root and soil microbiome members paving the way to smart farming. *Microbiome*[En ligne], 8 (1), (Page consulté le 07/05/2023) <https://doi.org/10.1186/s40168-020-00855-4>
- **Masse, D.** (2007). Changements d'usage des terres dans les agro-systèmes d'Afrique subsaharienne. Propriétés des sols et dynamique des matières organiques, Thèse. Toulouse : Ecole Nationale supérieure Agronomique de Toulouse, 82 p
- **Meena, S., Sharma, A., Kumar, V., Nimmy, M., Meena, R.** Analysis and effet of soil physicochemical properties in selected Areas in south Western of Rajasthan. *Intertional Journal of Current Microbiology and Applied sciences* [En ligne], (page consulté le 05/05/2023) <http://www.ijcmas.com/>
- **Mendes, R., Garbeva, P., Raaijmakers, J. M.** (2013). The rhizosphere microbiome : Significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. *FEMS Microbiology Reviews*, 37. (5), 634- 663.
- **Monard, C.** (2008). Biodégradation des herbicides en sols tempérés-contrôle des communautés bactériennes dégradantes par la bioturbation du sol. Thèse : Biologie. Rennes : Université Rennes 1, 251 P
- **Morlon, P., Sigaut, F.** (2008). *La troublante histoire de la jachère* : Pratique des cultivateurs concepts de lettrés et en enjeux sociaux. Educagri Editions. 330 p- (Science en partage).
- **Oalbachir , k . ,Bouchenafa, N .,Kouadria, M.** (2018).Les variations du champ,de la biomasse microbienne d'un sol cultivé(cas de la région de Tiaret). *Revue Ecologie Environnement*[En ligne], (15), (page consulté le 18/04/2023)

Références Bibliographiques

- **Pandey, S.** (2015). Variation of Soil Microbial Population in Different Soil Horizons. *Journal Of Microbiology and Experimentation* [En ligne], 2, (Page consulté le 05/05/2023)
https://www.researchgate.net/publication/275845707_Variation_of_Soil_Microbial_Population_in_Different_Soil_Horizons?enrichId=rgreq-e0bac29208643a38cde3d726d02b7f94-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI3NTg0NTcwNztBUzoyMjU2NDAwNTQ4MjQ5NjFAMTQzMDgwODE4OTcyMA%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf
- **Paxault, N.** (2011). Réponse de communautés microbiennes du sol à l'apport de résidus de culture : influence des pratiques agricoles et lien avec le fonctionnement biologique du sol. Thèse de doctorat : Ecologie microbienne – Agroenvironnement. Bourgogne : Université de Bourgogne, 24 p
- **Quentin, V., Apolline, A., Corienne, L** (2023). La biodiversité des sols. *En cyclopédie de l'environnement*[En ligne], (page consulté le 25/05/2023) <https://www.encyclopedie-environnement.org/sol/biodiversite-sols/>
- **Roger, P., Garcia, J. L.** (2001). Introduction à la microbiologie du sol. Thèse : Génie biologique et microbiologie appliquée. Marseille : Ecole supérieure d'Ingenieurs de Luling, 193 p
- **Roose, E.** (1993). Capacité des jachères à restaurer la fertilité des sols pauvres en zone soudano-sahélienne d'Afrique occidentale. 233-244
- **Sebillotte, M.** (1991). La jachère : Éléments pour une théorie. *A travers champs, agronome et géographes*, 161- 229
- **Sebillotte, M., Allain, S., Doré, T., Meynard, J.M.** (1993). La jachère et ses fonctions agronomiques, économiques et environnementales. *Courrier de l'environnement* ,20.(20). 11-22
- **Serpantié, G., Ouattara, B.** (2001). Fertilité et jachères en Afrique de l'Ouest.*La jachère en Afrique tropicale* ,2, 21-83

Références Bibliographiques

- **Talwar, H., Chatli, A.** (2018). Microflora of soil. *International Journal of Advanced Research*[En ligne], 6(10),(page consulté le 05/04/2023) <https://doi.org/10.21474/IJAR01/7960>
- **Zinger, L.** (2009). Variations spatio-temporelles de la microflore des sos alpins. Thèse de doctorat : Ecologie. Grenoble : Université Joseph Fourier-Grenblet 1, 264 p

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie Moléculaire des Microorganismes

Titre

Effet de la jachère sur la biodiversité microbienne des sols

La microflore du sol est connue pour sa capacité d'améliorer la fertilité et la structure du sol. La jachère est une méthode ancienne d'amélioration de la fertilité de sol. Cependant, à cause de l'agriculture moderne et pour des raisons économiques, elle a été largement abandonnée. L'objectif du présent travail est d'une part la mise en lumière de la communauté microbienne du sol, tout en comparant celle du sol cultivé et celle du sol en jachère, et d'autre part de démontrer l'effet de la jachère sur l'évolution de ces communautés. Les études réalisées au Sénégal montrent que la biomasse microbienne est plus élevée dans le sol en jachère comparée au sol sous culture même avec l'augmentation de l'humidité des sols, et qu'il y a un changement de composition et de diversité des espèces présentes dans ces sols, en particulier, la diversité spécifique d'*Azospirillum*.

Mot clés : Sol, Communauté microbienne, Jachère.

Membre du jury :

Président : Benkahoul Malika (MCA- Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Encadrant : Arabet Dallel (MCA- Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Examineur : Zermane Ferial (MCA- Université Frères Mentouri, Constantine 1).

Présentée par : Hamideche Hocine

Le 20/06/2023

Laib Noudjoud Sabrina

Hammada chourouk

Année universitaire : 2022-2023