



Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département d'Agronomie

MÉMOIRE DE FIN D'ETUDES

**En vue de l'obtention du diplôme de
Master en Sciences Agronomiques
Option : Sciences du Sol**

Thème

Caractéristiques chimiques et biologiques (Champignons microscopiques) d'un sol agricole irrigué avec des eaux usées épurées et amendé avec des boues de station d'épuration, cas d'un vignoble dans la wilaya de Boumerdes

Présenté par :

AMMOUR Sihem

Devant le jury composé de

Mr MERROUKI K.	MCB – UMMTO	Président
Mr CHERFOUH R.	MCB – UMMTO	Promoteur
Mr LARBI M. Y.	MAA – UMMTO	Examineur

Date de soutenance

Année Universitaire 2020-2021

Résumé

Ce travail de recherche qui a porté sur une parcelle de vigne à Corso, wilaya de Boumerdes à deux objectifs. Le premier c'est de mettre en évidence les incidences à long termes sur les caractéristiques des sols de l'application des eaux usées épurées et des boues résiduaires urbaines. Le pH, la conductivité électrique (CE), la teneur en matières organique (MO%) ont été mesuré sur 10 points de prélèvement et une profondeur de 10cm.

Les résultats des analyses chimiques qualifiants le pH du sol de légèrement acide à neutre. Les apports de sels solubles induits par les eaux usées épurées et les boues résiduaires ne constituent pas une contrainte limitante à la nutrition minérale et au développement normal de la vigne. Les teneurs en matières organiques déterminées montrent que les apports constituent une source de carbone organique pour les sols.

Le deuxième objectif de notre étude est d'identifier la diversité fongique de cette parcelle. Les prélèvements de sol ont été effectués selon une distribution en diagonale et l'isolement s'est fait par la technique de suspension-dilution plate sur milieu PDA. L'étude macroscopique et microscopique a montré 2 espèces appartenant au genre *Aspergillus* et une espèce *Phomopsis*

Mots clés : sol, eaux usées épurées, boues résiduaires, diversité fongique.

Abstract

This research work, which focused on a plot of vines in Corso, wilaya of Boumerdes, has two objectives. The first is to highlight the long-term effects on soil characteristics of the application of treated water and urban residual sludge. The pH, electrical conductivity (EC), organic matter content (OM%) were measured at 10 sampling points and a depth of 10cm.

The results of chemical analyzes classify the pH of the soil as slightly acidic to neutral. The addition of soluble salts induced by purified wastewater and residual sludge does not constitute a limiting constraint to mineral nutrition and to the normal development of the vine. The organic matter content shows that the inputs constitute a source of organic carbon for the soil.

The second objective of our study is to identify the fungal diversity of this plot. The soil samples were taken in a diagonal distribution and the isolation was carried out by the plate suspension-dilution technique on PDA medium. The macroscopic and microscopic study showed 2 species belonging to the genus *Aspergillus* and one species *Phomopsis*

Keywords: soil, treated wastewater, residual sludge, fungal diversity

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail

- *A mon très cher père*

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et du respect que j'ai toujours eu pour toi, rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation et ma formation.

- *A ma très chère mère*

Affable, honorable, aimable : tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse de force et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

- *A mon cher et unique frère « Sofiane »*

Celui avec qui j'ai partagé mon enfance.

- *Sa femme Amel*

Celle qui partage notre vie. Ma belle-sœur, mais aussi une sœur pour moi. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

- *A mes chères Sœurs*

Taous, son mari Aziz.

Celina et Alicia

Mes alliées celles qui m'ont toujours soutenue et aidée dans les difficultés de la vie

Quotidienne. Je vous dédie ce travail avec mes vœux de bonheur de santé et de réussite dans votre vie et.

J'exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour.

- *A mes chères copines Sara et Sakina*

Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des sœurs et des amies sur qui je peux compter. En témoignage de la forte amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé, bonheur et beaucoup de réussite.

Remerciements

C'est avec un grand plaisir que je réserve ces lignes en signe de reconnaissance à ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail :

Je remercie mon promoteur, **Mr Cherfouh R**, pour avoir accepté de m'encadrer et pour m'avoir proposé ce sujet passionnant. Merci pour votre aide, vos conseils et aussi la patience, la confiance, les encouragements pour mener à bien ce travail de recherche.

Je remercie également chaleureusement **Mme Boudiaf Nait Kaci M**, qui nous a quitté pour un monde meilleur mais qui demeure présente dans nos cœurs, cette brave femme qui m'a aidé et qui m'a facilité les tâches les plus difficiles, elle m'a permis de réaliser la partie biologique dans les meilleures conditions. Elle aura marqué mon parcours d'étudiante par ses qualités scientifiques, pédagogiques et humaines. Mon respect et mon estime pour elle sont intarissables. Repose en paix chère professeur.

Je remercie **Mr MERROUKI K** qui malgré sa lourde charge pédagogique, a accepté de présider le jury.

Je tiens également à exprimer mes sincères remerciements à **Mr LARBI M Y** d'avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.

Je tiens aussi à exprimer toute ma gratitude à **Mr Kadi S A, Mme Kadi Benane L et Mr Houali K** pour m'avoir accueilli et ouvert les portes de leurs laboratoires pour pouvoir utiliser leurs matériels, réaliser une partie de mes mesures et aussi leurs gentillesse et leurs disponibilités.

Je remercie également la directrice du laboratoire **Mme Smaïl Saadoun N et Melle Zareb** pour m'avoir ouvert les portes de son laboratoire pour réaliser observations au microscope et leurs aides précieuses dans l'identification des champignons.

Je tiens aussi à exprimer mes sincères remerciements à **Mlle Aissaoui L, et Mlle Kadir N** pour leurs collaborations et leurs disponibilités. Je leurs souhaite que de la réussite dans sa vie et dans travail de thèse de doctorat.

Ma gratitude va aussi à tous ceux qui ont contribué à ma formation, particulièrement à l'ensemble des enseignants du département d'Agronomie et les ingénieurs de laboratoires pédagogiques, particulièrement **Mme Lounas F**.

Un grand merci à mes camarades de promo surtout ceux avec qui j'ai partagé le travail sur terrain et au laboratoire.

Je tiens à exprimer tout au fond de mon cœur, mes reconnaissances à ma famille pour toute son aide morale et financière.

Tables des Matières

Liste Des Figures.....	iii
Liste des Tableaux.....	iv
Introduction générale	1
I. Propriétés générales des sols.....	2
I.1. Définition du sol	2
I.2. Composition du Sol	3
I.2.1. La phase solide.....	3
I.2.2. La phase liquide.....	3
I.2.3. La phase gazeuse.....	4
I.3. Propriétés physiques du sol.....	4
I.3.1. Texture du sol	5
I.3.2. Structure du sol	5
I.3.3. Porosité du sol.....	6
I.4. Propriétés chimiques du sol	6
I.4.1. pH du sol.....	7
I.4.2. Les éléments minéraux nutritifs.....	7
I.5. Matières organiques du sol	8
I.5.1. Actions de la matière organique sur les propriétés du sol.....	9
I.5.2. Actions sur les propriétés physiques du sol	9
I.5.3. Actions sur les propriétés chimiques du sol.....	10
I.5.4. Actions de la M.O sur les propriétés biologiques du sol	10
I.6. Matières organiques et activité biologique du sol.....	10
I.6.1. Organismes vivants du sol	11
I.6.2. Répartition en fonction de la taille.....	11
I.6.3. Réseau trophique dans le sol.....	11
II. Champignons dans le sol	13
II.1. Généralités sur les champignons	13
II.2. Reproduction chez les champignons	13
II.3. Croissance des champignons dans le milieu naturel.....	13
II.4. Facteurs environnementaux.....	14
□ II.4.2. La disponibilité de l'eau.....	14
• II.4.3. Les nutriments.....	15
• II.4.5. Le facteur température	15
II.5. Croissance des champignons sur milieux gélosés	15
II.6. Ecologie des champignons	16
II.7. Isolement des champignons.....	17
II.8. Identification de champignons.....	17
II.9. Diversité fongique dans le sol	18
III. Intérêts agronomiques des boues et des eaux usées :	19
III.1. Effets des apports de Boues sur l'activité biologique du sol.....	19
III.2. Effets sur la biomasse microbienne du sol	20
III.3. Effets sur l'activité enzymatique.....	20
III.4. Effets des eaux usées sur les	21
du sol.....	21
IV. Champignons et processus d'épuration des eaux usées	22
III. Présentation de la zone d'étude :.....	24

III.1- Situation géographique	24
III.2. Relief et morphologie du territoire.....	24
III.3. Potentialités Hydriques et agricoles	25
III.4. Aperçu sur de la ferme Rahmouni.....	26
III.5. Climat.....	26
III.5.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен	27
III.5.2. Etage bioclimatique de la région d'étude.....	28
IV.1. Aspects généraux de la vigne.....	29
IV.2. Interaction et influence sol / vigne.....	30
I. Echantillonnage sur le terrain	33
II. Prétraitements des échantillons de sol	34
III. Expérimentation	35
III.1. Analyses physico-chimiques	35
III.1.1. pH du sol	35
III.1.2. Conductivité électrique	36
III.1.3. Teneur en matière organique du sol	36
III.2. Analyses biologiques.....	37
III.2.1. Le milieu de culture.....	38
III.2.1.1. Composition du milieu PDA	38
III.2.1.2. Préparation du milieu PDA	38
III.2.2. Technique des suspensions-dilutions	39
III.2.2.1. Préparation du matériel	39
III.2.2.2. Préparation des suspensions-dilutions.....	39
III.2.3. Isolement des cultures pures de champignons	42
III.2.4. Préparations microscopiques.....	43
III.2.4.1. Prélèvement des isolats	43
III.2.4.2. Identification des isolats fongiques	43
I. Propriétés du sol.....	44
I.1. Texture du sol	44
I.2. Réaction de la solution du sol	44
I.3. Conductivité électrique	46
I.4. Matière organiques.....	47
I.5. Interactions entre paramètres analytiques	48
II. Description et identification des champignons.....	50
II.1. Description macroscopique et microscopique des genres	50
IV. Conclusion générale et perspectives	54
V. Références bibliographiques	55
VI. Annexes.....	59

Liste Des Figures

Figure 01 : Le sol, des matières minérales et organiques associées.....	2
Figure 2 : Triangle international des textures du sol	5
Figure 3 : Processus de décomposition de la matière organique fraîche (Duchaufour, 2001)...	9
Figure 4 : Présentation à l'échelle macroscopique et microscopique de certains champignons.	22
Figure 5 : exemple de composition d'un floc microbien actif dans les processus d'épuration des eaux usées.....	23
Figure 07 : Position de la ferme Rahmouni dans la commune de Corso.....	26
Figure 08 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen pour la zone d'étude.	28
Figure 09 : Illustrations du fruit et des feuilles de vigne	29
Figure 10 : les différentes parties d'un pied de vigne.....	30
Figure 11 : Parcelle de vigne échantillonnée lieudit Dabouk (originelle,2021).....	33
Figure 12 : Prélèvement du sol (originelle,2021).....	34
Figure 13 : Prétraitement des échantillons du sol au laboratoire(originelle,2021).....	34
Figure 14 : Illustration de la mesure du pH de la solution du sol.....	35
Figure 15 : Illustration de la mesure de la conductivité électrique.....	36
Figure 16: Illustration de la mesure de la matière organique: (a) creusets à l'intérieur de l'étuve ET (b) à l'intérieur du Four.	37
Figure 17 : Etapes de préparation du milieu PDA (originelle, 2021).....	39
Figure 18 : La technique de suspensions-Dilution	40
Figure 19 : Les étapes de l'ensemencement du milieu de culture PDA (originelle, 2021).	41
Figure 20 : Isolement des cultures pures de champignons (originelle,2021)	42
Figure 21. pH des différents échantillons de sol de la parcelle étudiée.....	45
Figure 22. CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) des différents échantillons de sol de la parcelle étudiée.	46
Figure 23. Teneur en MO (%) des différents échantillons de sol de la parcelle étudiée.	47
Figure 24. Corrélations entre les paramètres de pH, CE et MO dans le sol étudié.	48
Figure 25. Corrélations entre les paramètres analytiques : pH, CE et MO du sol.....	49
Figure 26. Colonie d'Aspergillus observée à l'œil nu	
Figure 27. Colonie d'Aspergillus Niger. a : observée à l'œil nu ;.....	52
Figure 28. Colonie de Phomopsis. a : observée à l'œil nu ;	53

Liste des Tableaux

Tableau 01 : Répartition générale des terres de la wilaya de Boumerdes	25
Tableau 02 : pluviométrie moyenne mensuelle période de 2015-2020. (Station Isser)	27
Tableau 03 : Températures maximales, minimales et moyennes mensuelles en (°C).....	27
Pour la période (2015-2020).....	27
Tableau 04. Composition granulométrique et texture du sol de la parcelle étudiée, profondeur échantillonnée de 0 à 10 cm.	44
Tableau 05 : Classification des champignons microscopique observés dans le sol étudié	53

INTRODUCTION

GENERALE



Introduction générale

Le sol est un milieu vivant beaucoup plus complexe que l'air ou l'eau. Il contient des composés minéraux et organiques dont l'existence et l'état actuel résultent de l'évolution au cours du temps d'un matériau parental (organique ou minéral) sous l'action combinée de facteurs climatiques et de l'activité biologique (Baize et Jabiol, 1995).

Le sol est l'habitat naturel pour des myriades de microorganismes et d'autres formes vivantes, formant des populations de différents genres. Le nombre et l'activité de ces populations changent d'une région à une autre, influencé par le contenu de matières organiques du sol, la texture du sol, le pH, l'humidité, la température, l'aération et d'autres facteurs (Smith *et al.*, 2000). Quant à l'évaluation de la biomasse microbienne, cette dernière a montré que dans la plupart des sols, les mycètes ou champignons sont le composant principale (Bååth and Söderström, 1980 ; Schnürer *et al.*, 1985).

Les champignons, sont des acteurs importants du monde microbien. Ils sont impliqués dans une multitude de processus biologiques de l'environnement. Ils présentent, en outre, un intérêt économique, en raison à la fois de leur utilité et de leurs activités néfastes multiples comme l'altérations des produits alimentaires, production de mycotoxines et activités parasitaires aux dépend de l'homme, des animaux et des plants. Par ailleurs, les mycètes synthétisent un grand nombre de substances complexes économiquement très importantes : acides organiques, alcaloïdes, antibiotiques, terpènes et enzymes (Pereira *et al.*, 2013).

Jusqu'à aujourd'hui environ 80000 à 120000 espèces de champignons ont été décrites et le nombre total des espèces existantes sur terre est estimé autour de 1.5 millions (Hawksworth, 2001, Kirk *et al.*, 2001), faisant de ce règne l'un des volets les moins étudiés de la biodiversité (Zarafi et Dauda ,2019). C'est dans ce sens qu'il est nécessaire d'accroître la compréhension de la diversité taxonomique des champignons dans un milieu donné. A l'heure actuel, il n'existe pas en Algérie de données scientifiques significatives sur les variétés de mycètes, leur écologie et leur potentiel de production de métabolites secondaires (Abdelaziz, 2006).

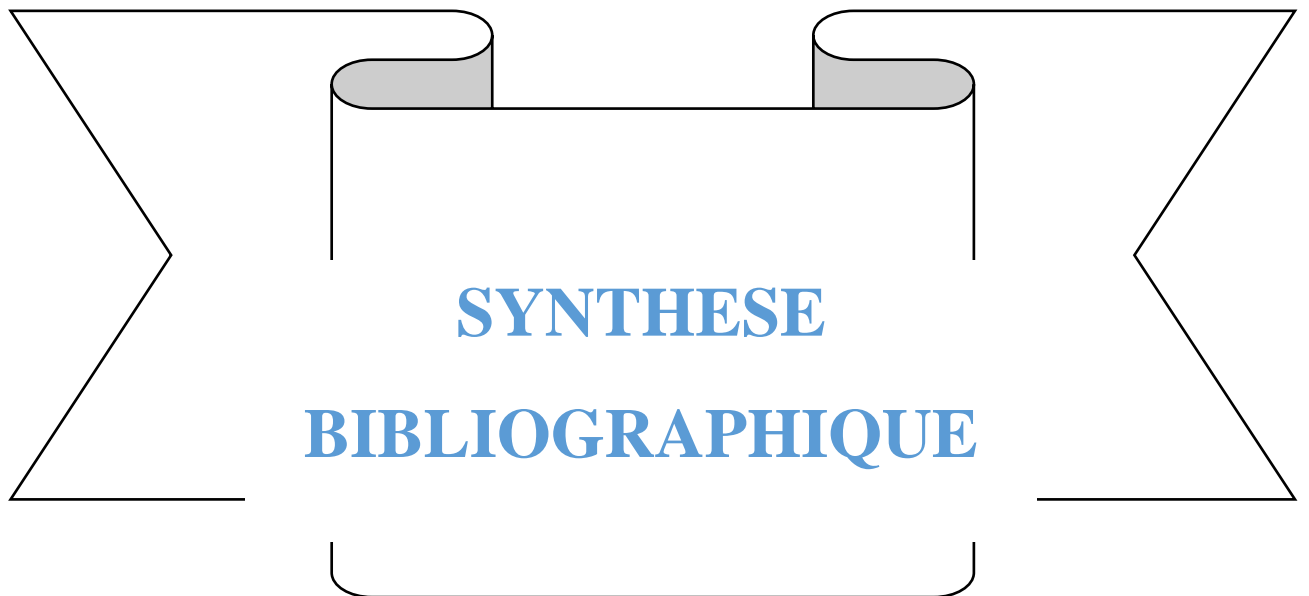
Les biotechnologies végétales offrent dans ce sens des pistes intéressantes à travers des méthodes d'applications qui ne relèvent pas nécessairement du génie-génétique comme le laisserait entendre le terme « biotechnologies ». Ces méthodes passent en effet par des protocoles d'amélioration des milieux de production en intervenant notamment sur des éléments nécessaires au développement des plantes à savoir les champignons du sol or l'importance du rôle de ces derniers dans la fertilité des sols, les cycles nutritifs et la protection des plantes contre les différents stress est incontestée. (Ricroch *et al.*, 2011).

Dans ce contexte, nous nous proposons, dans ce modeste travail, de mettre en évidence les propriétés physiques et chimiques ainsi que l'élaboration d'un inventaire de la diversité fongique d'un sol sous vigne (*Vitis vinifera*) à Boumerdes et a pour but de contribuer à l'identification de genres fongiques existants dans cette parcelle. Notons au passage que cette parcelle est irriguée avec les eaux usées épurées et qu'elle a reçu dans un passé récent des amendements organiques à base de boues de station d'épuration.

Ainsi, cette étude comprend les parties suivantes :

- **Chapitre I** : une synthèse bibliographique, qui rassemble des données générales, partagée en deux chapitres ayant trait aux généralités du sol, aux boues résiduairees et aux champignons
- **Chapitre II** : une présentation du milieu d'échantillonnage ainsi qu'une description des protocoles expérimentaux utilisés, lors des prélèvements, isolement, purification sur le milieu de culture.
- **Chapitre III** : consacrée aux résultats avec leur discussion et une conclusion.

Chapitre I



I. Propriétés générales des sols

I.1. Définition du sol

Le sol est la couche la plus externe, marquée par les êtres vivants, de la croûte terrestre. Il représente un réservoir de matières organiques et minérales (Fig. 01). Il peut être défini comme le produit de l'altération, du branchement et de l'organisation des couches supérieures de la croûte terrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère et de ses échanges énergétiques qui s'y manifestent (Aubert et Boulaine, 1980, in Lozet et Mathieu, 2002). C'est un carrefour multifonctionnel qui présente une organisation interne systématique. Il est le siège d'un échange intense de la matière et d'énergie entre l'air, l'eau et les roches.



Figure 01 : Le sol, des matières minérales et organiques associées.

D'après Demolon A., (1881-1954), le sol est le résultat de la désagrégation des roches par leurs altérations mécanique et physicochimique sous l'effet des facteurs abiotiques (fissuration consécutive à la décompression, chocs thermiques, humidité, temps, frottements, vent) et biotiques (microorganismes). De plus, C'est un riche habitat pour la croissance de microorganismes plus que tout autre habitat microbien. Selon Magnet et *al.*, (2013) le sol détermine un excellent support culturel pour la croissance de nombreux types d'organismes dont les bactéries, les algues, les protozoaires, les virus et les champignons. Ces derniers sont l'un des groupes dominant présent dans le sol, qui représente le principal réservoir de champignons (Ali-Shtayeh et Jamous, 2000 ; Rane et Gandhe, 2006).

Lemanceau et Heulin, (1998) ont défini le sol comme étant la zone d'échange d'ions, de compétition pour l'eau et l'oxygène, où les microorganismes sont stimulés par la libération de composés organiques. Ses multiples fonctions illustrent sa complexité externe. Ses éléments sont de taille variée, souvent emboîtés les uns dans les autres, avec des relations plus au moins étroites (Lavelle, 1987).

I.2. Composition du Sol

Le sol s'agit d'un complexe dynamique, caractérisé par une atmosphère intrinsèque, une économie de l'eau particulière, une flore et une faune appréciées et des éléments minéraux (Davet, 1996). On peut considérer le sol comme un système composé de quatre compartiments ; les trois phases, solide, liquides et gazeuse, et les organismes vivants. Ces compartiments interagissent en permanence par des échanges matière et d'énergie en raison de certains phénomènes physiques, chimiques et biologiques (Calvet, 2000).

I.2.1. La phase solide

D'après Hillel, (1974) ; La phase solide représente les particules solides du sol. Selon Morel, (1996) et Mermoud, (2006) la phase solide est la phase contenant des minéraux de formes et de compositions différentes (tels que gravier, sable, limons et argiles) et des éléments organiques formés à partir de résidus organiques, d'origine végétale ou animale, en état de décomposition plus ou moins avancée. Dans cette phase on trouve des minéraux et des matières organiques en proportions variables. Les organismes vivants (ni liquides ni gazeux) du sol peuvent être considérés comme partie prenante de la phase solide (Calvet, 2000). On distingue deux sous-fractions dans le sol :

- **Fraction minérale** : les minéraux constituent généralement 95% à 99%. La composition minérale dépend de la nature de la roche mère. La nature des minéraux peut être supérieurement diverse avec des tailles granulométriques différentes.
- **Fraction organique** : la fraction organique d'un sol est constituée à plus de 80% de matière organique morte (résidus de plantes et d'animaux en état de décomposition naturelle) (Paul E et *al.*, 1996). On peut aussi trouver des organismes vivants : des bactéries dont beaucoup d'actinomycètes, des champignons et une microfaune formée de protozoaires, nématodes, insectes, vers de terre (Quénéa K, 2004).

I.2.2. La phase liquide

On appelle la phase liquide tout ce qui est liquide ; elle se trouve dans les espaces lacunaires entre les particules solides du sol. Selon Hillel (1974) la phase liquide constitue l'eau du sol laquelle contient toujours des substances dissoutes. On la désigne par l'expression « solution du sol » dont la composition est complexe et très variable. Cette solution remplit partiellement ou totalement les pores du sol (Morel, 1996).

I.2.3. La phase gazeuse

Soltner, (1986) définit la phase gazeuse par l'atmosphère du sol qui se compose des mêmes gaz que l'air (O_2 , CO_2 , N_2 , ...) et surtout les gaz résultant de la décomposition de la matière organique et de l'activité biologique dans le sol. La composition de cette phase est souvent voisine à celle de l'air mais elle peut être très variable dans l'espace et dans le temps. Une étude comparative entre la composition de l'air du sol et de l'air atmosphérique réalisée par Mermoud, (2006) a montré que dans l'air du sol, la concentration en CO_2 est plus élevée et la teneur en O_2 est plus réduite que dans l'air atmosphérique. Cette différence est expliquée par le phénomène de respiration des racines et des microorganismes vivants du sol et la dégradation de la matière organique dans le sol.

I.3. Propriétés physiques du sol

La physique du sol est exprimée comme une science naturelle appliquée, dans laquelle le sol est considéré comme un milieu multiphasique, et sa composition change avec l'espace et le temps (Musy et Soutter, 1991). En fournissant une description de son processus, la physique du sol constitue un outil indispensable à la bonne gestion des sols, leurs protections et conservation mais elle contribue également à l'amélioration de la production végétal (Musy et Soutter, 1991).

D'après (Adjanooun et *al.*, (2017), le développement de la technologie de recherche en physique des sols implique la connaissance des lois qui contrôlent les propriétés physiques du sol. Ces lois sont liées à la grande complexité, l'hétérogénéité et les caractéristiques triphasiques du sol (liquide, solide et gazeux) (Adjanooun et *al.*, (2017).

Les propriétés physiques les plus importantes du sol sont sa texture et sa structure, ces deux derniers déterminent la porosité du sol, permettant à l'eau et à l'air de s'écouler à travers les macropores (Lanz, 2004). Favorisant également l'exploration racinaire (Seguin, 1986 ; Van Leeuwen et *al.*, 2004).

I.3.1. Texture du sol

Selon Musy et Soutter, (1991) La texture du sol étant un critère de différenciation, est définie par la distribution numérique des particules élémentaires (argile, limon, sable) en fonction de leur géométrie (Fig. 02). De plus, La distinction des sols sur la base de leur texture nécessite la répartition pondérale des diamètres apparents des particules élémentaires, ou leur granulométrie (Musy et Soutter, 1991). Elle est d'une grande importance agronomique dont dépend la circulation de l'eau et de l'air.

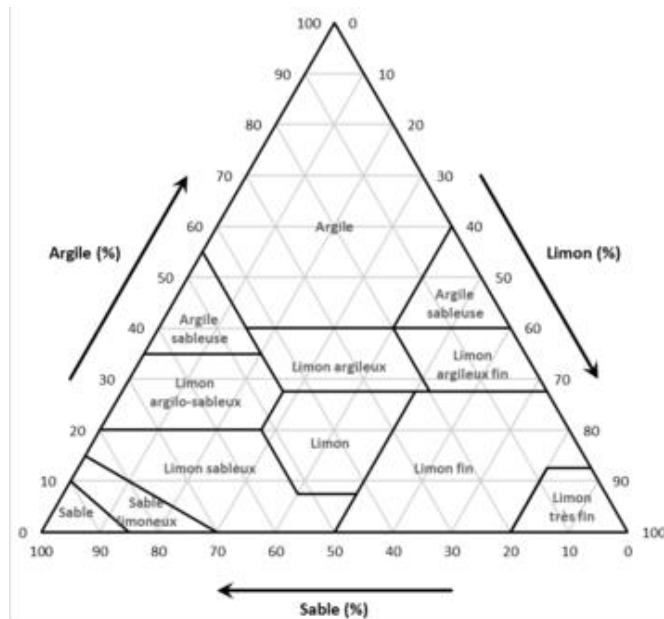


Figure 2 : Triangle international des textures du sol

I.3.2. Structure du sol

Selon (Maignien, 1969) la structure du sol représente la manière dont les particules élémentaires du sol sont rassemblées en particules composées, elle n'est pas seulement associée au concept des agrégats mais plutôt à la manière dont ils sont arrangés. Il convient de noter que la structure est fondamentalement instable et inconstante dans le temps (Musy et Soutter, 1991). Elle représente une propriété variable et dépendante des facteurs intrinsèques du sol, mais également des facteurs extrinsèques, climatiques et anthropiques (Duval et al., 1993).

La structure du sol soit considérée comme l'un des principaux facteurs dont dépend la fertilité des sols, Contrairement à la texture qui ne change pas et la structure du sol est un état qui évolue dans le temps.

I.3.3. Porosité du sol

L'agencement des particules granulométriques et des agrégats est irrégulier, il est de sorte que la distribution ménage des vides représentant l'espace poral du sol et dessine la structure. Ces "vides" qui correspondent à la porosité constituent les voies par lesquelles l'eau, l'air peuvent circuler à travers le sol, ils forment également les passages arpentés par les racines, et un espace de stockage de l'eau et le siège de la vie microbienne.

La structure des horizons, joue un rôle considérable dans la croissance des plantes, elle agit par l'intermédiaire de quatre propriétés fortement liées entre elles : ressuyage naturel, rétention en eau, aération et la pénétration des racines. Une structure est favorable, si elle facilite la pénétration des racines, l'évacuation rapide des eaux en excès et une bonne aération du sol. La morphologie racinaire peut être influencée par une structure défavorable, engendrant des conditions de confinement, d'excès d'eau occasionnel ou permanent.

Le travail du sol, les apports de matières organiques (leur minéralisation et leur humification) et la conduite des cultures (irrigation, fertilisation minérale) sont parmi les pratiques agronomiques qui influencent la structure. Les outils de labour affrontent le sol à travers sa consistance, sa résistance à la compaction et à la pénétration.

La compaction, la réduction de la porosité et la destruction des assemblages sont des paramètres d'expression de la dégradation de la structure des sols. Les passages des charrues affectent en partie la structure du sol et perturbent les réseaux de pores liants les horizons superficiels et les horizons profonds. Les travaux réalisés dans les conditions extrêmes d'humidité (sol sec ou saturé en eau) conduisent à une altération profonde et parfois irréversible de la structure, représentée par un lit de semences trop fin ou en grosses mottes.

I.4. Propriétés chimiques du sol

La dégradation du substratum rocheux par les conditions de l'eau conditionne, dans une large mesure, la composition chimique du sol qui en est le résultat final (FAO, 2019). Les éléments dissous dans la solution du sol ont des origines diverses : altération, retombées atmosphériques, excréments racinaires, apports anthropiques (irrigation, engrais, amendements). La composition chimique de cette solution dispose de mécanismes de stabilisation qui tendent à l'instauration d'un équilibre entre les ions solubilisés et les ions échangeables fixés sur la fraction organominérale. Les éléments nutritifs absorbés par les plantes à travers leur système racinaire proviennent essentiellement de la solution du sol.

En générale la solution du sol est peu concentrée en éléments ; la teneur cumulée des éléments dissous est de l'ordre de 5 à 10g/litre. Dans le cas des sols salins (conductivité électrique élevée), cette concentration est plus importante surtout par la forte présence de sodium, magnésium, chlorures et sulfates. En revanche, les sols acides disposent de faibles concentrations en éléments dissous, comparativement aux sols basiques.

I.4.1. pH du sol

Le pH du sol est un indicateur des bases physico-chimiques de la solution du sol. Il a un impact direct sur l'activité microbienne du sol et la biodisponibilité des nutriments, à travers des phénomènes de solubilisation et d'insolubilisation propres à chaque élément (Itab, 2002). Aussi, dans des conditions de pH inférieur à 5,5-6,0, la solubilité des éléments métalliques augmente, ils sont donc absorbés en quantités plus importantes par les vignes (UNIFA, 2019).

Un pH actuel ou acidité actuelle, représentant l'acidité de la solution du sol et exprime la quantité d' H^+ présente à un moment donné. Cette acidité appelée aussi pH-eau est déterminée par une suspension d'un échantillon de sol dans de l'eau déminéralisée.

Dans les sols à fort drainage climatique, l'acidification est la tendance naturelle de l'évolution. Les ions HCO_3^- et NO_3^- sont souvent entraînés hors du profil et les H^+ libérés se trouvent dominants sur le complexe adsorbant. Le pouvoir tampon représente la capacité du sol à s'opposer aux déséquilibres de charges induits par la lixiviation des anions et l'accumulation des H^+ dans la solution du sol. Les sols les plus tamponnés sont ceux disposant de matières organiques et de calcaire actif. Ce pouvoir contribue au maintien du pH et limite les fluctuations brusques grâce à certains mécanismes.

I.4.2. Les éléments minéraux nutritifs

La nutrition végétale est caractérisée par deux groupes de nutriments qui sont les macroéléments et les microéléments, ils interfèrent avec les réactions biologiques et jouent un rôle majeur dans les fonctions physiologiques de la vigne (Lebrun, 2016).

L'azote et le potassium sont les principaux minéraux qui ont un impact sur la qualité du vin et donc des raisins (Saayman, 2002). La composition minérale de la solution du sol en azote, potassium, calcium et en éléments traces influencent les modifications chimiques des baies de raisins (Lebrun, 2016).

Le sol représente le premier réservoir terrestre du carbone organique. Ils stockent différemment le carbone selon leur nature mais surtout selon son utilisation (Schreiber, 2016). Plusieurs études montrent que les teneurs en C.O varient beaucoup selon la profondeur du sol et selon les

utilisations, soit agricole et forestière (Dam et *al.*, 1997; Conant et *al.*, 2003; Don et *al.*, 2007; Schilling et *al.*, 2009; Li et *al.*, 2013). Le transport du C.O. entre les différentes couches du sol est dépendant de plusieurs processus physiques et biotiques.

Dans la nature, le carbone se présente sous deux formes, le carbone organique et le carbone inorganique (UNIFA, 2019). Le carbone organique du sol est une composante centrale de sa qualité et de la durabilité des écosystèmes, il est au cœur de tous les processus chimiques, physiques et biologiques qui soutiennent la capacité d'un sol à assurer ses multiples fonctions (Krull et *al.*, 2004).

I.5. Matières organiques du sol

Mustin, (1987) a défini la matière organique du sol (MOS) comme étant la matière spécifique des êtres vivants végétaux et animaux. Elle provient de l'activité de tout organisme présent à la surface ou à l'intérieur du sol. Une partie de cette MOS est produite par les organismes vivants : déjections animales, exsudats racinaires, litière végétale et polysaccharides microbiens. Par contre le reste est constitué de débris végétaux, de carcasses animales et de cellules microbiennes décomposées (Davet, 1996).

Les constituants organiques du sol proviennent de la décomposition de la matière organique végétale, animale et bactérienne. Ces substances s'évaluent constamment dans le sol et sont modifiées par différents processus géochimiques à travers le temps. Puisqu'elle joue un rôle majeur sur les propriétés du sol, il est important que la matière organique soit toujours renouvelée (Brady et Weil, 2008).

Selon (Paradis, 2016), la Matière organique du sol, composée majoritairement de carbone, sera partiellement modifiée lors des réactions d'oxydation au contact de l'oxygène. Cependant, c'est la transformation par les organismes décomposeurs qui est le processus biochimique le plus important (Paradis, 2016).

D'après (Brady et Weil, 2008) la MO augmente la capacité d'échange cationique des sols, elle forme un réservoir de nutriments assimilables pour la végétation au fur et à mesure qu'elle se décompose, la MO libère de nombreuses espèces sous forme d'ions, les rendant ainsi disponibles pour la végétation (Fig. 03). Enfin, la matière organique animale et végétale constitue la principale source d'énergie (E) et de carbone (c) pour les organismes du sol. L'activité biochimique du sol serait impossible sans ces apports.

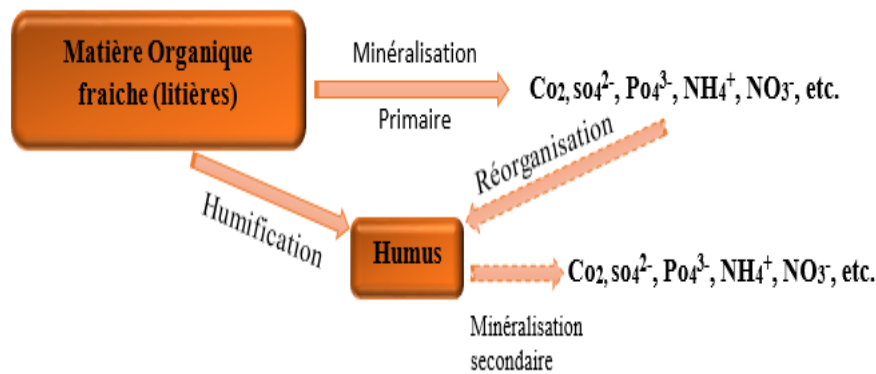


Figure 3 : Processus de décomposition de la matière organique fraîche (Duchaufour, 2001)

I.5.1. Actions de la matière organique sur les propriétés du sol

Les matières organiques ont des diverses propriétés qui leur attribuent des fonctions primordiales dans les agros et les écosystèmes. Les fonctions des matières organiques contribuent de façon générale à l'aptitude des sols à la production végétale par l'amélioration de ces propriétés physiques, chimiques et biologiques.

I.5.2. Actions sur les propriétés physiques du sol

Les M.O assurent la cohésion des autres composants du sol entre eux, contribuent à la structuration du sol et à la stabilité de la structure. Ceci est dû au grand nombre de liaisons électrostatiques et surtout de liaisons faibles que les M.O peuvent assurer (Balesdent, 1996).

Selon Duthil, (1973) La teinte foncée des terres riches en M.O favorise l'absorption de l'énergie solaire. Ceci se traduit par un réchauffement plus rapide des sols nus.

La capacité du sol pour l'eau est en effet liée à la teneur en M.O en raison de l'hydrophilie extrêmement accusée des colloïdes qui la composent (Duthil, 1973). Cette matière retient d'autant mieux l'eau qu'elle est humifiée, elle régularise le bilan de l'eau dans le sol.

I.5.3. Actions sur les propriétés chimiques du sol

Le M.O contribue généralement à la fertilité chimique des sols. Ce sont des réserves de nutriments, principalement utilisées pour l'azote, le phosphore et le soufre (Balesdent, 1996).

Selon (Grissa et Ben Kheder, 2000) les matières organiques sont dans leur ensemble par leur minéralisation, une source alimentaire de certains nutriments et la facilité de leur utilisation suite à la libération par oxydation de l'humus et de gaz carbonique. D'après Duthil (1973), cette décomposition progressive est doublement intéressante :

- D'une part, elle s'étend sur la quasi-totalité de la période de végétation, ce qui correspond bien à l'alimentation normale et évite les pertes dues au lessivage et à l'insolubilisation.
- D'autre part, elle apparaît « complète » que la destruction microbienne des débris végétaux enfuis libère aussi bien N, P, K, Ca, S que d'autre élément moins connus ou moins évidents Mg, Zn, B, Cu, Fe, Al, Si, ... Etc.

I.5.4. Actions de la M.O sur les propriétés biologiques du sol

Les apports organiques facilement fermentescibles permettent d'améliorer l'activité biologique (Parr, 1973). Les M.O représentent un véritable substrat énergétique pour les micro-organismes pour synthétiser leurs propres protéines ainsi que pour former des métabolites (Ribiero, Mouraux, Novikoff, 1976).

Les matières organiques représentent l'aliment des vers de terre et des arthropodes (insectes, acariens...). Les matières organiques jeunes apportent les sucres et les matières azotées nécessaires aux micro-organismes. Les matières organiques, en améliorant la structure et l'aération du sol, favorisent le développement des bactéries aérobies, indispensables à la minéralisation et aux échanges dans la rhizosphère (Soltner, 2003).

I.6. Matières organiques et activité biologique du sol

Il y'a un lien très important entre le taux de matière organique et l'activité biologique des sols.

La biologie des sols fait référence à l'abondance, la diversité et l'activité des organismes vivant qui participent au fonctionnement du sol (Chaussod, 1995).

Les activités biologiques et plus encore les populations microbiennes dépendent fortement des caractéristiques physiques et chimiques des sols. Les principaux paramètres sont la texture, la structure, le pH et la teneur en matière organique (Chaussod, 1995).

I.6.1. Organismes vivants du sol

Les organismes vivants dans le sol sont en majorité invisibles à l'œil nu, en plus ils représentent, une quantité peu significative (<1%), quelques centaines de Kg/ha, par rapport aux milliers de tonnes de matières solides que pèse chaque hectare de terre. Néanmoins, cette fraction minuscule vivante dans le sol a un rôle crucial, et contribue par des fonctions vitales dans la dynamique des matières organiques, des matières minérales (cycle biogéochimiques) et la vie dans le sol.

Les sols constituent une extraordinaire réserve de biodiversité et abrite de très nombreuses espèces. Des espèces particulièrement adaptées se développent même dans les conditions extrêmes de salinité, de température, de pollution, de sécheresse ou d'humidité. Dans cette diversité les bactéries et les champignons prédominent largement à plus de 80% de la biomasse présente dans les sols.

Les sols constituent un vaste écosystème où les organismes vivants trouvent une grande diversité de biotopes adaptés à leur taille et leurs exigences. Ainsi les activités humaines, agricoles ou industrielles, perturbent inévitablement l'activité biologique dans les sols.

I.6.2. Répartition en fonction de la taille

Les organismes du sol sont généralement de petite taille. On dénombre des millions d'individus dans une cuillère à café de sol (environ 10g). Les différents êtres vivants en liens avec le sol sont par ailleurs répartis selon leur taille en quatre (4) groupes :

La microflore et la microfaune (<0,2mm) : regroupent les bactéries, certains champignons, les protozoaires et les nématodes.

La mésofaune (0,2 à 4mm) : comprends les microarthropodes : acariens, collemboles, diploures, les petits myriapodes, ainsi que les grands nématodes et les vers enchytréides.

La macrofaune (4 à 80mm) : elle est d'une grande diversité et regroupe la majorité des arthropodes (larves d'insectes, isopodes, myriapodes, chilopodes, les termites, ...) et les lombricidés (vers de terre). Les vers de terre représentent une catégorie importante, par sa biomasse (plusieurs centaines de kg/ha) et leurs rôles dans le transport et la biotransformation des résidus.

I.6.3. Réseau trophique dans le sol

Les organismes vivants ont besoin pour vivre de nutriments et d'énergie. La biomasse est essentiellement construite de carbone. Les organismes autotrophes, végétaux chlorophylliens, les algues et certaines bactéries, puisent le carbone à partir du CO₂ de l'air et le réduisent pour

la construction de leurs tissus. Les organismes hétérotrophes, utilisent le carbone déjà réduit de substrats organiques, ce sont des bactéries, des champignons, des végétaux non chlorophylliens et des animaux.

Une succession de réactions biochimiques permettent l'établissement d'un flux de transmission d'énergie et de nutriments entre les maillons biologiques constituant une chaîne trophique. Les organismes aptes à utiliser le carbone atmosphérique pour construire leur propre biomasse sont appelés organismes autotrophes. Par la suite les organismes hétérotrophes s'alimentent en carbone à partir des matières édifiées par les précédents. Selon leur mode de nutrition les organismes se relayent de façon concurrentielle ou complémentaire. Ainsi se constitue dans les sols un réseau qui se prolonge bien au-delà de la couverture pédologique par les végétaux et les animaux constituant l'essentiel de l'alimentation humaine.

II. Champignons dans le sol

II.1. Généralités sur les champignons

Les champignons sont des micro-organismes EUKARYOTES qui sont classés en trois groupes : les champignons filamenteux, les levures et les champignons supérieurs (Brock et al., 1994). Les champignons filamenteux sont caractérisés par une structure mycélienne. Leur appareil végétatif (thalle) est constitué par des filaments ramifiés, les hyphes. Leur organisation est coenocytique, à l'intérieur de la structure filamenteuse, entourée d'une paroi rigide, se trouve une masse cytoplasmique multi-nuclée mobile, sans cloisonnement en unités cellulaires.

Chez de nombreux champignons, il existe des cloisons transversales à intervalles réguliers dans les hyphes, mais, en fait, ces cloisons sont percées d'un pore central permettant la libre circulation du cytoplasme et des noyaux. Néanmoins, on dit qu'ils ont un mycélium « cloisonné » (Bocquet, 1993).

II.2. Reproduction chez les champignons

Les champignons se reproduisent par germination des spores. Les spores mûres sont libérées des appareils sporifères et disséminées dans la nature, essentiellement par le vent. Une spore germe et émet un filament (hyphe) qui croît, s'allonge par l'extrémité apicale et se ramifie pour donner un nouveau mycélium. Les champignons ont aussi la possibilité de se propager par bouturage. Un simple fragment de mycélium est capable de se développer et de former une colonie.

Il peut exister deux types de reproduction, asexuée et sexuée (Alexopoulos et al., 1996). Les spores asexuées naissent des corps fructifères et elles peuvent être endogènes (à l'intérieur d'un sporange) ou exogènes (conidies). Les spores sexuées naissent de la division méiotique d'un zygote, suivie d'une ou plusieurs divisions mitotiques.

II.3. Croissance des champignons dans le milieu naturel

La croissance fongique dans un environnement naturel, est beaucoup plus lente que dans les conditions *in vitro* du laboratoire, car les conditions physico-chimiques dans la nature ne sont pas toutes optimales en même temps. Normalement, les micro-organismes se développent dans la nature à moins de 1 % du maximum de croissance réussie dans le laboratoire. Cette faible croissance est due, principalement, à plusieurs facteurs tels que :

- (i) Les substrats sont faiblement approvisionnés,
- (ii) La distribution de nutriments dans l'habitat microbien est hétérogène,
- (iii) Les micro-organismes ne se développent pas en culture pure.

En fait, dans une même niche écologique, les champignons doivent faire face aux autres micro-organismes, et se développer en harmonie et en bonne intelligence avec leurs voisins directs.

Les communautés fongiques ne restent pas fixées dans un état stationnaire indéfiniment. Certaines perturbations, telles que, les invasions des animaux, les stress provoqués par l'épuisement des nutriments, les interactions antagonistes d'autres espèces qui concourent pour le même substrat, les changements de température, du pH, etc., imposent un renouvellement continu des communautés fongiques. De ce fait, on assiste le plus souvent à des successions des populations fongiques.

La compétition microbienne pour consommer les substrats disponibles dépendra de la vitesse de leur assimilation, étroitement liée aux vitesses métaboliques et aussi, à l'inhibition conférée par un micro-organisme voisin qui produit un métabolite toxique (mycotoxines, acides organiques, etc.).

II.4. Facteurs environnementaux

Les facteurs environnementaux, tels que, l'aération, le pH, la disponibilité d'eau, les nutriments et la température influencent la croissance des micro-organismes et jouent un rôle déterminant sur la biodiversité microbienne dans un habitat particulier (Brock et *al.*, 1994 ; Dix et Webster, 1995).

- **II.4.1 Aération** : Sauf de rares exceptions, les champignons sont aérobies (Alexopoulos et *al.*, 1996). Quelques espèces sont plus tolérantes que d'autres aux faibles concentrations d'oxygène et quelques-unes sont anaérobies facultatives.
- **II.4.2. Réaction chimique du milieu (pH)** : La majorité des champignons ont une préférence pour les milieux à pH acides. En général, leur pH optimum de croissance est compris entre 5 et 6 (Dix et Webster, 1995).
- **II.4.2. La disponibilité de l'eau** : L'activité de l'eau (A_w) est une mesure de l'eau disponible pour la croissance des micro-organismes. L' A_w représente le rapport entre la pression de la vapeur d'eau d'une substance ou d'une solution en équilibre dans l'air et la pression de la vapeur d'eau pure à la même température. En général, le développement des champignons requiert une A_w inférieure à celle des bactéries. La limite inférieure de A_w pour la croissance de *Penicillium*

martensii et *Aspergillus nidulans* est de 0,8 ; celle de *Aspergillus candidus* est de 0,75 et celle de *Saccharomyces rouxii* est de 0,6 (Carlile et Watkinson, 1994).

• **II.4.3. Les nutriments** : Les champignons ne sont pas très exigeants dans leurs besoins nutritionnels et puisent, dans le milieu environnant, les éléments nutritifs qui leurs sont nécessaires. Les sels minéraux et certaines vitamines peuvent stimuler ou orienter leur développement. Ces éléments nutritifs sont présents en relative abondance dans la nature et donc accessibles aux champignons (Roquebert, 1985).

• **II.4.5. Le facteur température**

La température joue un rôle très important et souvent décisif pour la distribution des organismes sur la surface de la terre. Les champignons, comme tous les autres groupes de microorganismes, ont évolué pour s'adapter aux variations de températures environnementales et occuper un vaste domaine dans les écosystèmes, essentiellement terrestres.

A des températures inférieures à 0°C, les cellules fongiques peuvent survivre, mais, elles se développent rarement. Au-dessus de 40°C, la plupart de champignons arrêtent leur croissance et sont détruits (Deverall, 1965). De ce fait, la majorité de moisissures sont des microorganismes mésophiles et se développent normalement à une température comprise entre 5°C et 35°C, avec un optimum situé entre 25° et 30°C. Exceptionnellement quelques champignons peuvent se développer à des températures supérieures à 50°C et ils sont appelés thermophiles ou thermotolérants.

La température d'incubation est un facteur primordial pour la croissance et le métabolisme des cellules. Au fur et à mesure que la température augmente, les réactions biochimiques s'accélèrent à l'intérieur de la cellule. Néanmoins, au-dessus d'une certaine température, les protéines et les acides nucléiques, principalement, peuvent être irréversiblement dénaturés.

II.5. Croissance des champignons sur milieux gélosés

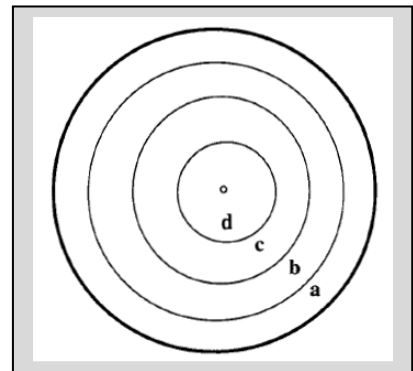
L'étude de la croissance de champignons filamenteux sur des milieux gélosés permet de mettre en évidence les différentes étapes de leur développement. Lorsqu'une spore est placée sur un milieu gélosé convenable pour sa croissance et sous des conditions d'incubation favorables, un tube germinatif (hyphe) émerge de la spore en l'espace de quelques heures (phase de germination).

L'inoculation avec une ou plusieurs spores, ou avec un fragment du mycélium sur un point précis de la surface d'un milieu nutritif gélosé, donne naissance à une colonie, matérialisée par

une aire de croissance approximativement circulaire de mycélium non différencié. La croissance, sur cette aire, provoque l'épuisement des nutriments de la surface du milieu gélosé en contact avec le mycélium. Par conséquent, le développement du mycélium établit un gradient de concentrations de substrats et de métabolites dans le milieu de culture.

Au cours de l'incubation et tant que le front de la colonie avance, la croissance du mycélium est radiale. Le mycélium continue à avancer jusqu'à l'encontre d'un obstacle (par exemple, la paroi d'une boîte de Pétri), ou jusqu'à l'épuisement des nutriments. Le développement radial de la colonie provoque une différenciation des structures mycéliennes qui évoluent du centre jusqu'à la périphérie de la colonie (Carlile et Watkinson, 1994). Pour une colonie donnée, différentes zones de différenciation sont formées, à savoir (Figure) :

- a) La zone d'extension, partie de l'hyphe qui avance vers le milieu inexploré.
- b) La zone productive, où il y a la plus importante production de biomasse.
- c) La zone de fructification où il n'y a plus d'augmentation en biomasse et les formes de reproduction sexuée et asexuée commencent à être formées.
- d) La zone de vieillissement, où les hyphes sont très vacuolés ou vides, à cause d'une mobilisation du cytoplasme vers les spores ou vers les parties les plus jeunes de la colonie.



II.6. Ecologie des champignons

Dans la nature, les champignons se développent le plus souvent comme des microorganismes saprophytes. Ils participent à la dégradation et au recyclage de la matière organique et minérale. Ces caractéristiques confèrent aux champignons, la possibilité de coloniser et d'explorer de nouveaux habitats et ainsi, d'occuper tous les environnements possibles terrestres et aquatiques, régions tropicales et polaires (Dix et Webster, 1995).

L'écologie microbienne étudie le comportement des micro-organismes dans leur environnement naturel. Le terme environnement fait allusion à tout ce qui entoure les microorganismes : Les facteurs chimiques, biologiques et les forces physiques qui agissent sur eux.

L'écologie microbienne centralise ses études dans deux points principaux :

- L'isolement, l'identification et la quantification des micro-organismes dans leurs habitats.

- L'activité des micro-organismes avec leur environnement.

Dans le cadre de ce travail, nous allons nous consacrer, essentiellement, au premier point qui portera sur les champignons isolés des échantillons de sols prélevés sur la parcelle de vigne de Boumerdes.

II.7. Isolement des champignons

Rarement, un environnement naturel contient uniquement un seul type de microorganisme. Dans la plupart des cas, une énorme variété de micro-organismes est simultanément présente et c'est aux microbiologistes de concevoir la stratégie, les méthodes et les procédures qui permettront d'isoler, de cultiver et de sélectionner un micro-organisme particulier. Pour cet isolement, des échantillons appropriés, contenant une importante microflore naturelle, doivent être choisis très attentivement.

La mise en œuvre d'une culture d'enrichissement fait appel à la technique de l'étalement en surface (technique des stries) ou à la technique de dilutions successives en milieu liquide jusqu'à l'épuisement de la microflore. La première et principale étape pour la production d'un métabolite microbien par un procédé fermentatif, consiste à sélectionner un micro-organisme adéquat qui soit capable de produire, le plus rapidement possible, le métabolite d'intérêt à des concentrations convenables. La sélection d'un micro-organisme constitue une étape très importante en Biotechnologie et elle est un des paramètres essentiels de la réussite ou de l'échec du développement d'un nouveau procédé microbien.

II.8. Identification de champignons

L'identification des champignons selon Botion et *al.*, (1985) fait essentiellement appel aux caractères cultureux et morphologiques tels que :

- Caractères cultureux : vitesse de la croissance apicale ; texture, marge, épaisseur et couleur de la colonie ; pigmentation de l'agar, production d'exsudat et odeur des colonies.

- Caractères morphologiques :

a - Du mycélium : absence ou présence de cloisons, couleur, dimensions, ornementation des parois, mode de ramification, différenciation des thallospores.

b - Des organes différenciés et de leur contenu : forme, couleur, dimensions, texture des parois et ornements.

Des clés d'identification des champignons sont établies par différents groupes de chercheurs afin de classer les nouvelles souches. On donnera par la suite uniquement les clés nécessaires pour identifier les souches que nous avons isolées.

Exemple : identification du genre *Aspergillus*

Les clés d'identification du genre *Aspergillus* sont les suivantes :

- Coniophores dressés et renflés en vésicule.
- Vésicules portant des phialides (cellules conidiogènes).
- Spores unicellulaires (conidies) groupées en chaînes formées à partir des phialides. Si les phialides sont directement insérées sur la vésicule, ces *Aspergillus* sont appelés *Aspergillus* unisériés. Mais, si les phialides sont portées par des cellules intercalaires (métules) insérées sur la vésicule, ces *Aspergillus* sont appelés *Aspergillus* bisériés.

II.9. Diversité fongique dans le sol

La diversité observée des champignons du sol dépend en grande partie de la méthode utilisée et du nombre d'isolats obtenus (Gams, 2007). La base de données CBS (The Central bureau voor Schimmelcultures : **Bureau central de la biodiversité fongique**) a estimé le nombre 2 210 espèces de champignons du sol en 2001, environ 70 % des espèces connues disponibles en culture. Le nombre d'espèces de champignons du sol devraient être considérablement plus nombreux que les 3 300 espèces actuellement connues, les groupes fréquemment étudiés sont *Fusarium*, *Trichoderma*, *Penicillium* et *Aspergillus* (Gams, 2007).

Parmi les 246 nouveaux taxons fongiques décrits au cours de ces 60 dernières années en provenance du Moyen-Orient, des sols désertiques et de marais salants, 53 espèces sont des champignons qui vivent dans le sol adapté à des températures élevées ou à des concentrations élevées de sel (Mouchacca, 2005).

Les champignons Alcalophile et alcalitolérants forment un autre groupe écologique. Dans les sols alcalins (pH voisins de 9,8) en particulier les espèces de type *acremonium* et *Fusarium*, ont été trouvés en Indonésie (Nagai et *al.* 1995).

III. Intérêts agronomiques des boues et des eaux usées :

La prédominance de l'agriculture intensive est considérée par les acteurs du monde agricole comme moyen de performance des parcelles agricoles. Ce choix n'est pas entièrement justifié, il a conduit à la perturbation des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols. Un déséquilibre dans le cycle du carbone, résultant essentiellement des pertes importantes en matières organiques et des changements graves dans les flux de nutriments dans le sol (Smith et *al.*, 1993).

Les sols agricoles des pays Méditerranéen sont très fréquemment caractérisés par des teneurs très faibles en matières organiques. La faible teneur en matières organiques est souvent accompagnée par la réduction de la fertilité des sols et leurs potentialités de production, comme témoignent plusieurs auteurs (Clappet *al.*, 1986 ; Tate, 1987). Une alternative crédible est proposée par les spécialistes pour parer à cette situation et reverser le processus de dégradation de la qualité des sols, il s'agit des amendements organiques à base de produits organiques résiduels (Bastian, 1986 ; Gallarda, 1987).

L'incorporation de boues et des eaux usées dans les sols agricoles favorise une revitalisation de l'activité biologique. Les microorganismes du sol jouent un rôle essentiel dans la transformation des matières organiques du sol, un levier important de la disponibilité des nutriments pour les plantes. L'activité microbienne et sa relation avec le potentiel de fertilité du sol sont généralement étroitement liées par la relation biomasse, transformations des composés organiques et biodisponibilité des éléments nutritifs tels que : C, N, P et S.

Les boues résiduaires et des eaux usées constitue par leurs compositions organiques et leurs nutriments un atout important pour les cultures, même si cela peut augmenter le niveau de métaux traces potentiellement nocifs et de diverses toxines organiques qui ne sont pas facilement dégradables dans le sol (Cherfouh et *al.*, 2018 ; Giusquiani et *al.*, 1995).

III.1. Effets des apports de Boues sur l'activité biologique du sol

La détermination du carbone relatif à la biomasse microbienne et l'activité enzymatique fourni des informations sur les processus biochimiques qui se produisent dans le sol. Les paramètres biologiques constituent des indicateurs pertinents en mesure de relater les stress édaphiques et les déséquilibres écologiques. Dans l'écosystème sol, l'exploitation des informations fournies

par l'activité biologique constitue un outil fiable pour l'étude des cycles géochimiques des éléments dans le sol.

III.2. Effets sur la biomasse microbienne du sol

Dans la couche arable des sols agricoles, la taille de la biomasse microbienne du sol dépend de la teneur en matière organique du sol (Houth et Chausse, 1995) et la biomasse du carbone représente généralement 2 à 3 % du Carbone organique du sol. Les sols des zones semi-arides ont une très faible activité microbienne (Garcia et *al.*, 1994) et de faibles teneurs en matières organiques, en raison du processus d'oxydation accru, aux opérations de travail du sol qui aèrent et causent des perturbations de l'horizon superficiel, partie plus riche en matières organiques.

Ces facteurs édaphiques constituent des conditions négatives pour une augmentation de la biomasse microbienne dans le sol. Ce paramètre est en relation avec la fraction vivante de matière organique comprenant la masse totale des organismes vivants du sol constitue un bon indice de comparaison un sol naturel et un sol dégradé (Sparlin 1992 ; Rose et *al.*, 1982)

La biomasse est un indicateur beaucoup plus sensible à l'évolution des conditions du sol telle la teneur en matière organique totale. Les différences significatives entre un sol amendé et un sol non amendé, est éventuellement une conséquence du stress environnemental, comme la pollution par les métaux lourds, la salinité ou les fluctuations de pH du sol, qui provoquent des changements dans les métabolismes de la biomasse microbienne du sol, dirigeant plus d'énergie pour l'entretien de la croissance des microorganismes (Killham, 1985). Ceci pourrait donc expliquer les résultats, en particulier de la faible teneur en biomasse microbienne dans les sols amendés avec des boues, par rapport au sol non amendé. Des études indiquent que la réduction de ce ratio dans est une conséquence directe de la pollution par les métaux (Chanderkes, 1991).

III.3. Effets sur l'activité enzymatique

L'activité biologique au niveau du sol peut être caractérisée par les paramètres mesurables tels que : la respiration basale au sein du sol, le quotient métabolique et l'activité enzymatique (Dehydrogenase, catalase, urease et protease) La déshydrogénase et la catalase sont des enzymes intracellulaires impliquées dans métabolisme des oxydoréductases des microorganismes.

L'activité enzymatique dépend essentiellement de l'état du sol, Garcia et *al.*, (1994) considère cette activité métabolique comme un bon indicateur d'activité microbienne dans les sols des

zones semi-arides. L'activité de la déshydrogénase est plus élevée dans des sols amendés, de façon significative, avec une biomasse microbienne plus active (Garcia et *al.*, 2002).

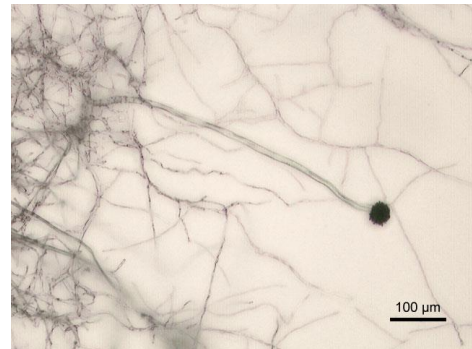
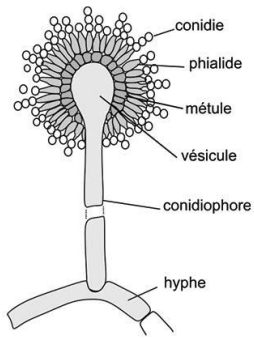
La catalase est une oxydoréductase associée à une activité microbienne aérobie. Cette l'activité enzymatique était plus élevée dans le sol amendé avec la boue durant la période suivant l'épandage des résidus de matières organiques. Cependant, à long termes, l'effet résiduel est peu significatif comparativement au témoin.

Dans l'ensemble, les apports de boues sur les sols agricoles ont des effets positifs sur la biomasse microbienne et ses activités enzymatiques. Ces paramètres biologiques et biochimiques réagissent aux perturbations essentiellement à courts termes.

III.4. Effets des eaux usées sur les du sol

L'irrigation continue des sols avec les eaux usées entraînent un changement spectaculaire de l'état nutritionnel du sol en faveur de certains groupes fongiques tout en entravant la croissance d'autres. Trois espèces de champignons se présentent avec une forte dominance dans les sols, il s'agit de *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* et *Aspergillus fumigatus* (fig 4). Cependant cette dominance est aussi caractérisée par une forte variation dans les proportions, impliquant que d'autres propriétés du sol interviennent dans la distribution des champignons. La fréquence des champignons de type *Chaetomium*, *Trichoderma*, *Acremonium*, *Curvularia* et *Fusarium* est plus faible (de 8 à 25%) et n'apparaît dans tous les sites échantillonnés. (Garcia et *al.*, 2012)

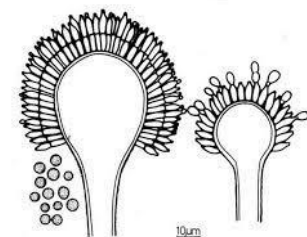
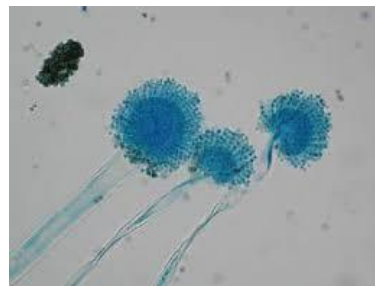
Généralement, la présence de métaux lourds entraîne une diminution de la diversité microbienne. Ceci est dû à l'extinction d'espèces sensibles au stress abiotique au profit d'autres espèces plus tolérantes. Certains champignons saprotrophes appartenant à d'importants agents phytopathogènes peuvent être inhibés par les conditions du sol induites par l'irrigations avec les eaux usées (Rousidou et *al.*, 2010). Le développement des champignons saprophytes étaient significativement plus élevés dans sols irrigués avec les eaux usées (Mechri et *al.*, 2008).



(a) *Aspergillus niger*



(b) *Aspergillus fumigatus*



(c) *Aspergillus flavus*

Figure 4 : Présentation à l'échelle macroscopique et microscopique de certains champignons.

IV. Champignons et processus d'épuration des eaux usées

Le processus biologique d'épuration des eaux usées fait appel à un ensemble de microorganismes pour pouvoir séparer l'eau des matières dissoutes et en suspension. Les microorganismes forment un floc microbien comprenant eubactéries, bactéries filamenteuses, algues, champignons, protozoaires et rotifères (figure 5). Le bassin d'aération offre les conditions pour

la transformation et l'élimination des polluants par un consortium variable mixte de micro- et macro-organismes constituant les boues activées.

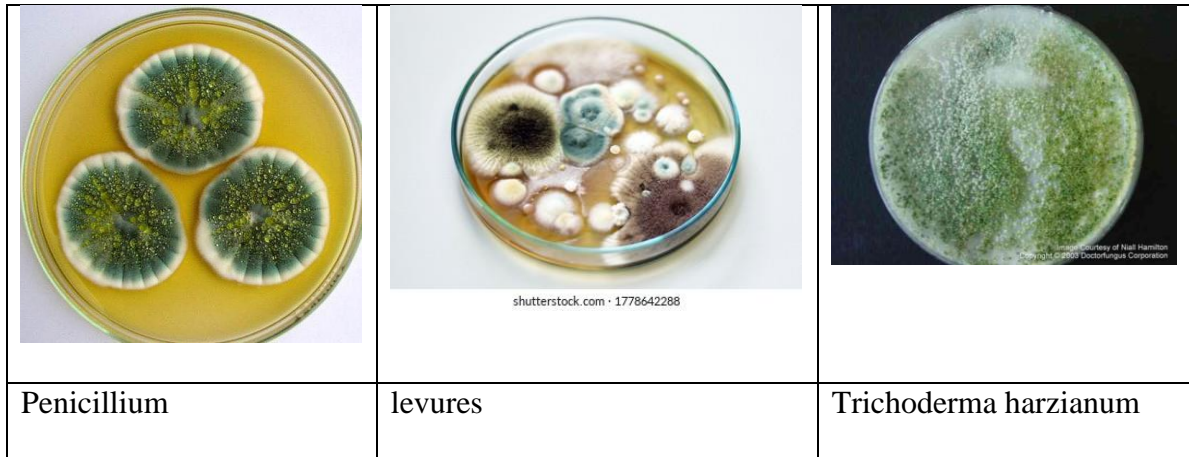


Figure 5 : exemple de composition d'un floc microbien actif dans les processus d'épuration des eaux usées

Les boues activées constituent un habitat pour la croissance et la sporulation de différents groupes de champignons, à la fois saprophyte et pathogène (Awad et Kraum, 2010). Abdel-Hafez and El-Sharouny (1990), montre que de nombreux microorganismes sont largement présents dans les boues résiduaires et les sols amendés.

Dans les échantillons de boues activées en condition aérobie, les champignons ont été trouvés dans les proportions suivantes : Geotrichum a été trouvé à (8,8%) suivi par Penicillium (75,0%), Levures (65,7%) et Trichoderma (55,5%).

De nombreux champignons sont reconnus pour être pathogène pour les plantes, les animaux et les humains. Étant donné que de nombreux champignons se sont avérés être les agents responsables des mycoses, car les champignons sont présents en abondance dans les eaux usées boues et sols amendés. A ce titre, les études des effets des champignons sont importantes des points de vue hygiéniques, épidémiologiques et écologiques.

De plus, les boues sont de plus en plus utilisées comme amendement organique des sols agricoles et forestiers. Ainsi, la connaissance de la distribution des espèces fongiques pathogènes dans de telles boues activées est importante.

III. Présentation de la zone d'étude :

III.1- Situation géographique

La wilaya de Boumerdes est une wilaya côtière du centre du pays qui s'étend sur une superficie de 1 456,16 km² avec 100 km de profil littoral allant du cap de Boudouaou el Bahri à l'ouest à la limite Est de la commune d'Afir. Elle compte actuellement 32 communes regroupées dans 09 daïras. La position géographique confère à la wilaya de Boumerdes une position intéressante sur le plan des échanges commerciaux pour la région nord comme lieu de passage entre la partie Est et Ouest de l'Algérie. À travers la wilaya de Bouira, Boumerdes peut prétendre être une porte vers la région steppique et du Sud Algérien.

La commune de Corso où se situe la parcelle d'étude est à proximité de la ville de Boumerdes, elle se caractérise par une agricole et touristique importante.

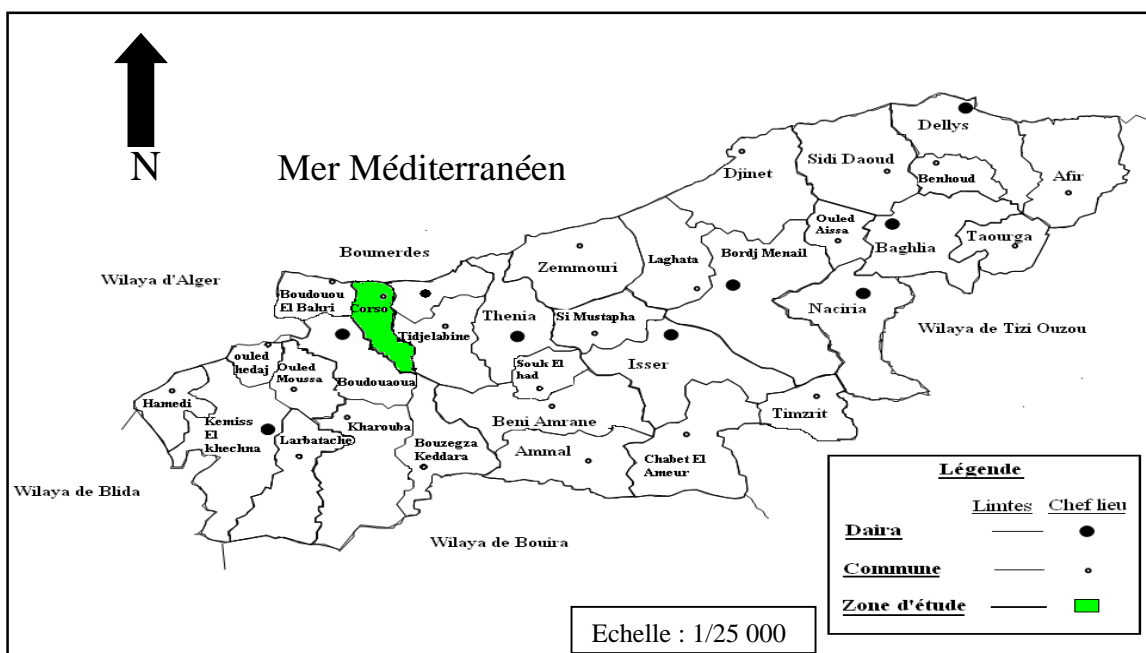


Figure 06 : situation géographique (échelle 1/25000)

III.2. Relief et morphologie du territoire

Le relief de la wilaya se particularise par la juxtaposition d'ensemble physique bien différencié. Nous distinguons un panorama composé de :

- Le territoire de la plaine de la Mitidja orientale et la zone des côtes d'Alger-Est et les vallées des oueds Isser et Sebaou. Cette entité se caractérise essentiellement par des sols légers le long

de la bande du littoral et des sols lourds à l'intérieur, qui comprend essentiellement les plaines de Mitidja, les plaines du bas Sébaou et la vallée de l'Oued Isser.

□□ La zone de colline de la chaîne côtière, la zone des piedmonts et la zone montagneuse.

Comprend les massifs montagneux et la chaîne du littoral. Les sommets de crêtes sont onduleux et accidentés, présente des escarpements jusqu'à 700 m d'altitude au Nord-est de la wilaya.

III.3. Potentialités Hydriques et agricoles

La superficie globale de la wilaya de Boumerdes est de 145465ha. Les terres utilisées par l'agriculture représentent 99592ha soit 68,46% de la surface globale (tableau 01). La surface agricole utile(SAU) est estimée à 65738ha, elle occupe alors 45,19% de la surface globale de la wilaya et plus de la moitié de la surface agricole totale(SAT), soit 66% ce que permettra de développer des systèmes des cultures diversifiées.

La superficie irriguée représente 19% de la SAU et les différentes ressources hydriques sont :

- ✓ 04 Barrages avec un volume de 11500000 m³.
- ✓ 25 Retenues collinaires avec un volume de 1500000 m³.
- ✓ 257 Forages avec un débit de 2046 l/S.
- ✓ 1134 Puits avec un débit de 3383 l/S.

Tableau 01 : Répartition générale des terres de la wilaya de Boumerdes

				Superficies (ha)
Terres Utilisées par l'agriculture	Superficie Agricole Utile(S.A.U)	Terres Labourables	Cultures Herbacées	39528
			Terres au Repos	3544
	Cultures permanentes	Plantations Fruitières	14242	
		Vignobles	8224	
		Prairies naturelles	200	
	Total S.A.U			65738
	Pacages et les parcours			18591
Terres improductives			15263	
Total des terres utilisées pour l'agriculture				99592
Exploitations forestières				99592
Terres non agricoles				27553
Superficies totale de la wilaya				145465

Source : (DSA de Boumerdes 2020)

III.4. Aperçu sur de la ferme Rahmouni

La ferme Rahmouni est une exploitation agricole, collective de 38ha avec 8ha c'est de vignoble, située dans la région de corso (wilaya de Boumerdès), cette ferme se trouve dans une zone du littoral, elle est exposée au nord par la mer méditerranéenne.

La topographie des parcelles est peu ondulée à certains endroits et presque plat pour la plupart des parcelles de la ferme. La terre est d'aspect homogène. Le choix de cette ferme a été fait sur la base d'abord de la réceptivité de l'agriculteur, la qualité du suivi des opérations agricoles, et c'est une exploitation qui fait partie d'un projet pilote de valorisation agricole des eaux usées épurées et des boues résiduaires depuis 2002.



Figure 07 : Position de la ferme Rahmouni dans la commune de Corso

III.5. Climat

La wilaya de Boumerdès est caractérisée par un climat méditerranéen (hiver froid et humide, été chaud et sec). D'après les données météorologiques de la station des Isser (2015-2020), la pluviométrie moyenne annuelle est irrégulière et varie entre 500 et 1 300 mm/an. il y a lieu de signaler que la région de Dellys est plus arrosée que le reste de la wilaya avec une pluviométrie

moyenne égale à 900 mm/an. Le nombre de jours de pluie par an est d'environ 80 jours. Les amplitudes thermiques sont en générale faible dans la wilaya : ceci étant dû à la proximité de la mer. La température moyenne est de 18°C près de la cote et 25°C à l'intérieur.

Selon le tableau 02, d'analyse des précipitations, le mois le plus pluvieux est Décembre avec 128,8 mm et Juillet représente le mois le plus sec (0,84 mm). La pluviométrie totale enregistrée est de 627,7 mm, elle correspond à la moyenne annuelle de précipitation pour la période de 2015-2020, dont 95% sont enregistrées durant la période Octobre à Mai.

Tableau 02 : pluviométrie moyenne mensuelle période de 2015-2020. (Station Isser)

mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P(mm)	87,9	57,6	76,8	62,1	42,8	1,2	0,8	1,8	27,9	39,0	100,5	128,8
)	4	3	6	6	8	3	4	4	6	2	3	8

La température atmosphérique est l'un des facteurs climatiques ayant un effet important sur les processus vitaux des êtres vivants et leur répartition géographique, ainsi que l'évolution des sols (pédogenèse) (Duchauffour, 1997). D'après Seltzer, 1946, la température de l'air varie selon deux facteurs : - Le lieu : l'altitude, la latitude et la continentalité, - Le moment : la saison et la mobilité de l'air.

**Tableau 03 : Températures maximales, minimales et moyennes mensuelles en (°C)
Pour la période (2015-2020).**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Min	7,66	7,34	10,5	8,02	16,32	23,47	26,35	25,61	21,65	21,14	14	9,28
Max	15,55	15,63	16,95	12,6	22,63	26,48	30,15	30,47	26,55	29,48	23,6	16,35
Moy	11,60	11,48	13,72	10,31	19,47	24,97	28,25	28,04	24,1	25,31	18,8	12,81

III.5.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen, sert particulièrement à déterminer la période de sécheresse et sa durée dans une région donnée, ainsi que la période humide à partir des données mensuelles pluviométriques et thermiques. Bagnouls et Gaussen (1953), ont défini

la saison sèche comme étant une période où les précipitations (P) en millimètre sont inférieures ou égale au double des températures moyennes (Tmoy) exprimée en degré celsius. ($P \leq 2T$)

La courbe Ombrothermique de 2015-2020 indique que le climat de la région a été caractérisé par une période humide ; elle s'étale du mois d'octobre jusqu'à le mi-Mai. Une période sèche, elle est de 5mois ; elle s'étale du mi-mai jusqu'à la fin du mois d'octobre, période durant laquelle l'irrigation est obligatoire.

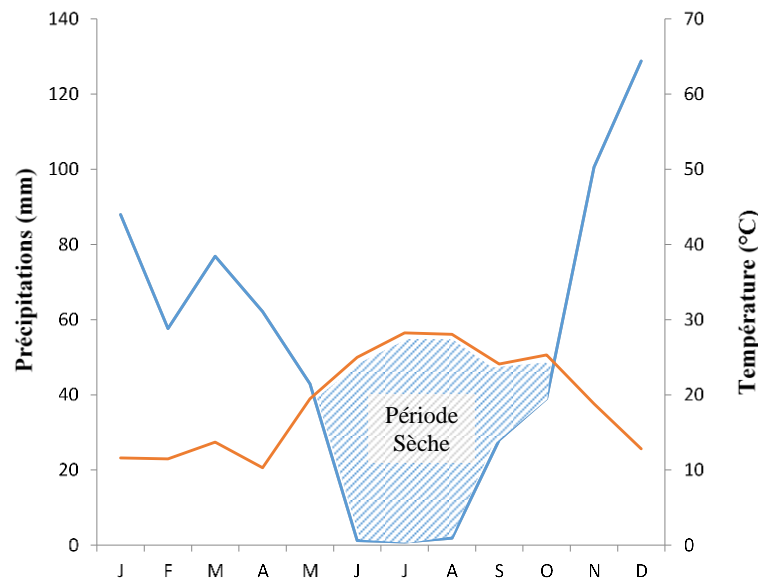


Figure 08 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен pour la zone d'étude.

III.5.2. Etage bioclimatique de la région d'étude

La classification bioclimatique de la région de Corso est réalisée par l'utilisation de la formule d'Emberger qui est la plus adaptée pour l'Afrique du Nord. Le quotient pluviométrique lie les deux facteurs essentiels définissant le climat, les précipitations et les températures.

Le climat peut être exprimé par ce quotient qui traduit sa sécheresse, il s'exprime selon la formule modifiée par (Stewart, 1969) :

$$Q_2 = 3.43 \times P / (M-m)$$

D'où : Q_2 : Quotient pluviométrique ; P: Précipitations moyennes annuelles ;

K: 3.43 (coefficient de Stewart établi pour l'Algérie) ; M-m : amplitude thermique ;

$$Q_2 = 3.43 \times 627,69 / (30,47-7,34). \quad Q_2 = 93,08$$

Le quotient pluviométrique d'Emberger ($Q_2 = 93,08$) que nous avons obtenu, nous permet de classer notre zone d'étude dans l'étage bioclimatique subhumide doux.

L'étude climatique nous montre que notre région d'étude est soumise à un climat méditerranéen avec une période de sécheresse estivale de cinq mois, et des hivers avec des précipitations assez importantes. D'après les calculs, le climagramme d'Emberger classe notre région d'étude dans l'étage bioclimatique subhumide doux avec une pluviométrie moyenne annuelle de 627,69 mm.

IV.1. Aspects généraux de la vigne

La vigne est une plante dioïque (K. Ghedira et al., 2012), appartient à la famille des vitacées, le genre *Vitis* comprend deux sous-genres, *Muscadinia* et *Euvtis* (Gallet, 2000). Plusieurs espèces de la famille des vitaceae ont une grande importance économique produisant le raisin de table, des jus de fruits, le vin et le raisin sec. De plus, Il existe quelques espèces qui sont utilisées comme plantes ornementales (WALTERS et al, 2002). C'est une plante de 2 à 17 m (pouvant atteindre 3 à 40 m), à feuillage alternes, grandes, en cœur à la base ; les stipules sont transformées en vrilles (K. Ghedira et al., 2012).



Figure 09 : Illustrations du fruit et des feuilles de vigne

Les fleurs de la vigne sont unisexuées, jaune verdâtre, odorantes et en grappes denses vers le haut du rameau (remarque : la vigne cultivée est hermaphrodite) ; les fruits sont des baies

ovoïdes ou globuleuses, noires ou blanchâtres, acidulés à l'état sauvage, à une loge et à cinq graines ; les pépins sont petits, à bec court (Fig 09). Selon Galet, (2000) Les racines mesurent assez fréquemment 10 m, 15 m, 20 m de longueur. Elles sont loin d'atteindre toujours de telles profondeurs : elles tendent, très rapproché de la surface du sol, où la racine s'enfonce dans le sol pour y puiser les éléments nécessaires à la nourriture de la vigne (Fig 10). A partir de 2001, la viticulture connut un nouveau essor grâce à un plan de relance de l'agriculture. De plus, en 2013 les superficies ont augmenté pour atteindre 68564 hectares (Faostat, 2013)

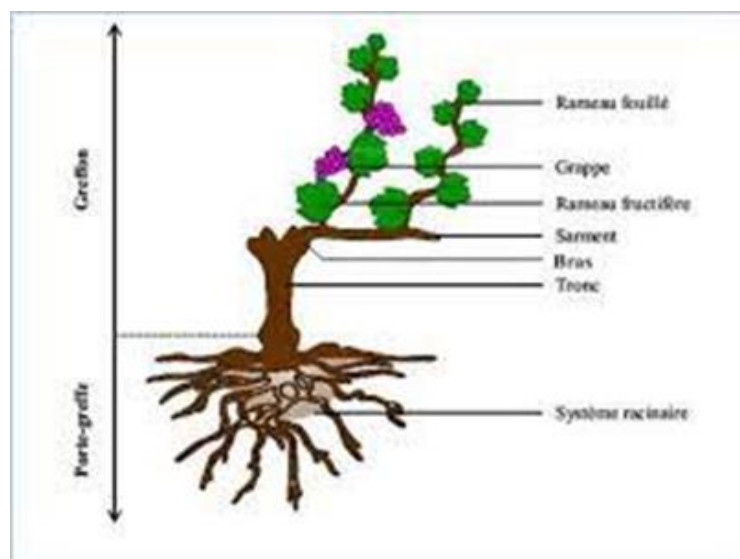


Figure 10 : les différentes parties d'un pied de vigne

IV.2. Interaction et influence sol / vigne

Selon (Tilman, 1999) l'écosystème n'est plus un « vase clos », où chaque organisme assure les fonctions pour lesquelles il est programmé, il devient une constitution largement ouverte à l'extérieur et extrêmement changeable. Celui dont fait partie la vigne impose au végétal des contraintes (carence modérée) générant une réponse particulière et contribuant à la typicité des baies puis du vin obtenu (Lebrun, 2016).

Bien qu'il soit impossible pour les vignes d'extraire les composés aromatiques du sol et de les transporter vers les baies (Goode, 2003), les propriétés du sol affectent la composition des baies à travers sa composition chimique, son pH, sa texture, sa structure, sa profondeur, sa couleur ainsi que sa température (Carey, 2001).

D'après (Barbeau et al., 1998), l'absorption et la réflexion de certaines longueurs d'ondes sont favorisées par la couleur cela en favorisant ou non la maturité des baies. Un sol clair donnera

des baies à la peau plus concentré en polyphénols (Stoll et *al.*, 2008), alors qu'un sol sombre aura la capacité de restituer l'énergie thermique accumulée pendant la journée sous forme de rayonnement, prolongeant ainsi la phase de maturité des baies (Fregoni, 1977).

Le sol comprend l'univers de la rhizosphère, zone exploitée par les racines (Hiltner, 1904), endroit d'échanges d'ions, de compétition pour l'eau et l'oxygène (Lemanceau et Heulin, 1998) où l'activité microbienne est excitée par la libération de composés organiques.

Les traits racinaires ont des effets différents sur les activités microbiennes de minéralisation azotée (Romillac et *al.*, 2015).

Relation vigne-champignons

La relation vigne-champignon n'est pas spécifique. D'après (Daniel Wipf, 2016) Il existe environ 250 espèces de champignons capables de former des mycorhizes à arbuscules avec 80 % des plantes terrestres dont la vigne. D'ailleurs sur un même pied de vigne adulte, on peut trouver des mycorhizes établis avec 5 à 7 champignons différents.

Selon (Thomas et Wipf, 2016) un mycorhize est une association symbiotique à bénéfices réciproques qui s'établit naturellement entre les racines des plantes et des champignons microscopiques du sol. Les mycorhizes, symbioses champignon-racine de la vigne, ont des interactions qui se définissent par :

- Echange de nutriments : La vigne, par la photosynthèse produit et fournit du carbone (notamment des sucres) au champignon incapable lui, d'effectuer la photosynthèse
- Le champignon dispose d'un réseau mycélien permettant d'explorer un volume de sol jusqu'à 1000 fois plus étendu que le système racinaire de la plante. Ce qui permet d'accroître fortement l'exploration des ressources du sol : en eau comme en nutriments.
- Les champignons protègent la vigne du stress abiotique, notamment le stress hydrique en stockant dans les vacuoles de leurs cellules des polluants sans que cela leur soit dommageable.
- La mycorhisation a un impact sur la qualité du raisin.

MATERIEL ET
METHODES



La parcelle étudiée se situe dans la commune de Corso wilaya de Boumerdes. Elle fait partie d'un groupe de parcelle collective (EAC) d'une surface globale de 75 ha.

I. Echantillonnage sur le terrain

L'échantillonnage a été réalisé, en Avril 2021, dans la région de Corso, daïra de Boumerdes, wilaya de Boumerdes, sur une parcelle de vignoble de 13 ha dont 8 ha de vignes, comprenant 10800 vignes en irrigué depuis 2002 (Fig 11). Un prélèvement de sol a été effectué sous dix sujets de vigne désignés au préalable selon une distribution en diagonale (Fig 12(a)).

Après un nettoyage de la surface, des prélèvements de sol ont été effectués sur une profondeur de 10 cm (Fig 12(b)). Ils ont été conditionnés dans des sacs, étiquetés et acheminés vers le laboratoire.



Figure 11 : Parcelle de vigne échantillonnée lieudit Dabouk (originelle,2021)



(a)

(b)

Figure 12 : Prélèvement du sol (originelle,2021)

Ce présent travail a été réalisé au niveau de Laboratoire de Pédologie, Biotechnologie végétale et valorisation des plantes, il porte sur

- Analyses physiques et chimiques du sol.
- L'isolement et l'identification des champignons isolés du sol.

II. Prétraitements des échantillons de sol

Une fois arrivé au laboratoire, les échantillons ont été répartis en deux lots. Le premier lot est constitué d'échantillons destinés pour les analyses physiques et chimiques. Ces derniers sont étalés immédiatement sur des feuilles posées sur les paillasses bien propres et séchés à l'air, à l'abri du soleil, pendant quelques jours (Fig 13(a)).

Une fois les échantillons séchés, ils sont tamisés à l'aide d'un tamis pédologique de 2 mm à mailles. Après le tamisage, la "terre fine" (fraction \leq à 2 mm) et les graviers sont séparés et pesés (Fig 13(b)). Les échantillons de terre sont ensuite conservés dans des boîtes en carton et les gravillons dans des sacs en plastique.

Le deuxième lot était destiné aux analyses biologiques et a été conservé au frigo à une température de 4°C.

**Figure 13 : Prétraitement des échantillons du sol au laboratoire(originelle,2021)**

III. Expérimentation

III.1. Analyses physico-chimiques

III.1.1. pH du sol

Le pH du sol est une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité des sols. Le pH de la solution du sol est un élément déterminant pour une bonne dissolution des éléments nutritifs et par conséquent pour une absorption efficace de ces éléments nutritifs par les racines des plantes (Adjanohoun *et al.*, 2017).

Selon (Soltner, 2004), le pH de la solution du sol est considéré comme l'une des principales variables exprimant les propriétés chimiques des sols.

Ce potentiel hydrogène affecte spécifiquement la disponibilité des éléments nutritifs des plantes, en contrôlant les formes chimiques des nutriments (Kabata-Pendias, 2011).

La mesure du pH est faite à l'aide d'un pH-mètre selon le mode opératoire suivant :

Mode Opératoire

- Étalonnage du pH mètre avec les solutions tampon pH 4, pH 7 et pH 10 ;
- Peser 20 g de "terre fine" placés dans un bécher de 100ml ;
- Ajouter 50 ml d'eau distillé selon le rapport solide/liquide de 1/2,5 ;
- Agiter de temps à autre durant une période de contact de 2h ;
- Laisser se reposer pendant 30 min jusqu'à une couche suffisamment marquée se forme ;
- Plonger les électrodes avec précaution dans la suspension ;
- Attendre la stabilisation de l'appareil et lire la valeur du pH.



Figure 14 : Illustration de la mesure du pH de la solution du sol.

III.1.2. Conductivité électrique

La conductivité d'une solution de sol est la mesure de la capacité des ions à transporter le courant électrique. Ce passage du courant électrique s'effectue par la migration des ions dans un champ électrique produit par un courant alternatif. La conductivité d'une solution dépend de la concentration des ions présents. Plus l'électrolyte est dilué, plus la conductivité diminue, car il y a moins d'ions par volume de solution pour assurer le transport du courant.

La conductivité d'une solution est définie comme l'inverse de la résistance. Sa mesure s'effectue par l'utilisation d'une cellule de conductivité couplée à un conductimètre, et la conductivité s'exprime en $\mu\text{S/cm}$, mS/cm ou dS/m .

La détermination de la conductivité électrique a été faite selon le mode opératoire suivant :

- Peser 10g de sol terre fine préalablement séché ;
- Ajouter 50ml d'eau distillé dans un bécher de 100ml, Le rapport sol/eau à respecter est 1/5 ;
- Agiter chaque 15minute pendant 2h ;
- Laisser sédimenter ;
- Transvaser le liquide dans un bécher de 50 ml ;
- Faire la mesure de la CE.



Figure 15 : 1Illustration de la mesure de la conductivité électrique.

III.1.3. Teneur en matière organique du sol

Pour doser de la matière organique, nous avons utilisé la méthode de (Mathieu et Piéltain,2003) qui est le protocole de la perte au feu. La méthode consiste à soumettre l'échantillon de sol à

niveau de températures : à 200°C durant 16h pour éliminer le maximum d'eau inter-foliaire et d'eau des bordures des argiles et à 450°C durant 4 heures pour la combustion du carbone organique.

Le mode opératoire a été adopté pour l'ensemble des échantillons :

- Le sol d'un poids de 5 g a été mis dans des creusets en céramique préalablement pesés à 0.001, le poids du creuset est noté M_0 .
- Introduire les échantillons pour une durée de 16h dans l'étuve à 200°C, puis peser et noté le poids de l'échantillon déshydraté M_1 .
- Placer le creuset et son contenu dans le four électrique et porter la température à $450 \pm 10^\circ\text{C}$, maintenir cette température pendant 4 heures, peser et noter le poids M_2
- Recommencer l'opération de calcination jusqu'à ce que la différence de poids entre des pesées successives soit de moins de 0,01 g. Noter le poids du creuset plus l'échantillon calciné : M_2 .



(a)

(b)

Figure 16: Illustration de la mesure de la matière organique: (a) creusets à l'intérieur de l'étuve ET (b) à l'intérieur du Four.

III.2. Analyses biologiques

Cette partie de l'expérimentation a été réalisée au niveau du laboratoire de Biotechnologie végétales et valorisation de plantes du département des Sciences biologiques.

L'isolement et l'identification des champignons ont été réalisés selon la technique des suspensions - dilutions et étalement sur milieu de culture (Davet et Rouxel, 1997).

III.2.1. Le milieu de culture

Le milieu de culture utilisé pour l'isolement des champignons est le milieu PDA

(Potato Dextrose Agar). C'est un milieu nutritif microbiologique utilisé couramment pour cultiver les champignons.

III.2.1.1. Composition du milieu PDA

- 200 g de pomme de terre coupée en petites dés.
- 20 g de glucose.
- 20 g d'AGAR.
- 1 L d'eau distillée.
- Une capsule d'antibiotique antibactérien.

III.2.1.2. Préparation du milieu PDA

Les étapes de préparation du milieu de culture PDA répondent aux étapes suivantes :

- Couper 200 g de pomme de terre en petits dés (figure a)
- Faire bouillir la pomme de terre dans l'eau distillé pendant 30 minutes ;
- Récupérer le jus de pomme de terre passé au travers d'un tissu ;
- Ajouter au jus de pomme de terre 20g d'Agar et 20g de Glucose ;
- Ajouter de l'eau distillée pour atteindre un volume final de 1 L et on laisse le mélange s'homogénéiser sous agitation pendant 20 minutes ;
- Verser le milieu de culture dans des flacons stérilisés et les mettre dans l'autoclave pendant 15 minutes à 120°C ;

Les étapes de préparation du milieu de culture PDA sont illustrées dans la figure ci-contre :



Figure a : couper la pomme de terre en petit dés



Figure b : faire bouillir la pomme de terre dans l'eau distillé.



Figure c : récupérer le jus de pomme de terre

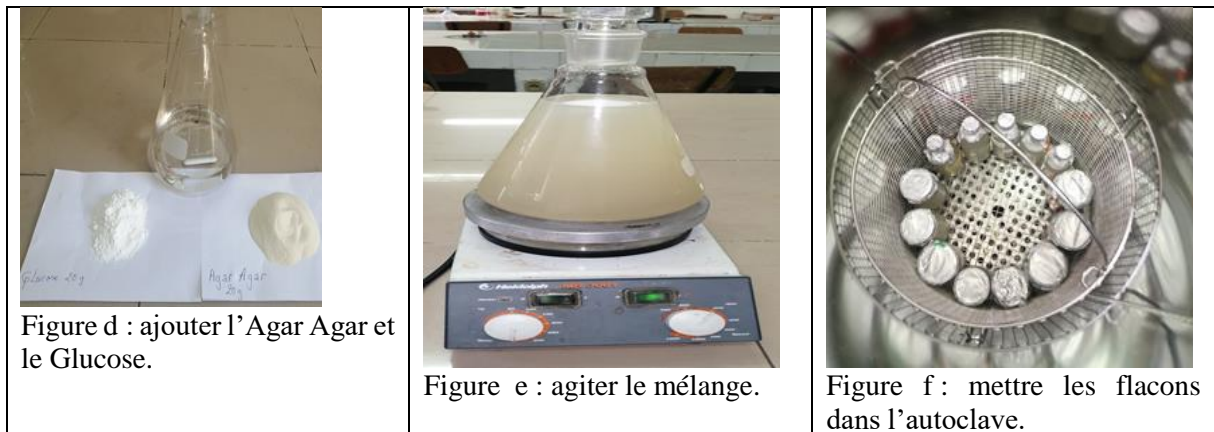


Figure 17 : Etapes de préparation du milieu PDA (originelle, 2021)

III.2.2. Technique des suspensions-dilutions

La diminution de la charge microbienne par dilution de l'échantillon de sol à analyser est réalisée dans le but d'une purification ultérieure plus aisée et l'obtention de colonies bien séparées à partir des cultures mixtes.

III.2.2.1. Préparation du matériel

- Stériliser tous les objets à utiliser ;
- Se laver les mains à l'alcool ;
- Il est important de créer une zone stérile, par la flamme du bec Bénédict à l'abri du courant d'air, sur une paillasse soigneusement nettoyée avec de l'eau de javel ;
- Flamber les goulots des tubes et flacons après leur ouverture et avant leur fermeture ;
- Maintenir le couvercle à l'oblique, avec ouverture du côté de la flamme, des boîtes de Pétri.

III.2.2.2. Préparation des suspensions-dilutions

Dilution : la dilution facilite le comptage des microorganismes qui se trouvent généralement en grand nombre dans le sol car plus la dilution augmente et plus le pourcentage de colonies présentes dans la solution diminue.

La méthode du travail est la suivante :

- Tamiser et peser 10 g de sol ;
- Mélanger les 10 g de sol pesés à 90 ml d'eau distillée (la dilution 10^{-1} est ainsi réalisée) ;
- Prélever 1 ml de cette dilution ;
- Mélanger cette solution à 9 ml d'eau distillé stérile (la dilution 10^{-2} est ainsi réalisée) ;
- Continuer cette manipulation jusqu'à l'obtention de la dilution 10^{-4} .

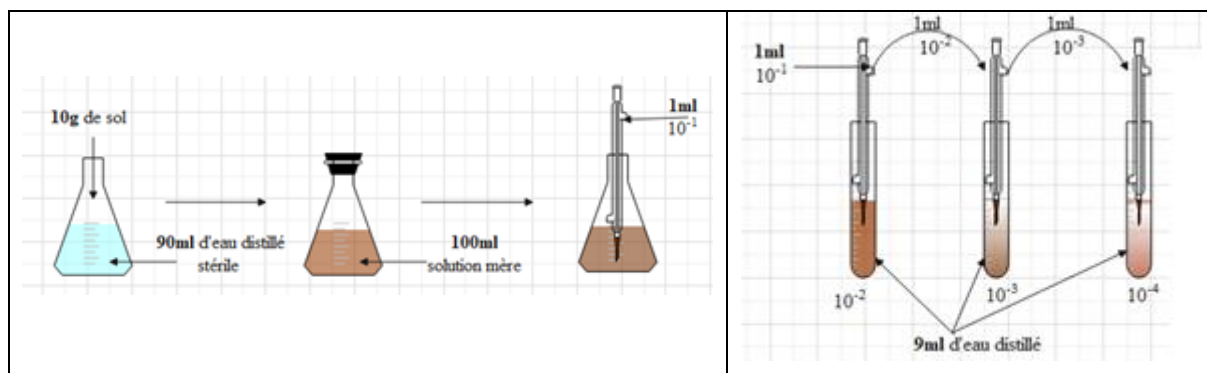


Figure 18 : La technique de suspensions-Dilution

Ensemencement :

- Après avoir rajouté une capsule de 1 g d'antibiotique antibactérien au milieu de culture PDA, on mesure le pH qui doit être compris entre 5 et 6 pour qu'il n'y aura pas de bactéries qui peuvent contaminer le milieu. Ce dernier est coulé dans les boîtes de pétri et laisser refroidir dans une zone stérile.
- L'ensemencement a 0,1 ml de chaque dilution de 10^{-2} ; 10^{-3} et 10^{-4} est prélevé à l'aide d'une pipette et étalé sur le milieu de culture dans une boîte de Pétri avec deux répétitions par dilution, et cela s'est fait dans une zone stérile par la flamme du bec Benzène à l'abri du courant d'air, sur une paillasse soigneusement nettoyée avec de l'eau de javel.
- Après les boîtes sont codifiés selon la dilution et le sol correspondant, retournées et mises à incuber à 28°C pendant 7 jours, pour favoriser le développement des champignons.

Les étapes de l'ensemencement du milieu de culture PDA sont illustrées dans la figure ci-contre:



Fig a. Couler le milieu PDA dans des boites de pétri.



Fig b. Laisser le milieu refroidir dans une zone stérile.



Fig c. Prendre 0.1ml dans chaque dilution et l'étaler sur le milieu PDA.



Fig d. Incuber les boites dans une étuve.

Figure 19 : Les étapes de l'ensemencement du milieu de culture PDA (originelle, 2021).

III.2.3. Isolement des cultures pures de champignons

Après 7 jours d'incubation des boîtes de pétris dans l'étuve, on tombe sur de nombreuses espèces dans chaque boîte qui sont difficiles à identifier à l'œil nu, donc on doit faire un isolement pour avoir une culture pure des champignons qui nous permettra d'effectuer une étude macroscopique puis une étude microscopique.

Pour avoir une culture pure du champignon, on fait un prélèvement à l'extrémité à l'aide d'une pipette Pasteur flambée et refroidie et on le transplante dans une nouvelle boîte de milieu de culture, on passe à l'incubation dans des conditions aussi favorables que possible au développement du champignon.

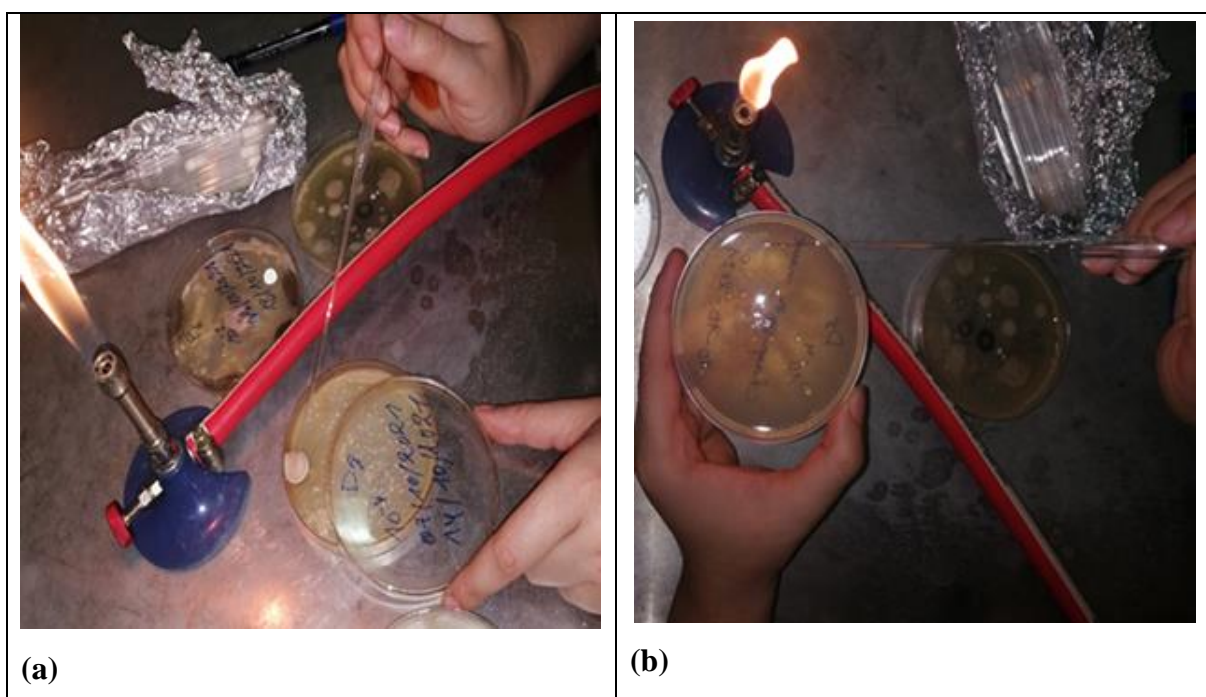


Figure 20 : Isolement des cultures pures de champignons (originelle,2021)

III.2.4. Préparations microscopiques**III.2.4.1. Prélèvement des isolats**

Après prolifération des colonies fongiques, chaque colonie est notée selon son aspect macroscopique.

Des fragments ont été prélevés dans un milieu stérile entre deux becs bunsen avec un bistouri stérilisé à l'éthanol 70° et à la flamme. Après chaque prélèvement et conservés ensuite avec une goutte de gélatine entre lame et lamelle. Ces dernières seront aussi codifiées selon la colonie, la dilution et le sol correspondants.

III.2.4.2. Identification des isolats fongiques

L'identification s'est faite en s'appuyant sur deux types de critères (macroscopiques et microscopiques).

Etude macroscopique

L'observation des critères macroscopiques est basée sur plusieurs aspects distinctifs à l'œil nu:

- La vitesse de croissance
- L'aspect des colonies : les champignons filamenteux forment des colonies duveteuses avec une texture épaisse, laineuses, floconneuses, ou veloutées ;
- Le relief des colonies : elle peut être plane, surélevée ou striée ;
- La taille des colonies : elle peut varier en fonction des genres fongiques ;
- La couleur des colonies : les couleurs les plus fréquentes sont vert-olive, brunes ou noires, blanches, jaunes ou rouges. Les pigments sont localisés soit au niveau du mycélium ou bien diffusés dans le milieu de culture.

Etude microscopique

La détermination des genres fongiques fait appel aux caractères tels que la structure du mycélium, du type de formation des conidies et leurs formes, couleur et ornementation ...etc. Pour l'identification microscopique certains manuels d'identification ont été utilisés, des articles à ce sujet ainsi que les clés d'identification des deutéromycètes de Morelet et Kiffer (1977).

RESULTATS ET
DISCUSSION



I. Propriétés du sol

I.1. Texture du sol

L'analyse granulométrique a été réalisée sur 3 échantillons composites élaborés à partir des 10 de prélèvements. Les résultats portés au tableau 1, montre qu'une répartition des pourcentages de sables, limons et argiles dans le triangle de texture proposé par le Département de l'agriculture des Etats-Unis (USDA) (Bonneau et Souchier, 1979), que la texture de la parcelle étudiée est limono-argileuse. Le taux de pierrosité déterminé au laboratoire par la pesée du refus, montre que le sol dispose d'une matrice fine importante allant de 95 à 89 %. Le taux de la fraction supérieure à 2 mm est faible, mais la fraction sableuse avoisinant 30% a permis au sol d'éviter le développement de contraintes physiques (compaction, infiltration) et chimiques (hydromorphie).

Cette ressemblance dans la composition granulométrique est principalement liée à la proximité des points de prélèvements, au matériau parental identique et aux techniques culturales semblables. L'analyse comparative des paramètres analytiques des sols est confortée par cet aspect analogue de la texture, étant donné que ces fractions interviennent majoritairement lors des phénomènes d'échanges et d'évolution des matières minérales et organiques.

Tableau 04. Composition granulométrique et texture du sol de la parcelle étudiée, profondeur échantillonnée de 0 à 10 cm.

Profondeur (cm)	Argiles (%)	Limons (%)	Sables (%)	Type de texture	Taux de pierrosité (%)
Ech. Com _1				Limono-argileux	4,53
Ech. Com _1				Limono-argileux	1,76
Ech. Com _1				Limono-argileux	3,28

I.2. Réaction de la solution du sol

Les résultats de pH-eau de la solution du sol des échantillons prélevés de la parcelle étudiée sont illustrés par la figure 21. Les pH enregistrés évoluent de 6,65 à 7,10 alors que le pH moyen du sol de la parcelle est de 6,8 ceci indique que la réaction du sol est qualifiée selon les normes (annexe 1) de légèrement acide à neutre, confirmant ainsi les résultats trouvés par Ben Abbou et Kadi, (2021) et Cherfouh *et al.*, (2018). Cette catégorie de pH est considérée comme étant adéquate à l'alimentation minérale des plantes et quelle ne constitue pas de contrainte quelconque entravant le développement normal des organismes vivants (Soltner, 2005).

Dans les sols agricoles, le pH doit être préférentiellement compris entre 6 et 7. Les valeurs de pH supérieures à 7 réduisent la biodisponibilité des nutriments et des microéléments particulièrement Cu, Zn et Co (Jonas et al., 2021 ; Cherfouh et al., 2018). Ceci, implique que les seuils de pH du sol de la parcelle étudiée sont adéquats à une bonne nutrition minérale de la culture de vigne et que la réaction du sol ne présente pas de contrainte particulière à une bonne activité biologique en générale et des champignons microscopiques du sol en particulier.

Nombreuses études montrent que les amendements à base de boues résiduelles participent à la réduction du pH, ceci est dans un premier temps, résulte de la décomposition des matières organiques et le processus de nitrification (Cherfouh et al., 2018 ; Ahmed et al., 2010) ainsi que du pH initial du sol par une réserve (source de carbonate de calcium ; nature de la roche mère) en ions alcalin insuffisante (Duchaufour, 1979).

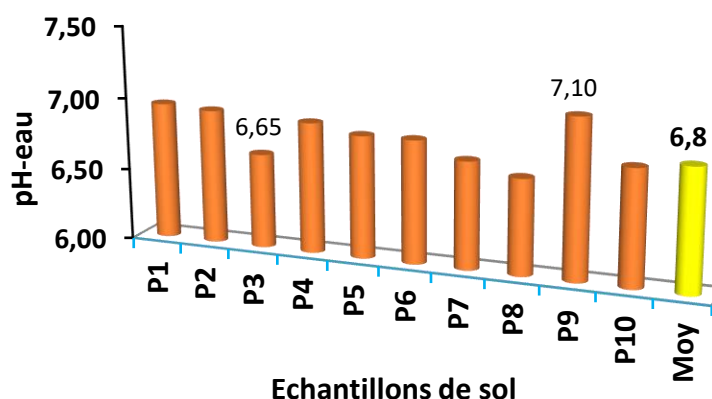


Figure 21. pH des différents échantillons de sol de la parcelle étudiée.

La variabilité du pH, illustrée à la figure 1, en fonction des points de prélèvement est peu importante (inférieure à 1 unité de pH). Cependant, on remarque que le pH du sol augmente d'un point à un autre le long de la diagonale de la parcelle. En fonction de la profondeur, la variation du pH du sol est haute significative dans la profondeur allant de 0 à 40cm (Ben Abbou et Kadi, 2021 ; Cherfouh et al., 2018). L'hypothèse explicative de cette variation serait probablement liée à l'évolution des matières minérales et organiques du sol, à la distribution irrégulière de l'eau d'irrigation, les transferts verticaux des éléments chimiques et aux travaux culturels de la vigne notamment la fertilisation minérale (engrais potassiques).

I.3. Conductivité électrique

Les valeurs de conductivité électrique de l'extrait aqueux (rapport 1/5) des échantillons prélevés de la parcelle étudiée évoluent de 90 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 218 $\mu\text{S}/\text{cm}$, alors que La CE moyenne du sol est de 136,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ceci indique que la solution du sol est qualifiée de non salée et que la salinisation du sol ne s'est pas produite suite aux irrigations et aux amendements organiques à base de boues résiduaires. Selon les normes (annexe 2), ce niveau de salinité ne constitue pas une contrainte à au développement d'un grand éventail de cultures et l'alimentation hydrique des plantes (Clémant et Pieltain, 2003 ; Soltner, 2005). Cependant, Juniper et Abbott (1993), note que la germination des spores et la croissance subséquente des hyphes de certains champignons mycorhiziens (Vesicular-arbuscular) sont réduites par l'augmentation de la concentration de sels dans la solution du sol.

A l'échelle de cette parcelle les valeurs de la CE sont peu variables, les différences comparativement à la moyenne sont inférieures à 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (figure 22). Ceci implique que les conditions de salinité sont assez homogènes. Cependant, une tendance se dessine le long de la diagonale de la parcelle où les valeurs montent une élévation en allant de P1 à P10.

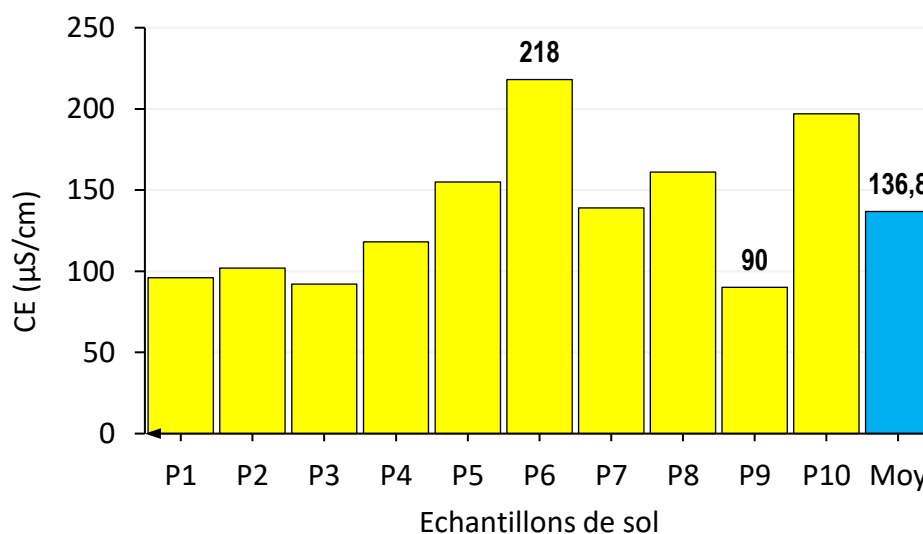


Figure 22. CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) des différents échantillons de sol de la parcelle étudiée.

Les résultats d'analyse de BenAbbou et Kadi (2021), dont les travaux ont porté sur 54 échantillons, confirment bien l'homogénéité de la parcelle sur le plan horizontal. En revanche sur la profondeur (0 à 40cm), la différence entre la distribution des sels soluble est très hautement significative (Ben Abbou et Kadi, 2021 ; Cherfouh et *al.*, 2018). Les irrigations pratiquées sur la parcelle apportent au sol des sels dont la distribution reste sous l'influence des doses d'irrigation, des fréquences d'irrigation et de la demande climatique

I.4. Matière organiques

Les teneurs en matière organique déterminées sur les échantillons prélevés de la parcelle étudiée varient de 3,9 à 6,2%, et la valeur moyenne est de 5,3% pour la couche de sol comprise entre 0 et 10cm (figure 23). Le sol de cette parcelle est qualifié moyennement riche en matières organiques.

Cherfouh et *al.*, (2018) notent que l'apport de boues résiduaires et d'eaux usées implique une augmentation des teneurs en matière organique du sol. La figure 3 montre qu'on allant de P1 à P10, sur la diagonale de la parcelle, les teneurs en matières organiques augmentent nettement, elles passent du simple (environ 3%) au double (environ 6%). L'hétérogénéité des taux de MO dans la parcelle serait le résultat d'une variation dans les doses appliquées ainsi que des conditions d'humidité locale du sol qui influence la cinétique de minéralisation des matières organiques

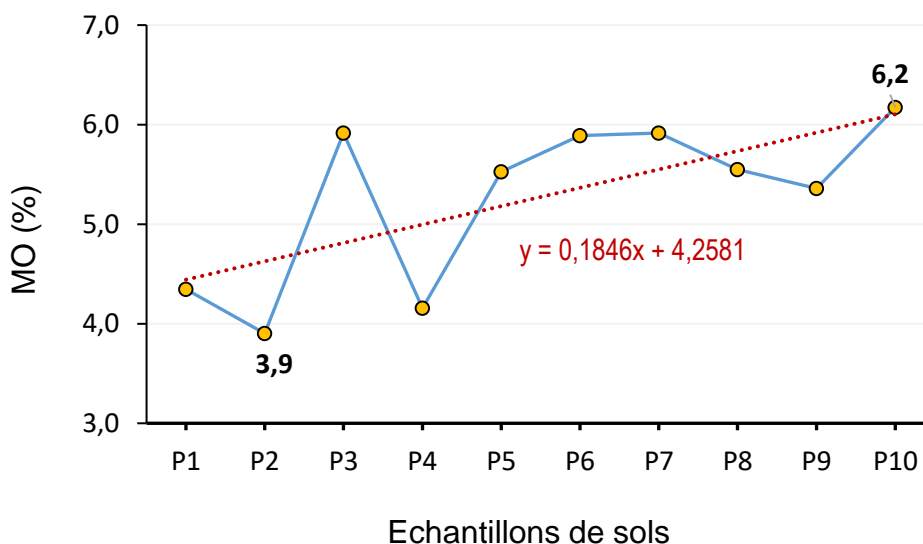


Figure 23. Teneur en MO (%) des différents échantillons de sol de la parcelle étudiée.

La richesse en éléments fertilisant et en oligoéléments des EUE et des boues stimulent l'activité biologique du sol (Magesan et *al.*, 2000), et favorisant la minéralisation du carbone organique du sol, ce qui entraîne une baisse du taux de MO dans le sol (Solis et *al.*, 2005).

Tenant compte de la variation de la teneur en MO sur la parcelle, sur la profondeur allant de 0 à 40cm Ben Abbou et Kadi trouvent que la teneur en matière organique et que les différences dans la parcelle sont hautement significatives sur le plan horizontal et vertical.

I.5. Interactions entre paramètres analytiques

Les interactions entre les paramètres analytiques mesurés, pH, CE et MO sont illustrées par la figure 24, qui montre des corrélations établies par les paramètres sus-cités deux à deux. Les pratiques de fertilisation et d'amendement peuvent contribuer à modifier profondément les propriétés des sols, notamment le pH et la CEC (Pernes-Debuyser et Tessier, 2002). Les transformations que subissent les matières organiques contribuent à diminuer significativement le pH du sol.

La confrontation des résultats deux à deux (figure 24), montre que les paramètres de pH, CE et teneur en MO, présentent des corrélations positives et négatives par les valeurs enregistrées dans la profondeur du sol allant de 0 à 10cm et le long de la diagonale de la parcelle (zone de prélèvement des échantillons). Le pH et la teneur en matières organiques sont corrélés négativement (figure 4a). La diminution du pH est due principalement à la libération des groupements acides (Schinzer et Khan, 1985 ; Chamayou et Legros, 1989).

La relation matière organique et CE dans le sol est complexe. Il est certes clair que les matières organiques apportent aux sols des sels solubles, Cherfouh et *al.*, (2018) notent que les boues résiduelles et les eaux usées participent à la salinisation des sols agricoles. Cependant Halilat et Koull (2016) observent que la croissance des doses des apports de fumiers, ovin et bovin, réduisent la CE du sol. Cet effet, est le résultat de l'amélioration de la structure, de l'activité biologique et de la porosité qui facilite la percolation des eaux et le lessivage des sels hors du profil (Mallouhi, 1979). Cette relation contradictoire entre la MO et la CE est bien confirmée par les résultats de Ben Abbou et Kadi (2021). Cependant, nos résultats, montrent une nette corrélation positive entre la teneur en MO et la CE ($R^2 = 0,77$), indiquant que les apports de boues et d'eau usée engendrent un enrichissement en sels solubles de la solution du sol (figure 4b).

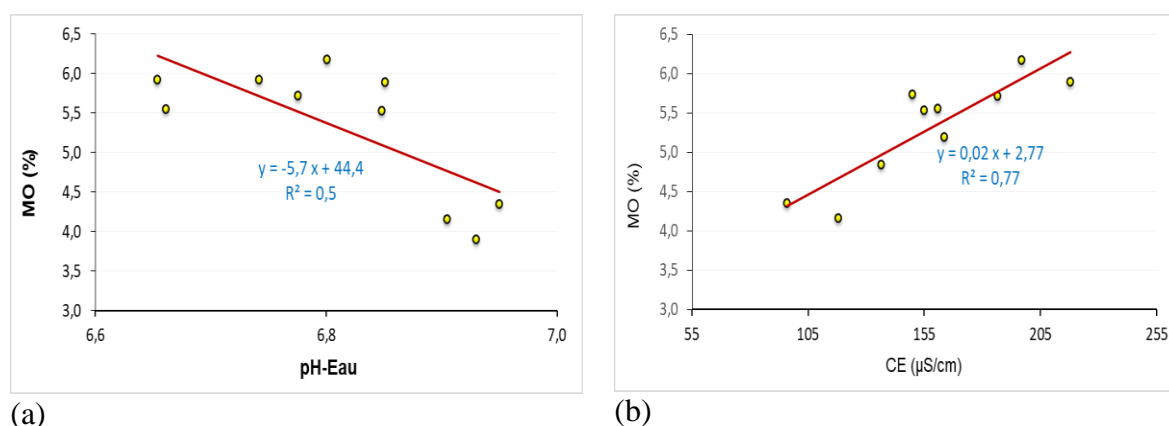


Figure 24. Corrélations entre les paramètres de pH, CE et MO dans le sol étudié.

La nature des amendements organiques (acidité) et la durée de dégradation sont des paramètres importants dans la réduction du pH du sol (Halilat et Koull, 2016). Selon Mustin (1987), le pH dépend de la concentration en ions H^+ provenant de l'oxydation du carbone de la matière organique et du processus de nitrification. Cependant nos résultats illustrent à la figure 4a, une corrélation nettement positive entre le pH et la teneur en MO avec un $R^2 = 0,6$. En revanche l'interaction pH-CE ne présente pas une forte corrélation (figure 25), les deux paramètres semblent plutôt peu corrélés l'un à l'autre. Le pH du sol affecte la solubilité des sels du sol, ainsi une forte alcalinité des sols contribue à une réduction des quantités de sels solubles dans le sol (Provin et *al.*, 2001).

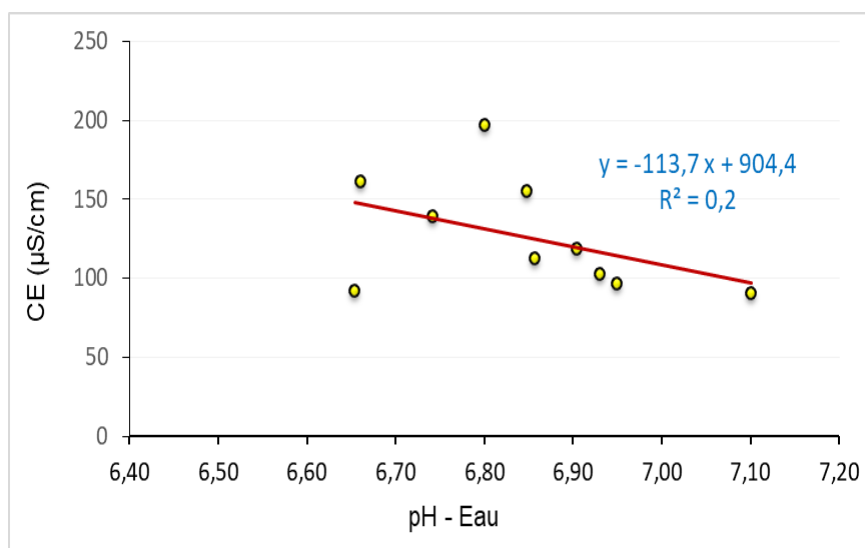


Figure 25. Corrélations entre les paramètres analytiques : pH, CE et MO du sol.

II. Description et identification des champignons

L'identification de ces genres étant basée essentiellement sur les clés de détermination décrites par la littérature (Botton *et al.*, 1990 ; Guiraud, 1998), en se basant sur les caractères macroscopiques des colonies (aspect, couleur, forme, contour, etc.) et sur les caractères microscopiques du mycélium et des conidies ou spores (cloisonnement du mycélium, forme des spores, forme des organes de fructification, etc.).

II.1. Description macroscopique et microscopique des genres

Aspergillus

Aspergillus est l'un des genres fongiques les plus anciennement décrits. Micheli était le premier à le faire en 1729 (Ross, 1951). C'est un genre appartenant à la classe des *Ascomycètes*. Plus de 250 espèces appartenant à ce genre fongique ont été répertoriées à partir de différentes zones géographiques dans le monde (Samson & Pitt, 2000). Une vingtaine d'espèces est impliquée dans des pathologies animales et humaines. Les *Aspergillus* sont plus souvent associés aux régions à climat chaud (Castegnaro et Pfohl-Leszkowicz, 2002); ils se développent sur la matière organique en décomposition, dans le sol, le compost, les denrées alimentaires, les céréales. De nombreuses espèces d'*Aspergillus* sont présentes dans l'environnement humain, notamment dans la poussière et l'air (Morin, 1994). Certaines espèces peuvent être directement pathogènes pour l'homme et les animaux en étant capable d'envahir les tissus vivants et provoquer des aspergilloses (*Aspergillus fumigatus* responsable de mycoses pulmonaires ; *Aspergillus niger* responsable d'aspergillose du conduit auditif) (Morin, 1994). La plupart sont ubiquitaires et sont communément isolées à partir du sol et des pourritures des fruits suite à leur capacité à dégrader les parois cellulaires des plantes (Hazwani et Zainol 2018).

- **Aspect macroscopique**

Les *Aspergillus* présentent une croissance rapide sur les milieux de culture classiques additionnés d'antibiotiques. Après 48 heures d'incubation, on observe des colonies plates, formées de courts filaments aériens, blancs ; après 96 heures d'incubation, les colonies vont prendre leur teinte caractéristique, brune, verte, jaune ou noire selon les espèces. La majorité des *Aspergillus* poussent à 22-25°C ; les espèces thermophiles (*A.fumigatus*) se développent à 37-40°C est parfois jusqu'à 57°C (Badillet *et al.*, 1987 ; Morin,1994). Les *Aspergillus* forment des colonies souvent poudreuses ou granuleuses. La couleur de colonies permet une orientation rapide dans l'identification d'espèces : gris-vert pour *A. fumigatus*, vert-jaune pour *A. flavus* et les espèces du groupe *A. glaucus*, vert foncé à chamois pour *A. nidulans*, brun cannelle pour

A. terreus, chamois clair, jaune et rose pour A. versicolor, jaune puis noir pour A. niger et blanche pour A. candidus. Le revers de la colonie est incolore ou jaune, mais il peut brunir ou rougir avec l'âge (Chermette et Bussieras, 1993).

- **Aspect microscopique**

Le genre *Aspergillus* se reconnaît par un conidiophore porté sur un mycélium sépté, hyalin les têtes conidiales portent des phialides mono ou bisériées pouvant être hyalines, granuleuses. Les conidies peuvent être globulaire ou d'un rond non régulier (ELTEM *et al.*, 2004).

- ***Aspergillus flavus***

- **Aspect macroscopique**

Le champignon se développe rapidement sur le milieu PDA à 22-25°C. La température optimale de croissance est 37°C.

Sur le milieu de culture *A. flavus* forme des colonies duveteuses à poudreuses, d'abord blanches, puis jaune, puis vert-jaune. (Figure 22a)

- **Aspect microscopique**

Microscopiquement, on distingue les têtes conidiennes, unisériées ou bisériées, d'abord radiées, puis réparties en plusieurs colonnes de spores mal individualisées, jaunâtres au début puis vert-jaune foncé. Les conidiophores hyalins, verruqueux, atteignent 1 à 2,5 mm de long. Les vésicules sont subglobuleuses, et mesurent 25 (10-65) à 45 µm de diamètre. Les phialides (6-10 x 4-5,5 µm) sont insérées directement sur la vésicule (unisériées) ou portées par des métules. Les conidies sont globuleuses à subglobuleuses, de 3-6 µm de diamètre, de couleur verte pâle, verruqueuses

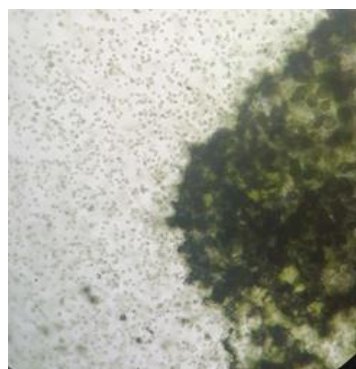


Figure 26. a) colonie d'*Aspergillus* observée à l'œil nu

b) observation microscopique du genre *Aspergillus* au MP (G400) (originelle,2021).

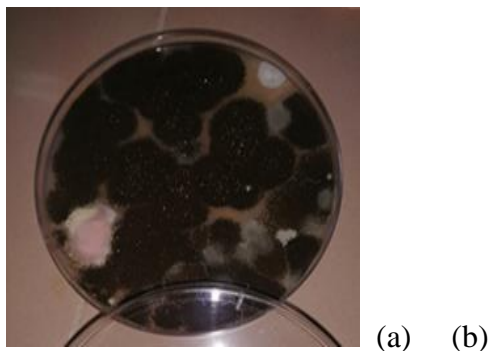
➤ *Aspergillus niger*

• Aspect macroscopique

Ce champignon pousse rapidement (2-3 jours) sur les milieux de culture classiques (géloses PDA). La température optimale de croissance varie généralement entre 25 et 30°C, mais *A. niger* peut se développer jusqu'à 42°C. Les colonies d'*A. niger* sont granuleuses, blanches au début, puis jaunes et, à maturité, elles deviennent noires. Le revers des colonies est incolore ou jaune pâle (figure 27).

• Aspect microscopique

L'aspect microscopique met en évidence des têtes conidiennes, bisériées, radiées, disposées en plusieurs colonnes brunâtres ou noires. Les conidiophores sont longs atteignant 1,5-3 mm, lisses, hyalins ou brunâtres dans leur moitié supérieure. Les vésicules sont globuleuses et entièrement fertiles. Les phialides (7-10 x 3-3,5 µm) sont portées par des métules brunâtres, de dimensions variables. Les conidies sont habituellement globuleuses, parfois légèrement aplaties. Elles mesurent 3,5-5 µm de diamètre, sont brunes, échinulées à très verruqueuses. Les sclérotés parfois différenciés, sont crème à chamois foncé au début, puis virent au chamois vinacé.



**Figure 27. Colonie d'*Aspergillus Niger*. a : observée à l'œil nu ;
b : observation microscopique du genre *Aspergillus Niger* (G400) (originelle,
2021).**

Phomopsis

Le genre *Phomopsis* comprend des microchampignons importants sur le plan phytopathologique avec diverses associations d'hôtes et une distribution mondiale. Les concepts d'espèces dans *Phomopsis* ont été historiquement basés sur la morphologie, les caractéristiques culturelles et l'affiliation à l'hôte (Udayanga, D et *al.*, 2011).

La redéfinition des espèces *Phomopsis* est en cours, et certaines espèces ont été redéfinies sur la base d'une combinaison de données moléculaires, morphologiques, culturelles, phytopathologiques et de type d'accouplement. Les progrès rapides de l'identification moléculaire ont notamment révolutionné les études taxonomiques, fournissant des preuves génétiques convaincantes pour définir les limites des espèces.

- **Aspect macroscopique**

L'examen macroscopique de l'isolat a révélé que les colonies étaient cotonneuses, développant des mycéliums aériens compacts d'abord uniformément blanc puis devenant blanchâtre avec des taches brun pâle. L'envers de la culture était blanchâtre, puis est devenu brun clair avec des taches plus foncées qui sont apparues plus tard régulièrement. La conidiation a commencé dans des colonies âgées de 12 jours avec la formation de sphériques, subglobuleux mesurant 210–250 × 220–380 μm et disposées en cercle dans la boîte de Pétri (figure 28).

- **Aspect microscopique**

Mycélium gris, immergé, ramifié, cloisonné. Les conidies sont unicellulaires, claires et ovale à fusiforme sont aseptées, généralement fusiformes. Hyalines, unicellulaires, ellipsoïdes à fusiformes 5,5-8,3×1,2-2,0 μm

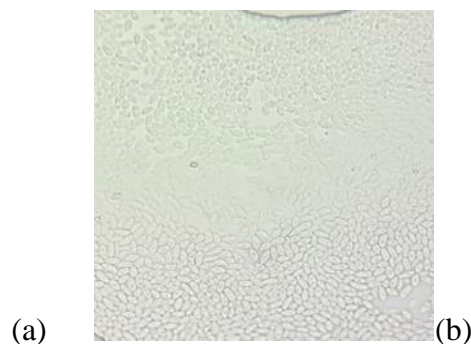


Figure 28. Colonie de *Phomopsis*. a : observée à l'œil nu ;

b : observation microscopique du genre *Phomopsis* au MP (G400) (originelle, 2021).

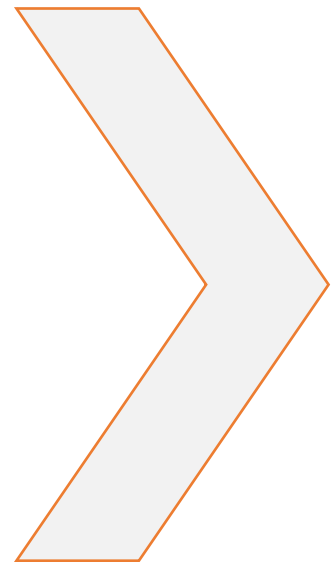
Tableau 05 : Classification des champignons microscopique observés dans le sol étudié

GENRE	PHYLUM	CLASSE	ORDRE	FAMILLE
<i>Aspergillus</i>	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	Trichocomaceae
<i>Aspergillus</i> (<i>Aspergillus Niger</i>)	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	Trichocomaceae
<i>Phomopsis</i>	Ascomycota	Sordariomycetes	Diaporthales	Diaporthaceae

CONCLUSION

GENERALE &

PESPECTIVES



IV. Conclusion générale et perspectives

Au terme de ce modeste travail, il en ressort que le sol de la parcelle de Boumerdes ayant reçu des boues et des eaux usées épurées présentent des caractéristiques physico-chimiques globalement adéquates à l'activité agricole.

Les pH du sol enregistrés évoluent de 6,65 à 7,10 ceci indique que la réaction du sol est qualifiée de légèrement acide à neutre. Cela ne constitue pas de contrainte quelconque entravant à l'alimentation minérale des plantes et le développement normal des organismes vivants.

La conductivité électrique évolue de 90 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 218 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donc le sol est qualifié de non salée et que la salinisation secondaire du sol ne s'est pas produite suite aux irrigations et aux amendements organiques à base de boues résiduaires.

Les teneurs en matière organique présentent une hétérogénéité dans la parcelle et sont d'une valeur moyenne de 5,3% pour la couche de sol comprise entre 0 et 10cm. Le sol de cette parcelle est qualifié moyennement riche en matières organiques.

Notre étude a porté aussi sur l'identification de la diversité fongique au sein de la parcelle de vignoble qui se trouve dans la région de Corso wilaya de Boumerdes. Les résultats obtenus pour les différentes répétitions et dilutions ont fait état de deux espèces appartenant au genre *Aspergillus* et une espèce *Phomopsis*.

Une vingtaine d'espèces d'*aspergillus* est impliquée dans des pathologies animales et humaines, elles associées aux régions à climat chaudes et se développent sur les matières organiques en décomposition, dans le sol, le compost, les denrées alimentaires, les céréales, ... Le genre *Phomopsis* comprend des microchampignons importants sur le plan phytopathologique avec diverses associations d'hôtes et une large distribution écologique.

Dans le cadre de l'approfondissement de cette thématique, il serait souhaitable d'orienter le travail vers la détermination d'autres espèces de champignons et de tester aussi leurs potentiels de toxicité. Généralement, la présence de métaux lourds entraîne une diminution de la diversité microbienne. A cet effet il serait judicieux d'établir un lien entre les champignons microscopiques du sol et les concentrations des métaux dans les sols amendés avec les boues urbaines ou irrigués avec les eaux usées.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES



V. Références bibliographiques

- **Abdelaziz W. (2006).** Isolement des mycètes producteurs des substances antibactériennes à partir des sols sahsriens. Mémoire de Magistère En Microbiologie et Biochimie Appliquées .Université Mentouri. Constantine.
- **Anderson, T.H. and Domsch, K.H. (1989)** Ratio of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils, *Soil Biology & Biochemistry* 21,471-479.
- **Assogba, S., Noumavo, P. A., Dagbenonbakin, G., Agbodjato, N. A., Akpode, C., Abdel, D. K., ... & Lamine, B. M. (2017).** Improvement of maize productivity (*Zea mays* L.) by mycorrhizal inoculation on ferruginous soil in center of Benin. *International Journal of Sustainable Agricultural Research*, 4(3), 63-76.
- **Bååthe E., Söderström B.E. (1980).** Comparaisons of the agar-film and membranefilter methods for the estimation of the hyphal lengths in soil , with particular reference to the effect of magnification .*Soil Biol. Biochem.* 12 :385-387.
- **Badillet G., de Briève C., Guého E.(1987).** Champignons contaminants des cultures, champignons opportunistes, Atlas clinique et biologique, vol II, Ed VARIA, Paris.
- **Baize D., Jabiol B., (2011).** Guide pour la description des sols. Éditions Quæ RD 1078026 Versailles Cedex, France. 421p.
- **Balesdent J., 1996.** Un point sur l'évolution des réserves organiques des sols en France. Etude et gestion des sols. INRA.(afes). Vol 3 N°4. Paris. pp 245-260.
- **Barbeau G., Asselin, C., & Morlat R., (1998).** Estimation du potentiel viticole des terroirs en Val de Loire selon un indice de précocité du cycle de la vigne, *Bulletin de l'O.I.V.*, 805–806, 247–262.
- **Bastian, R.K. and Ryan, J.A, (1986)** Design and management of successful land application system. In *Utilization, Treatment and Disposal of Waste on Land*. Soil Science Society of America ed. Pp. 217-234. Inc. Madison, USA.
- **Botton B., Breton A., Fevre M., Gauthier S., Guy P., Larpent J.P., Reymond P., Sanglier J.J., Vayssier Y. & Veau P. (1999).** Moisissures utiles et nuisibles. Importance industrielle. Masson. Paris. P. 12-426.
- **Botton B., Breton A., Fevre M., Gauthier S., Guy P.H., Larpent J.P., Reymond P., Sanglier J.J., Vayssier Y., Veau P. (1990) .** Moisissures utiles et nuisibles importance industrielle. 2ème édition. Masson. Collection Biotechnologies. p :34-428.
- **Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008).** *The soils around us. The Nature and Properties of Soils*, 14th ed Pearson Prentice Hall, New Jersey and Ohio, 1-31.
- **Bruneton J (2009)** Pharmacognosie. Phytochimie. Plantes médicinales (3e éd.). Éd. TEC & DOC–EM Inter, pp. 435–6
- **Carey V.-A., (2001).** Spatial characterization of natural terroir units for viticulture in the Bottelaryberg-Simonsberg-Helderberg winegrowing area. MSc Agric thesis, Stellenbosch University, Private Bag X1, 7602 Matieland (Stellenbosch), South Africa.
- **Castegnaro M., Pfohl-Leszkowicz A., (2002),** Les mycotoxines : contaminants omniprésents dans l'alimentation animale et humaine, dans *La sécurité alimentaire du consommateur*, Lavoisier, Tec&Doc.
- **Chanderkes, P.C. (1991)** Effects of heavy metals from past applications of sewage sludge on microbial biomass and organic matter accumulation in a sandy loam and a silty loam U.K. soil. *Soil Biology & Biochemist* 23,927-932.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Chaussod R., (1995).** Impact of agricultural practices on the size and activity of the microbial biomass in a long-term field experiment. *Biology and fertility of soils*.
- **Cherfouh, R., Lucas, Y., Derridj, A., Merdy, P., 2018.** Long-term, low technicality sewage sludge amendment and irrigation with treated wastewater under Mediterranean climate: impact on agronomical soil quality. *Environ Sci Pollut Res* 25:35571–35581.
- **Chermette R., Bussieras J. (1993).** Parasitologie vétérinaire. Mycologie, Edité par le Service de Parasitologie de l'École Nationale Vétérinaire de Maisons-Alfort.
- **Clapp C.E., Stark S.A., Clay D.E. and Larson W.E, (1986)** Sewage sludge organic matter and soil properties. In: *The Role of Organic Matter in Modern Agriculture*. Chen Y. and Avnimelech Y. eds. Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht.
- **Davet P., 1996.** Vie microbienne du sol et production végétale. INRA. Paris. 383p.
- **DE L'APPRENANT, M. A. N. U. E. L.** Utilisation des microorganismes du sol pour accroître la productivité agricole.
- **Dick, W.A. and Tabata, M.A, (1992)** Potential uses of soil enzymes. pp. 95-127. In *Soil Microbial Ecology*. B. Mering ed. Marcer Dekker, New York.
- **Duthil J., 1973.** Elément d'écologie et d'agronomie. Tome II. Exploitation et amélioration du milieu. Ed.J.B. Baillière. Paris. 265p.
- **Duval M., Angers D.-A., & Laverdière M.-R., (1993).** Revue de quelques facteurs régissant l'état et la stabilité de la structure du sol. *Agrosol VI* (2) 44-51 p.
- **Eivazi, F. and Zakaria, A. (1993)** β -glucosidase activity in soils amended with sewage sludge. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 43, 155-161.
- **Fregoni M., (1977).** Effet du sol et de l'eau sur la qualité de la vendange. *Proceedings of the International O.I.V. Symposium on the Quality of the Vintage*, Cape Town, South Africa, February, 151–178.
- **Gaddeyya, G., Niharika, P. S., Bharathi, P., & Kumar, P. R. (2012).** Isolation and identification of soil mycoflora in different crop fields at Salur Mandal. *Advances in Applied Science Research*, 3(4), 2020-2026.
- **Galet P. (2000).** Dictionnaire encyclopédique des cépages, Hachette. 935p
- **Gallardara, F. (1987)** Effect of the Application of Town Refuse Compost on the Soil-Plant System: A Review. *Biological Waste* 19, 35-62.
- **Garcia, K., Doidy, J., Zimmermann, S. D., Wipf, D., & Courty, P. E. (2016).** Take a trip through the plant and fungal transportome of mycorrhiza. *Trends in Plant Science*, 21(11), 937-950.
- **Giusquiani, P.L., Pagliai, M., Gigliotti, G., Businelli, D. and Benetti, A. (1995)** Urban waste compost: effects on physical, chemical and biochemical soil properties. *Journal for Environmental Quality* 24, 175-182,
- **Gobat, J. M., Aragno, M., & Matthey, W. (2010).** Le sol vivant: bases de pédologie, biologie des sols (Vol. 14). PPUR Presses polytechniques.
- **Goode J., (2003).** Mechanisms of Terroir. Harpers.
- **Grissa H. et Ben Khedher M., 2000.** Culture Maraîchère. Principes de base en agriculture biologique. Centre Technique de l'agriculture biologique.33p.
- **Hawksworth DL (2001)** The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycol Res* 105: 1422-1432.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Houoth, s, And Chausse R. (1995)** Impact of agricultural practices on the size and activity of the soil microbial biomass in a long-term field experiment. *Biology and fertility of soils* 19, 309-316.
- **ITAB (2002)**. Activités biologiques et fertilité des sols : Intérêts et limites des méthodes analytiques disponibles.
- **Kirk P.M., Cannon P.F., David J.C. and Stalpers J.A., eds.,** Dictionary of the Fungi, 9th ed., Wallingford, UK, CABI Publishing (2001)
- **Kononova M.-M., (1966)**. Soil organic matter. Pergamon Press, London. pp. 257-316.
- **Krull, E. S., Skjemstad, J. O., & Baldock, J. A. (2004)**. Functions of soil organic matter and the effect on soil properties (p. 129). Canberra: Cooperative Research Centre for Greenhouse Accounting.
- **Lanz J., (2004)**. Soils and wine quality, Wynland, December 2004, 53-54.
- **Lebrun R., (2016)**. Typicité du vin et réponses de la vigne aux contraintes du terroir. AgroParisTech, février 2016, DOI : 10.13140/RG.2.1.2488.0401. 25p.
- **Magnet, M. M. H., Sarkar, D., & Ahmed, Z. (2013)**. Isolation and identification of bacteria and fungi from soil samples of different industry side in Dhaka city, Bangladesh. *International Journal of Innovative Research and Development*, 2(8)
- **Maignien, R. (1969)**. Manuel de prospection pédologique.
- **Mermoud, A. (2001)**. Cours de physique du sol. Etat de l'eau du sol. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne.
- **Morin O. (1994)**. Aspergillus et aspergilloses: biologie, Ed. Techniques Encyl. Med. Chir. (Elsevier, Paris), Maladies infectieuses 8-600-A-10.
- **Mustin, M. (1987)**. Le compost: gestion de la matière organique.
- **Musy A., Soutter M., (1991)**. Physique du sol. Première édition ISBN 2-88074-211-0,1991, Presses polytechniques et universitaires romandes. 331p.
- **Nannipieri, P. (1994)** The potential use of soil enzymes as indicators of productivity, sustainability and pollution. pp. 238-244. In *Soil Biota*. C.E. Pankhurst et al eds. Management in sustainable farming systems. CSIRO, East Melbourne, Victoria, Australia.
- **Paradis R., (2016)**. Distribution spatiale du carbone organique et de l'azote dans les sols en fonctions des zones de récurrence d'inondation. Maîtrise en Science de l'environnement. Université du Québec à Trois-Rivières. 94p.
- **Parr J.F., 1973**. Nature and significance of inorganic transformation in tile drained soil. *Soil and fertilizers*. N°32. pp 411-415.
- **Pereira E., Santos A., Reis F., Tavares R.M., Baptista P., Lino-Neto T. & Almeida-Aguiar C. 2013**. A new effective assay to detect antimicrobial activity of filamentous fungi. *Microbiological Research*, 168 (1): 1-5.
- **Rameau JC, Mansion D, Dumé G, Gauberville C (2008)** Flore forestière française. Vol 3, Éd. IDF, p. 1017
- **Ribiero R.M., Moureaux C. et Novicoff A., 1976**. Etude comparative de l'altération microbienne des différents minéraux constituants d'une diabase. *Cah. O.R.S.T.O.M.* Vol XIV. N°2. pp 161-168.
- **Ricroch, Y. Dattée, M. Fellous**. Biotechnologies végétales Environnement, alimentation, santé. Vuibert. Paris. 2011 266p
- **Ross C F, 1951**. A case of pulmonary aspergillosis. *J. Pathol. Bacteriol.* 63(3): 409-416.
- **Rosse, D.J. (1982)** Restoration of pasture after topsoil removal: Effect of soil carbon and nitrogen mineralization, microbial biomass and enzyme activities. *Soil Biology & Biochemistry* 14,575-581.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Saayman D., (2002).** Practical aspects of Viticultural Zoning in South Africa. Paper presented at the IV International Symposium on Viticultural Zoning, 17-20 June 2002, Avignon, France.
- **Samson RA & Pitt JI (2000).** Integration of Modern Taxonomic for *Penicillium* and *Aspergillus* Classification. Amsterdam: Harwood Academic Publishers, pp 9-79.
- **Samson RA, Hoekstra ES, Frisvad JC (2004).** Introduction to Food- and Airborne Fungi, 7th ed. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht.
- **Seguin G., (1986).** 'Terroirs' and pedology of wine growing. *Experientia*, 42, 861–873.
- **Smith C.K., Coyea M.R., Munson A.D.2000 .** Soil carbon , nitrogen and phosphorus stocks and dynamics under disturbed black spruce forest. *Ecol. App.* 10 :75-78.
- **Smith, J.L., Papendick, R.I., Bezdicek, D.F., and Lynch J.M. (1993)** Soil organic matter dynamics and crop residue management. pp. 65-95. In *Soil Microbial Ecology*. B. Meting ed. Marcer Dekker, New York.
- **Smith, J.L., Papendick, R.I., Bezdicek, D.F., and Lynch J.M. (1993)** Soil organic matter dynamics and crop residue management. pp. 65-95. In *Soil Microbial Ecology*. B. Meting ed. Marcer Dekker, New York.
- **Soltner D., 2003.** Les bases de la production végétale. Tome I. Le sol et son amélioration. Collection Sciences et Techniques Agricoles.23ème. Ed. Paris. 472p.
- **Sparlin, G.P. (1992)** Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter, *Australian Journal of Soil Research* 39, 195-207.
- **Stoll M., Stuebinger M., Lafontaine M., & Schultz H., (2008).** Radiative and thermal effects on fruit ripening induced by differences in soil color. *Proceedings of the VIIth International Terroir Congress* (ed. Murisier F), Nyon, Switzerland, 19–23 May, 52–57.
- **Tate, R.L. 1987.** *Soil Organic Matter: Biological and Ecological Effects*. John Wiley & Sons. New York.
- **Tilman D., (1999).** The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles. *Ecology*, 80, 1455-1474.
- **Toma, F. M., & Abdulla, N. Q. F. (2012).** Isolation, Identification and Seasonal Distribution of Soilborne Fungi in Different Areas of Erbil Governorate. *Journal of Advanced Laboratory Research in Biology*, 3(4), 246-255.
- **Udayanga, D., Liu, X., McKenzie, E. H., Chukeatirote, E., Bahkali, A. H., & Hyde, K. D. (2011).** The genus *Phomopsis*: biology, applications, species concepts and names of common phytopathogens. *Fungal diversity*, 50(1), 189-225.
- **Van Leeuwen C., Friant P., Choné X., Trégoat O., Koundouras S., & Dubourdieu D., (2004).** Influence of Climate, Soil, and Cultivar on Terroir. *American Journal of Enology and Viticulture* 55, 207–217.
- **Zarafi A.B. and Dauda W.P.** Exploring the importance of fungi in agricultural biotechnology 2019

ANNEXES

VI. Annexes

ANNEXE 1 : Tableau Plages descriptives du pH dans les sols

Qualification du sol	Valeur du pH
Ultra acide	< 3,5
Extrêmement acide	3,5 à 4,4
Très fortement acide	4,5 à 5,5
Fortement acide	5,1 à 5,5
Modérément acide	5,6 à 6,0
Légèrement acide	6,0 à 6,6
Neutre	6,6 à 7,3
Légèrement alcalin	7,4 à 7,8
Modérément alcalin	7,9 à 8,4
Fortement alcalin	8,5 à 9,0
Très fortement alcalin	9,0

ANNEXE 2 : Tableau Classe de la qualité des sols selon l'échelle de Durand J.H. (1983)

Classe	CE en $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 25 °C	Qualité des sols	Effet sur le rendement
Classe I	0 à 500	Non salé	Négligeable
Classe II	500 à 1000	Légèrement salé	Diminution du rendement des cultures très sensibles au sel
Classe III	1000 à 2000	Salé	Diminution des rendements de la plus part des cultures
Classe IV	2000 à 4000	Très salé	Seules les cultures résistantes donnent un rendement satisfaisant
Classe V	Plus de 4000	Extrêmement salé	Seules quelques cultures donnent des rendements satisfaisants

ANNEXE 3 : Tableau Classification des teneuses en matière organique (MO) dans le sol. (DEJON et al, 1998 in Tir 2001).

MO (%)	Sol
< 1%	Taux très faible; sol très pauvre en MO.
1,2%	Taux faible; sol pauvre en MO.
2,4%	Bonne; sol riche en MO.
>4%	Très bonne; sol très riche en MO.