



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la
vie
Département des sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences biologiques

Référence /

MÉMOIRE DE

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Présenté et soutenu par :
Bouaoun Selma ...

Le : mercredi 22 juin 2022

biodégradation du film PVC par certaines bactéries

Jury :

Titre	1ier membre du jury	Grade	Université	Statut
Titre	2e membre du jury	Grade	Université	Statut
Titre	3e membre du jury	Grade	Université	Statut

Année universitaire:2021-2022

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Allah tout puissant, qui nous a donné le courage, la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

De sincères remerciements se doivent d'être adressés à notre honorable encadreur Mme. **Hassina Ghiti** pour ses orientations et ses aides offertes lors des différentes étapes de la réalisation de ce travail. Et pour la confiance qu'elle nous a accordée tout au long de cette étude.

Nous tenons aussi à présenter nos vifs remerciements et notre respect au jury pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de juger ce mémoire.

Mes vifs remerciements vont à notre présidente de jury, d'avoir bien voulu présider le jury de soutenance de ce mémoire.

Un merci particulier à l'examineur..... pour avoir accepté d'examiner et évaluer notre travail.

Nous remercions toute l'équipe de Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Mohamed Khider de Biskra.

Enfin, un grand merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents pour leur amour et leur support continu, Je vous dois tous mes succès, tous mes bonheurs et toutes mes joies. Je suis très heureuse et fière de votre présence à mes côtés.

Ma mère « Zahra »

A mes chères sœurs : Soumia, Sabah

Et mes chers frères : Abdellah , Seliaman, Rayan, Iyad.

A mes chères amie spéciale : Meriem

Et ma cher, partenaire de vie, mon soutien et mon bonheur Abderrahmane

Je suis très heureuse et fière de ces années que j'ai passées avec vous, des liens créés et des nouvelles amitiés, ainsi que pour les moments que nous avons passés ensemble et ceux encore à venir.

Tous nos professeurs qui nous ont enseigné et tous ceux qui nous sont chers.

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Sommaire	
Remerciements	
Dédicaces	
Sommaire	
Resumes	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	1
Première partie : Synthèse bibliographique	3
Chapitre 1. Généralité sur les plastiques	4
1.1. Définition de plastique.....	3
1.2. L'origine de plastique	3
1.3. L'importance du plastique.....	3
1.3.1. En Afrique.....	3
1.3.2. En Algérie	4
1.4. Différents polymères et leurs classifications	5
1.4.1. Selon la nature chimique.....	5
1.4.2. Selon la structure des chaînes	6
1.4.3. Selon leur origine	8
1.5. L'impact des déchets du plastique.....	10
1.5.1 Impacts sur l'environnement et sur la santé humaine	10
1.5.2. L'impact sur les animaux du sol	13
1.5.2.1. L'impact Sur les vers de terre	13
1.5.3. L'impact sur les plantes	13
Chapitre 2. Traitement du plastique	14

2.1. Le traitement biologique.....	14
2.1.1. Traitement mécanique.....	14
2.1.2. Traitement chimique	14
2.2. La biodégradation	14
2.2.1. Le micro-organisme responsable dans la biodégradation	15
2.2.2. Facteur qui influence la biodégradation.....	15
2.2.2. 1. Microorganisme	15
A) Les bactéries.....	15
B) Les champignons	16
2.2.2.2. Les enzymes	16
2.3. Mécanismesde la biodégradation.....	17
2.3.1. La bio-assimilation.....	17
2.3.2. Biodégradation d'un matériau	17
Deuxième partie : Partie expérimentale	18
Chapitre 3. Matériel et méthodes	19
3.1. Objectif.....	20
3.2. MatérielMéthodes.....	20
3.3. La biodégradation du film PVC.....	21
3.3.1. Évaluation de la croissance bactérienne et de la formation de biofilms sur des films plastiques.....	21
3.3.2. Perte de poids gravimétrique	22
Chapitre 4. Résultat et discussions.....	23
4 .1. Rajashree Patil et US Bagde 2012.....	24
4.1.1. Isolements des bactéries qui dégradent le PVC	24
4.1.2. Identification des de isolats Pvc4.....	25
4.2. Giacomucci L., et al., 2019.....	26
4.2.1. dénombrement des P. citronellols et B. flexus.....	26
4.2.2. Dosage des proteins adhérente.....	26
4.3. Pourcentage de degradation.....	27
4.3.1. Fava F., et al., 2019.....	27
Conclusion.....	29

Bibliographique31
Annexes36
Resumes

Liste des tableaux

Tableau 1. Principaux types de polymères utilisés pour la fabrication des matières plastiques (Laurent B., 2020)	9
Tableau 2. Activité de libération de chlorure des souches microbiennes de la culture d'enrichissement.	24

Liste des figures

Figure 1. L'importation de la matière plastique en Afrique dans les années 2007 à 2017 (CICA, 2022).....	4
Figure 2. Importateur de technologie plastique en Algérie de 2015 à 2019 (CICA, 2022).....	5
Figure 3. Structures chimiques du bio polymère.....	6
Figure 4. Polymère linéaire.....	7
Figure 5. Polymère tridimensionnels (GHEMMOUR A et OUMROCHE S, 2019).....	7
Figure 6. Polymère réticulé avec ponts disulfures reliant deux chaînes (WEISS P, 2009).....	8
Figure 7. Schéma de la classification de la dégradation des plastiques (Helmut B, Reinhard, B, Jorg M et Erich W, 1995).....	10
Figure 8. L'impact du plastique sur la santé humaine (ATLAS, 2020).....	11
Figure 9. Colonies isolées de la souche PVC4 sur plaque de gélose nutritive (plaque incubées à 30°C pendant 48h).....	25
Figure 10. Comptage de la concentration des cellules <i>P. citronellols</i> et <i>B. Fluxus</i> en CFU/ml. ...	26
Figure 11. Les protéines adhérentes sur PVC films incubés jusqu'à 90 et 45 jours en présence de <i>P. citronellols</i> et <i>B. fleux</i>	27
Figure 12. Perte des poids gravimétriques de PVC fil.....	28

Liste des abréviations

MSM: Milieu Minimal Salé.

PVC: Polychlorure de vinyle

PP: Polypropylène

PS: Polystyrène

DO: longueur d'onde

PE: polyéthylène

PC: polycarbonates

PU: polyuréthanes

PET: poly téréphtalate d'éthylène

USA: Etats-Unis

J: Joule

L: Litre

ml: Millilitre

°C: Degrée celsius

m: Mitre

h: Heure

cm: Centimètre

nm: nanomètre.

Introduction

Les plastiques sont devenus indispensables, comme en témoigne la croissance impressionnante en moins d'un siècle de la production annuelle mondiale, qui passe de 1 million de tonnes en 1950 à plus de 350 millions de tonnes aujourd'hui (cf. annexe p. 23). Cela représente une quantité importante : si 40% de cette production annuelle consacrée à l'emballage était transformé en film alimentaire d'une épaisseur de 10 microns, ce film pourrait couvrir chaque année la surface entière de l'Europe. La demande de plastiques n'est pas uniforme. Ainsi, en 2015, elle était par habitant d'environ 100 **kg/an** en Corée, **80 kg/an** aux États-Unis et de 60 **kg/an** en Europe, à comparer avec 40 **kg/an** en Chine, 10 **kg/an** en Inde et seulement 5 **kg/an** en Afrique (**IEA, 2015**).

La production des plastiques double tous les douze ans environ, cette croissance rapide étant étroitement liée au développement économique (**OPECST, 2020**).

Aujourd'hui, plus de 5 300 formulations de polymères sont disponibles dans le commerce et plus de 4 000 produits chimiques connus sont associés aux seuls emballages en plastique (**Groh et al., 2019**).

Le marché mondial des plastiques concerne en volume environ pour 40% l'emballage, 20% le bâtiment, 10% l'automobile, 6% l'industrie électrique et électronique, 3% l'agriculture ; les 21% restant se répartissent en des applications diverses telles que les objets domestiques, l'ameublement, les sports et loisirs, la médecine, etc. (**Plastic Europe, 2019**)

Au XXe siècle, les chercheurs et industriels synthétisent un nombre impressionnant de divers polymères avec une panoplie et une combinaison de propriétés très riches. Cependant, pour des raisons surtout économiques, la production se concentre autour de quelques familles de plastiques dits « de commodité » : polyéthylène (**PE 30%**), polypropylène (**PP 19%**), polystyrène (**PS 7%**), polychlorure de vinyle (**PVC 10%**), polyuréthanes (**PU 7%**), polytéréphtalate d'éthylène (**PET 7%**) et polycarbonates (**PC 1,5%**). Les quelque **20%** restants se partageant en divers polymères dits « de performance » ou « techniques », tels que les polyamides, polyacryliques et polymères fluorés. Le terme « plastique de commodité » ne doit pas tromper. (**Smith and Lemstra, 1980**).

Il s'agit en réalité de polymères très sophistiqués résultant d'années de recherche fondamentale et de développement. En jouant sur l'arrangement des monomères et les longueurs des chaînes, il est possible de modifier radicalement les propriétés du matériau pour obtenir par exemple un polyéthylène plus ou moins cristallin, flexible ou résistant à la chaleur. En utilisant des chaînes ultralongues mises en forme de façon astucieuse pour les désenchevêtrer, il est possible de fabriquer des fibres de PE présentant une résistance équivalente à celle de l'acier **(Smith and Lemstra, 1980)**.

Les produits en plastique sont généralement fabriqués avec des ingrédients chimiques synthétiques que les organismes de biodégradation ne peuvent pas consommer. En tant que tels, les plastiques ne peuvent pas être facilement dégradés.

La mise en place de stratégies efficaces de récupération et de décomposition des déchets plastiques est essentielle afin de réduire leur impact sur l'environnement. Afin de réduire ou d'éliminer ces déchets, parmi ces solutions possibles figure le recyclage. **(Djeffal H. et al. 2016)**.

La biodégradation, qui s'effectue par l'intervention de nombreux facteurs et parmi ces facteurs des microorganismes, Remplacer les plastiques traditionnels par des matériaux biodégradables offre également une opportunité prometteuse de réduire la charge environnementale des déchets plastiques**(Djeffal H. et al.2016)**.

Première partie :
Synthèse
bibliographique

Chapitre 1. Généralité sur les plastiques

1.1. Définition de plastique

Le plastique est une matière synthétique composée de polymères, qui a la propriété d'être moulée ou modelée facilement après chauffage et qui peut être souple ou rigide. On appelle polymère une grande molécule constituée d'unités fondamentales appelées monomères (ou motifs monomères) reliées par des liaisons covalentes (Weiss, 2009).

La majorité des plastiques (99%) utilisée dans le monde est fabriquée à partir de pétrole et de gaz naturel (Doublier, 2008).

1.2. L'origine de plastique

L'histoire des matières plastiques débute en 1869 (Aubry, 2014). A la suite d'un concours, dont l'objet était de trouver une matière destinée à remplacer l'ivoire naturel des boules de billard, les frères HYATT(USA), mirent au point le celluloïd (ou nitrate de cellulose) produit d'origine végétale (bois, coton). En effet à la fin du XIX eme siècle, il existait plutôt à l'échelle artisanale qu'industrielle, quelques matériaux plastiques dont les plus importants à base de matières naturelles étaient le celluloïd et la galalithe.

C'est en 1909 qu'un chimiste belge Baekeland a découvert les résines formo-phénoliques dont l'exploitation dès 1920 sous le nom de BAKELITE marque véritablement le début de l'ère des plastiques (Aubry, 2014).

De 1920 à 1940 on assiste au développement de ces résines de condensation phénol/formol qui grâce à leurs propriétés isolantes, ont contribué à l'essor de l'électricité. De 1940 à 1950 naît industriellement la première matière thermoplastique utilisée à grande échelle. C'est le chlorure de polyvinyle (PVC) plastifié, employé pendant la guerre pour remplacer le caoutchouc impossible à importer. En 1950 on assiste au développement des transports automobiles et au besoin croissant en pétrole comme source d'énergie. La pétrochimie permet alors la naissance d'une multitude de matériaux thermoplastiques, dérivés des carbures oléfiniques obtenus par crackage des produits pétroliers : éthylène, benzène, propylène, phénol etc.... (Aubry, 2014).

1.3. L'importance du plastique

1.3.1. En Afrique

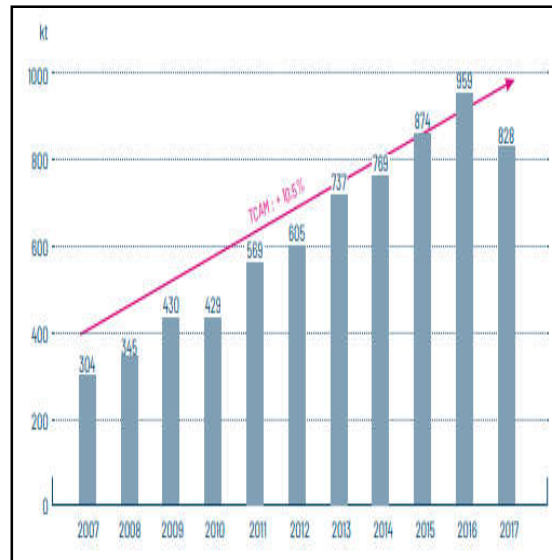


Figure 1. L'importation de la matière plastique en Afrique dans les années 2007 à 2017 (CICA, 2022).

Les importations de matières premières plastiques d'autres pays ont évolué comme suit au cours des dernières années dans les pays suivants : **(CICA, 2022)**

- Maroc: de 374 kt en 2007 à 568 kt en 2017, +52%.
- Tunisie : de 209 kt en 2007 à 327 kt en 2017, +56%.
- Nigeria : de 513 kt en 2007 à 729 kt en 2017, +42%.
- Ethiopie : de 54 kt en 2010 à 237 en 2017, +338%.

On a remarqué que Les importations de matières premières plastiques ont augmenté de 10,5 % par an entre 2007 et 2015, passant de 304 **kt** à 828 **kt** !

1.3.2. En Algérie

Comme toutes les matières premières plastiques sont importées (principalement du Moyen-Orient, d'Asie et d'Europe), le marché algérien présente un immense potentiel pour les exportateurs. **(CICA, 2022)**

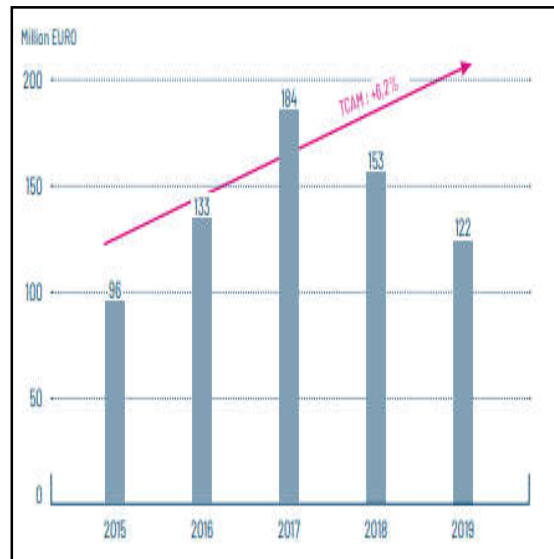


Figure 2. Importateur de technologie plastique en Algérie de 2015 à 2019 (CICA, 2022).

Avec **122** millions d'euros, l'Algérie est de loin le premier importateur de technologie plastique au Maghreb, devant le Maroc avec **92** millions et la Tunisie avec **47** millions. Avec l'Égypte, le Nigeria et l'Afrique du Sud, l'Algérie est l'un des plus grands importateurs de technologies plastiques en Afrique. (CICA, 2022)

Les principaux fournisseurs de l'Algérie sont la Chine, l'Italie, l'Allemagne, la France, le Canada, la Suisse, le Luxembourg, l'Autriche, l'Espagne et la Turquie. (CICA, 2022)

1.4. Différents polymères et leurs classifications

Il existe plusieurs manières de classer les polymères selon les propriétés retenues pour les caractériser. Nous indiquons ci-après les classifications les plus courantes. (GHEMMOUR A et OUAMROUCHE S, 2019)

1.4.1. Selon la nature chimique

La présence de fonctions chimiques sur les molécules leur attribue des propriétés particulières et des facilités à réagir avec d'autres molécules. Leur réactivité est due à la présence des fonctions alcool, acide, amine ou aldéhyde qui réagissent facilement grâce à leur site nucléophile et électrophile (Kumar, 2002 ; Okada, 2002 ; Van Dam, 2005).

La présence de certaines insaturations et des groupements hydroxyles sur les chaînes alkyles des triglycérides permet leur fonctionnalisation et conduit à la formation de polyuréthanes, polyamides ou polyesters (Warwel, 2001 ; Okada, 2002).

On peut distinguer 4 classes de matières premières issues du végétal : les glucides, les lipides, les protéines et les dérivés phénoliques. Les structures chimiques de quelques polymères issus du végétal sont présentées à la **figure 3**.

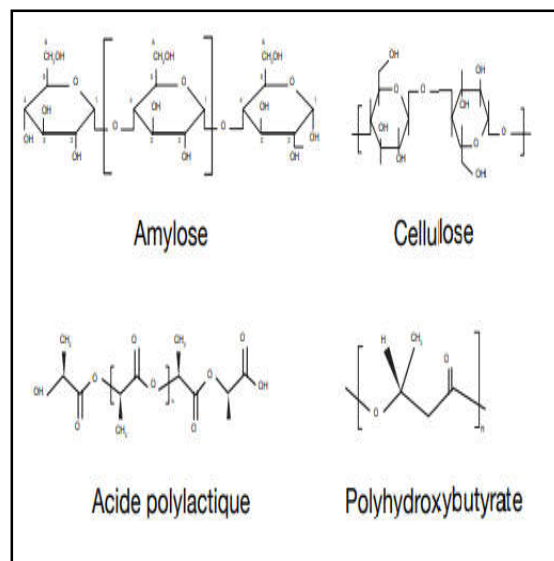


Figure 3. Structures chimiques du bio polymère.

1.4.2. Selon la structure des chaînes

Polymères linéaires et monodimensionnels : enchaînement dans une seule direction de l'espace.

La transition vitreuse correspond à l'apparition de mouvements de longs segments de chaîne et marque le passage de l'état vitreux à l'état caoutchoutique. La **figure 4** donne différents exemples de polymères linéaires.

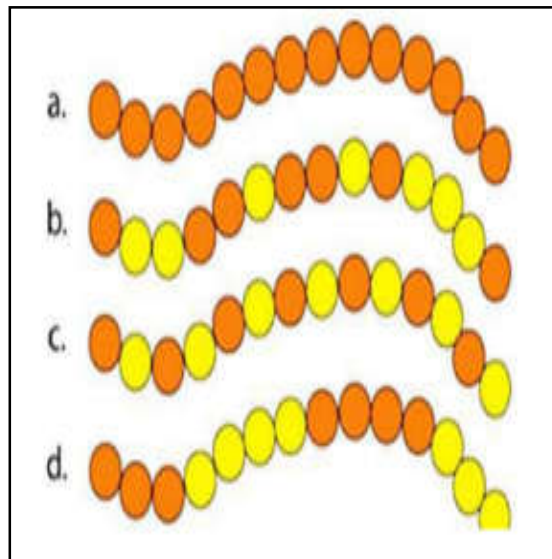


Figure 4. Polymère linéaire.

(a. homopolymère, b. copolymère statistique, c. copolymère alterné, d. copolymère séquencé).
(WEISS P, 2009)

Polymères bidimensionnels : Enchaînement s'étendant dans deux directions de l'espace

Ex : Le Graphite.

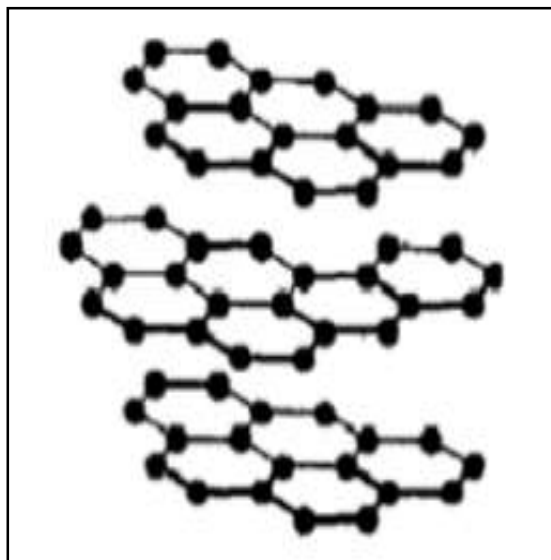


Figure 5. Polymère tridimensionnels (GHEMMOUR A et OUMROCHE S, 2019).

Il est possible de transformer des molécules linéaires en molécules 3D par pontage. Se sont des réseaux à trois dimensions, ils représentent environ 30% des polymères industriels. Il est possible de transformer des molécules linéaires en molécules 3D par pontage. **(GHEMMOUR A et OUAMROUCHE S, 2019)**

La réticulation correspond à la formation de liaisons chimiques suivant les différentes directions de l'espace au cours d'une polymérisation, d'une polycondensation ou d'une polyaddition, et qui conduit à la formation d'un réseau.

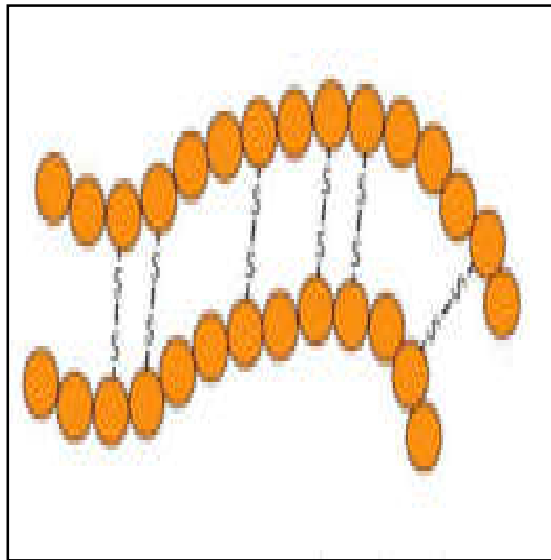


Figure 6. Polymère réticulé avec ponts disulfures reliant deux chaînes (WEISS P, 2009).

1.4.3. Selon leur origine

- **Polymères naturel** : Existent en l'état dans la nature comme ils sont très nombreux, il est courant de les subdiviser suivant leur provenance végétale, animale ou minérale. .
- **Polymères artificiels (ou régénérés)** : Bien que le constituant de base soit d'origine naturelle, ils résultent d'une transformation chimique des fonctions portées par les unités monomères, par exemple : les dérivés cellulosiques dont la molécule de base est la cellulose.
- **Polymères synthétiques** : Les molécules monomères qui permettent de les obtenir n'existent pas dans la nature, cependant on peut remarquer que les structures réalisées par synthèse sont souvent proche de celles des polymères naturels. .

- **Thermoplastique** : Soumis à une élévation de température modérée, les polymères deviennent mous mais sans modification des liaisons chimiques.
- **Thermodurcissable** : Les températures élevées provoquent des réactions de pontage et réticulation irréversible qui conduisent à des réseaux rigides tridimensionnels.
- **Thermo élastiques** : l'objectif recherché actuellement est la mise au point des polymères capables de conserver l'élasticité à des températures modérément élevées afin de palier à la limitation thermique qui est le point faible des élastiques actuels.

1.4.5. Selon les usages technologiques

- **Fibres synthétiques** : On peut citer le nylon, le tergal, le coton et la soie. .
- **Plastomères** : Ce sont les plastiques au sens large regroupant les thermodurcissables et les thermoplastiques.
- **Elastomères** : Sont par définition des polymères ayant des propriétés élastiques réversibles (allongement réversible important).

Exemple : Caoutchouc naturel, polybutadiène et poly isoprène.

Tableau 1. Principaux types de polymères utilisés pour la fabrication des matières plastiques (Laurent B., 2020)

Principaux polymères utilisés pour la fabrication de plastiques	Abréviation	Exemples d'utilisation
Polyéthylène haute densité	PE-HD	Flacons, bouteilles, boites rigides...
Polyéthylène basse densité	PE-BD	Sacs, films, sachets, récipients souples...
Polypropylène	PP	Pièces moulées pour l'automobile, emballage alimentaire, gaines de fils électriques...
Polystyrène	PS	Emballage, isolation

Polythéréphtalate d'éthylène	PET	Bouteilles de soda ou d'eau minérale, textiles
Polyamide	PA	Nylons, filets de pêche, flexibles industriels, textiles
Polyuréthane	PUR	Mousses d'isolation
Polyhydroalcanoates	PHA	Applications émergentes
Acide polylactique	PLA	Sacs plastiques « biodégradables »
Polycaprolactone	PCL	Biomédical
Polychlorure de vinyle	PVC	Tuyaux

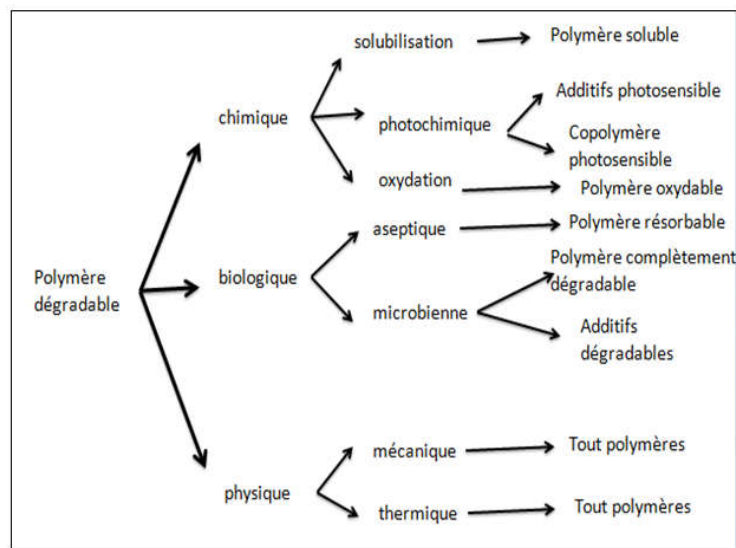


Figure 7. Schéma de la classification de la dégradation des plastiques (Helmut B, Reinhard, B, Jorg M et Erich W, 1995).

1.5. L'impact des déchets du plastique

1.5.1 Impacts sur l'environnement et sur la santé humaine

Possibles conséquences sur la santé d'un contact quotidien avec les substances hormono-actives présentes dans les plastiques.

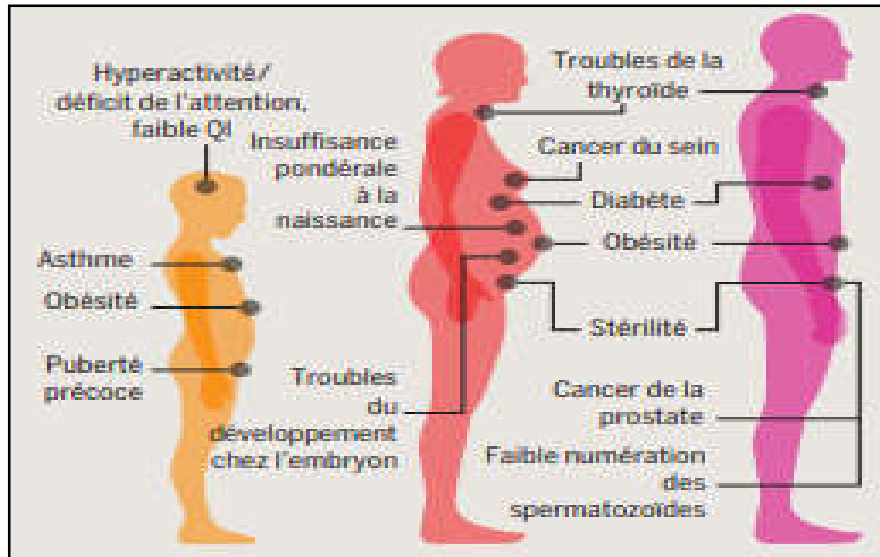


Figure 8. L'impact du plastique sur la santé humaine (ATLAS, 2020).

➤ Chlorure d'hydrogène

Le chlorure d'hydrogène forme de l'acide chlorhydrique au contact des tissus du corps. Son inhalation peut causer de la toux, la suffocation, l'inflammation des parois nasales, de la gorge et du système respiratoire. Dans les cas les plus graves, il peut entraîner un œdème pulmonaire, une défaillance du système cardiovasculaire et la mort. Il peut causer de graves brûlures des yeux, des irritations oculaires (conjonctivite, larmoiement) et des dommages oculaires irréversibles. (PSRDO-CER, 2012)

CO₂

À une concentration élevée, le **CO₂** peut entraver la fonction respiratoire et causer une excitation suivie d'une dépression du système nerveux central. Il peut aussi déloger l'oxygène de l'air, réduisant ainsi la concentration d'oxygène respirable. Les effets d'une faible teneur en oxygène peuvent ainsi être combinés aux effets toxiques du **CO₂**.

Il peut également provoquer des dommages à la rétine, rendre sensible à la lumière (photophobie), et entraîner des mouvements anormaux des yeux, un rétrécissement du champ

visuel et un agrandissement de la tache aveugle. Pour terminer, il est le deuxième gaz à effet de serre le plus important dans l'atmosphère après la vapeur d'eau, contribuant respectivement à hauteur de **26 %** et **60 %** à ce phénomène. **(PSRDO-CER, 2012)**

CO

Il représente un danger pour la vie des hommes et les autres formes de vies aérobies, puisque l'inhalation de quantités relativement faibles du toxique peut provoquer une hypoxie majeure, des lésions neurologiques et, éventuellement, la mort. Les premiers symptômes d'intoxication au monoxyde de carbone sont la somnolence et les maux de tête, suivis par la perte de conscience, la défaillance respiratoire et la mort. **(PSRDO-CER, 2012)**

Ils sont volatils et sont bien absorbés par voie pulmonaire et diffusent ensuite jusqu'au système nerveux central grâce à leur grande lipophilie: ce sont des toxiques nerveux. **(PSRDO-CER, 2012)**

➤ **Acide benzoïque**

Sans danger (l'acide benzoïque favorise l'hyperactivité infantile, plus précisément le trouble du déficit de l'attention) **(PSRDO-CER, 2012)**

➤ **Styrène**

L'inhalation de concentrations élevées de styrène peut occasionner des troubles du système nerveux, tels que de la dépression ou des difficultés de concentration, de la faiblesse musculaire, des nausées ainsi qu'une irritation des yeux, du nez et de la gorge ; la somnolence, les vertiges, l'asthénie et peut être cancérigène. Il présente également des risques d'incendie et d'explosion liés à son caractère inflammable et à sa faculté à former des mélanges explosifs avec l'air au-dessus de 40°C. **(PSRDO-CER, 2012)**

IL existe de nombreuses sources de plastique impliquées dans la pollution de l'environnement, ils comprennent:

- Les eaux usées ménagères qui contiennent des déchets plastiques fins de divers produits,
- Des fibres de vêtement, déchets ménagers et industriels contenant des résidus de plastique. Ces derniers pénètrent dans le sol et s'installent sur la surface et dans les sous-sol (les étages inférieurs).

Les particules fines (micro plastiques) sont susceptibles d'être ingérées par les organismes du sol, entraînant des effets nocifs (**Penget *et al.*, 2017**), et modifier les propriétés chimiques du sol (**Yooeun *ch. et al.*, 2018**).

1.5.2. L'impact sur les animaux du sol

Les micros plastiques sont affectés par les organismes du sol, y compris les animaux du sol tels que les nématodes les mammifères du sol et le vers de terre (**Defu *Het et al.*, 2018**).

1.5.2.1. L'impact Sur les vers de terre

Les vers de terre ont la capacité de retenir les particules de plastique cela a des effets presque mortels sur la croissance, la biomasse et le système immunitaire des vers de terre. (**Lwanga *H. et al.* 2016**)

À travers la chaîne alimentaire, sont transportés vers d'autres organismes et peuvent également être transportés vers des couches plus profondes du sol et lessivés dans les eaux souterraines (**Yooeun *C et al.*, 2018**).

1.5.3. L'impact sur les plantes

Il est peu probable que les micros plastiques soient absorbés par les plantes en raison de la taille des particules de plastique, ce qui empêche la pénétration de la paroi cellulaire des cellules végétale riches en cellulose, tandis que les nanoparticules pénètrent dans la cellule végétale.

(**Ling *et al.*, 2017**).

Les nano particules du plastique sont transférées sur la tige ou les feuilles de certaines plantes. (**Lin *et al* 2009**).

Les nano plastiques peuvent affecter l'allongement des racines des plantes et la germination en raison de la sensibilité des espèces végétales, des propriétés physiques et chimiques des nanoparticules de carbone produits (**Lin *et al.*, 2017**).

L'interaction entre les pesticides et les nanoparticules de carbone peut augmenter ou diminuer l'absorption des pesticides par les cultures (**torre *R.*,2013**), cela a un impact sur la sécurité alimentaire.

Les particules plastiques peuvent être transférées aux humains par la nourriture (**Yooeun *ch. et al.*, 2018**).

Chapitre 2.

Traitement du

plastique

2.1. Le traitement biologique

Le traitement biologique, par exemple le compostage ou la digestion, est un procédé important dans la gestion des déchets plastiques biodégradables. Les matières plastiques biodégradables répondent à des strictes conditions afin de garantir leur biodégradabilité totale. **(Hadda k, 2018)**

Le traitement des déchets plastiques, avant recyclage, nécessite une préparation Une fois lavés, séchés, déchiquetés et broyés, les déchets plastiques vont subir un procédé de régénération établi d'après les techniques utilisées pour la mise en forme des produits finis.**(Baljit S, 2007)**

2.1.1. Traitement mécanique

Il consiste à transformer des déchets de matières plastiques en produits de matières plastiques prêts à l'emploi par des moyens physiques (broyage, déchiquetage, lavage, séchage et fusion) (Milieu, Éducation, Nature & Société, 2001; BIO Intelligence Service, 2013).

Les déchets des fibres synthétiques ne sont pas faciles à recycler pour deux raisons:

IL est difficile de les broyer car ils sont très résistants, et l'hétérogénéité des fibres rend le processus d'homogénéisation plus compliqué. **(Dussault, 2016)**

Le traitement mécanique des plastiques et la plus attrayante option de traitement en termes d'environnement et que l'incinération pour les gains des énergies génèrent un plus grand fardeau sur l'environnement. **(Gouasmi, 2013)**

2.1.2. Traitement chimique

Peut être réalisé, par voie chimique (dépolymérisation), ou par voie thermique en présence d'air contrôlée comme la thermolyse, qui EST un procédé de craquage non catalytique **(Al-Salem et al., 2009)** par pyrolyse, qui est un procédé de combustion sous atmosphère inerte **(Blazek, 2005)**.

Toutefois, pour recycler des polymères en leurs monomères, les procédés de décomposition ou de transformation thermochimique tels que la pyrolyse **(Blazek, 2005)** ou la gazéification sont les mieux appropriés.**(Dussault, 2016)**

2.2. La biodégradation

La biodégradation est un processus dû à une activité biologique qui entraîne des Modifications de la structure chimique du matériau, menant à des composés Métaboliques naturels, Un plastique dégradable dont la dégradation résulte de l'action de microorganismes naturellement

présents dans le milieu de dégradation tels que les bactéries ou les champignons. (Amoura S., 2014)

2.2.1. Le micro-organisme responsable dans la biodégradation

Les champignons elle plus connu pour biodégradation (*Aspergillus tubingensis*) et les bactéries qui responsable comme (*Ideonella sakaiensis*) sont les deux types de microorganismes qui jouent un rôle déterminant dans la biodégradation des polymères naturels et synthétiques; ils sont capables de synthétiser des réactions enzymatiques sur un polymère, afin d'initier le processus de fragmentation et de minéralisation.(Selim f.,2021)

La biodégradation est donc causée par une activité biologique, plus particulièrement une action enzymatique aboutissant à une modification significative de la structure chimique du matériau.(Dussault, 2016)

Les champignons sont des organismes eucaryotes hétérotrophes caractérisés par une paroi constituée de chitine. ILS ont un appareil végétatif très simple, le thalle, qui peut être filamenteux ou levuriforme, et se reproduisent par des spores issues de reproduction sexuées et/ou asexuées.(Dussault, 2016)

Les espèces fongiques utilisées en matière de biodégradation possèdent un potentiel métabolique incroyable.

Les organismes hétérotrophes, comme les bactéries et les espèces fongiques jouent un rôle capital comme agents de décomposition. Ils dégradent des matières organiques complexes en substances organiques simples et en composés inorganiques.(Saadi, 2008).

2.2.2. Facteur qui influence la biodégradation

2.2.2. 1. Microorganisme

Les micro-organismes jouent un rôle majeur dans l'organisation, le fonctionnement et l'évolution de la plupart des écosystèmes. (Hadda k.*et al.*,2018)

Appartiennent à deux principaux groupes:

Les procaryotes qui n'ont pas de noyau. Ils comprennent les bactéries et archéobactéries, les eucaryotes dont l'ADN est contenu dans un noyau délimité par une double membrane.

Ils comprennent les protozoaires, les algues unicellulaires et les champignons. (Grima *et al.*,2002).

A) Les bactéries

Les bactéries peuvent présenter une morphologie variable bien qu'elles soient souvent sous formes de coques et de diplocoques à peu près sphériques ou en bâtonnets.

La taille des bactéries varie autant que leur forme, il se répliquent indépendamment et en général plus rapidement que le chromosome bactérien. On les détecte lorsque les gènes qu'ils transportent confèrent à la bactérie de nouvelles propriétés. **(Hadda k.et al., 2018).**

Les propriétés intrinsèques de l'échantillon du matériau à l'étude influencent beaucoup sa biodégradabilité.

Ainsi, les macromolécules naturelles, comme les protéines, la cellulose, l'amidon, etc., sont généralement dégradées dans les systèmes biologiques par hydrolyse puis oxydation. **(Chandra et al, 1998).**

B) Les champignons

Les champignons sont principalement des organismes terrestres; ils sont estimés à environ 1 500 000 espèces dont 5 % seulement seraient décrites.**(Bobe et al.,2008)**

Ils ne sont pas chlorophylliens, donc ils sont incapables de photosynthèse et doivent rechercher leur carbone dans les composés organiques.

Ils sont soit symbiotiques et se développent en association avec d'autres organismes avec tolérance ou bénéfique pour les deux partenaires, soit parasites et provoquent chez l'hôte des maladies.

De même, ils peuvent être saprophytes et vivent essentiellement sur des organismes morts **(Kirk et al. 2004).**

Ceux-ci se développent aux dépens de la matière organique d'origine animale ou végétale en décomposition. On distingue les saprotrophes ligninolytiques communément appelés champignons de pourriture blanche en raison de leur capacité à dégrader la lignine. **(Lahna, 2018)**

2.2.2.2. Les enzymes

Les enzymes sont des catalyseurs biologiques. Elles induisent des augmentations très

importantes des vitesses de réaction dans un environnement qui, sans elles, ne serait pas favorable à ces réactions biochimiques. Elles sont produites par les cellules (animales, végétales ou microbiennes). **(Grima, 2002)**

Deux types d'enzymes des exo et endoenzymes:

Les exo-enzymes hydrolysent spécifiquement les liaisons ester situées en bout de chaîne libérant ainsi des monomères; la masse molaire moyenne du polymère varie lentement avec une perte de masse globale.

Les endo enzymes provoquent entre autres la rupture des liaisons ester de la chaîne carbonée du polyester libérant ainsi des polymères de masse molaire plus faible; cela se traduit par une diminution significative de la masse molaire moyenne du polymère résiduel. Les polymères restent relativement peu sensibles aux attaques microbiennes lorsque leur masse molaire est élevée. (**Amer A et al.,2007**)

2.3. Mécanismes de la biodégradation

La biodégradation est définie en 2 étapes:

2.3.1. La bio-assimilation

Ce Phénomène par lequel la microfaune ou la microflore, constituants élémentaires de la biomasse, utilisent un matériau comme nutriment, La bio-assimilation se traduit par une série de phénomènes observables et quantifiables qui sont principalement:

Le concours au développement d'une matière biodégradable, le dégagement d'**H₂O**, de **CO₂** et de **CH₄** ainsi que la production éventuelle d'autres molécules organiques et minérales. Dégagement d'énergie sous forme de chaleur.

Il en découle qu'un matériau est bio-assimilable s'il peut subir une bio-assimilation. (**Guy c. et al.2018**).

2.3.2. Biodégradation d'un matériau

Ensemble de phénomènes physiques, chimiques et biologiques concomitants et (ou) successifs aboutissant sans aucune exception à sa bio-assimilation. IL en découle qu'un matériau est biodégradable s'il peut subir une bio-assimilation. (**Guy c. et al.2018**).

Deuxième partie :

Partie expérimentale

Chapitre 3. Matériel et méthodes

3.1. Objectif

Ce travail de synthèse (**Fava F et al, 2019**), (**Rajashree Patil et US Bagde. 2012**) Se focalise sur la capacité des souches de collection des genres *Pseudomonas*, et *Bacillus* pour dégrader PVC films dans des conditions aérobies. C'était dans la perspective de sélectionner des souches bactériennes qui pourraient être utilisées comme inoculum pour améliorer la dégradabilité des plastiques dans les systèmes de gestion des déchets aérobies comme les usines de compostage.

3.2. Matériel et Méthodes

Dans notre synthèse, nous nous sommes appuyés sur des études et méthodes antérieures, qui sont les suivantes:

➤ Rajashree Patil et US Bagde 2012

Collecte d'échantillons de sources microbiennes

Provenant de différents sites Environnementaux Des échantillons provenant de divers sites ont été prélevés pour être utilisés comme source microbienne pour l'enrichissement des micro-organismes dégradant le plastique. Les sites, où ont été retrouvés des matériaux plastiques polluant les sites à ciel ouvert ou partiellement en fouis dans le sol.

➤ Enrichissement et isolement de souches microbiennes dégradant le chlorure depolyvinyle (PVC)

-Des échantillons environnementaux prélevés sur différents sites riches en déchets plastiques ainsi que des lavages des bandes de plastique enfouies dans le sol ont été utilisés comme inoculants pour la culture d'enrichissement

-Chaque échantillon solide de 1 à 2 g et échantillon liquide de 1 ml a été dilué à 10 et 9 ml à l'aide d'une solution saline normale et utilisé comme inoculums pour la culture d'enrichissement dans le rapport de 1100 ml de milieu vitaminé que sel minéral (MSV).

-Les flacons ont ensuite été incubés dans un incubateur agitateur (Neolab, Inde) pendant au moins 4 semaines. Après 4 semaines, 1 ml de surnageant a été transféré dans le même milieu frais. La même procédure a été répétée trois fois. La concentration de PVC dans le milieu a augmenté progressivement à chaque culture d'enrichissement répétée de 0,1 à 0,5 %.

➤ Isolement des souches microbiennes dégradant le PVC

-Une partie de la culture d'enrichissement a été diluée de manière adéquate avec une solution saline stérile et étalée sur les plaques de gélose nutritive. L'incubation a été réalisée à

30°C pendant 48h. Les colonies individuelles formées sur de la gélose nutritive ont été prélevées attestées pour leur capacité à se développer sur un milieu MSV solide contenant du PVC émulsifié,

- Des cultures pures des bactéries dégradant le PVC ont été obtenues par repiquage répété des Colonies isolées sur le même milieu. Les isolats sélectionnés ont été attribués avec des codes, par exemple, PVC 1, PVC 2 et ainsi de suite, pour une étude plus approfondie. Les isolats

Sélectionnés ont été caractérisés à l'aide du manuel de bactériologie déterminative de Bergey tester la dégradation du film PVC avec la souche isolée sélectionnée

- La suspension bactérienne de la culture (1 ml) a été ajoutée à une boîte de Pétri stérile, contenant le milieu MSV chaud maintenu à 45°C. Le film de PVC a ensuite été placé aseptiquement sur la surface de la gélose solidifiée inoculée. Les plaques ont été cellées dans un sac en polyéthylène pour éviter la dessiccation et incubées à 30°C.

- On observe périodiquement le film pour des signes de croissance microbienne.

➤ **Selon Giacomucci L., et al., 2019.**

- Des souches de collection de culture ont été sélectionnées pour la biodégradation des films plastiques. Les souches provenaient du Leibniz Institute DSMZ Allemagne. Il s'agissait *Pseudomonas citronellolis* (DSM 50332), *Bacillus flexus* (DSM 1320).

- Plastiques utilisés:

Les films plastiques dérivés du pétrole est le **PVC** (Film **PVC** contenant environ 30% w/w d'additifs/plastifiants

3.3. La biodégradation du film PVC

Est réalisée dans un flacon de 2 L contenant 750 ml de MSM utilisant *P. citronellolis* et *B. flexus*. Les prélèvements ont été effectués après 45 et 90 j d'incubation afin d'évaluer la croissance bactérienne, la formation de biofilm et biodégradation du film PVC.

3.3.1. Évaluation de la croissance bactérienne et de la formation de biofilms sur des films plastiques

Dans l'expérience de biodégradation du PVC en flacon de 2 L, la formation de biofilms denses sur la surface plastique a été quantifiée en déterminant la concentration de Protéines.

Les films PVC ont été incubés pendant la nuit avec 3 ml d'urée (6M)

À 4°C sur un agitateur orbital (150 rpm). La Quantification des protéines est selon la méthode de Lowry.(Zishka M., 1970)

3.3.2. Perte de poids gravimétrique

Les films plastiques lavés ont été séchés sous vide à température ambiante jusqu'à poids constant (au moins 24 H) avant pesage. La perte de poids est calculée en pourcentage du poids gravimétrique d'origine.

Chapitre 4. Résultat et discussions

4.1. Rajashree Patil et US Bagde 2012

4.1.1. Isolements des bactéries qui dégradent le PVC

Les sept isolats ainsi obtenus ont été désignés souches PVC 1, 2, 3, 4, 5,6 et 7. ont montré une croissance sur un milieu de gélose PVC émulsifié sans aucun supplément, alors que les isolats restants pouvaient se développer en présence d'extrait de levure ou de glucose. Ces isolats ont ensuite été criblés pour leur capacité à libérer du chlorure dans un milieu de sel minéral incorporé avec de la poudre de chlorure de polyvinyle. Le tableau (02) montre l'activité de libération de chlorure des isolats exprimée en termes de $\mu\text{g/ml}$.

La croissance cellulaire mesurée en tant que densité optique (DO600 nm) du bouillon de culture a également été déterminée. Comme on le voit dans le tableau, les souches PVC 3, PVC 4, PVC 6 et PVC 7 ont montré la capacité de libérer le chlorure du PVC. Souche PVC 4

a montré une quantité considérable de libération de chlorure et de croissance cellulaire dans le milieu MSV-PVC et a donc été sélectionné pour une identification plus approfondie.

Tableau 2. Activité de libération de chlorure des souches microbiennes de la culture d'enrichissement.

Souches isolées	Milieu PVC MSV additionné d'extrait de levure à 0,1%	
	Libération de chlorure ($\mu\text{g/ml}$)	Densité optique
PVC1	00,12	
PVC2	0	0,72
PVC3	46	0,98
PVC4	115	0,92
PVC5	0	0,22
PVC6	65	0,66
PVC7	31	0,49

4.1.2. Identification des de isolats Pvc4

Dans cette étude, parmi les sept isolats, la souche bactérienne PVC 4a montré l'activité la plus élevée pour la dégradation du chlorure de polyvinyle qui a été mesurée lorsque le chlorure a été libérée. Cette souche a été caractérisée comme *Micrococcus luteus* sur la base de la 8ème édition de édition du manuel de bactériologie déterminative de Bergey, après avoir étudié les caractéristiques morphologiques, culturelles et biochimiques, et les avoir comparées avec la souche standard de *M.lutéus*. Les caractéristiques de culture de la souche PVC 4 ont été étudiées en suivant la technique standard en microbiologie.



Figure 9. Colonies isolées de la souche PVC4 sur plaque de gélose nutritive (plaque incubées à 30°C pendant 48h)

montre la croissance de la souche PVC 4 identifiée comme Espèces de *Micrococcus* sur film de chlorure de polyvinyle (PVC) placé sur une gélose aux vitamines et sels minéraux (MSV) inoculée avec Espèce de microcoque La croissance d'une souche isolée à la surface d'un film de chlorure de polyvinyle (PVC) donne une indication positive que l'isolat peut être utilisé comme agent de biodégradation puissant pour une application in situ lors de l'assainissement des déchets plastiques. L'étude montre que le chlorure de polyvinyle polymère plastique le plus récalcitrant peut être dégradé dans une certaine mesure dans l'environnement approprié.

4.2. Giacomucci L., et al., 2019

4.2.1. dénombrement des *P. citronellols* et *B. flexus*

Après 20 j d'incubation, une augmentation du nombre des cellules *P. citronellols* à 10⁷ CFU/ml est observé, et après 45 jour nous avons 10⁸ cellule /ml. Dans le traitement par *B. flexus*. Une augmentation de cellule jusqu'à (10⁶ UFC/ml) après 20 jours et 10⁸ UFC/ml après 45 jours, suivi d'un abaissement de la croissance bactérienne de 10⁷ UFC/ml à la fin d'expérimentation.

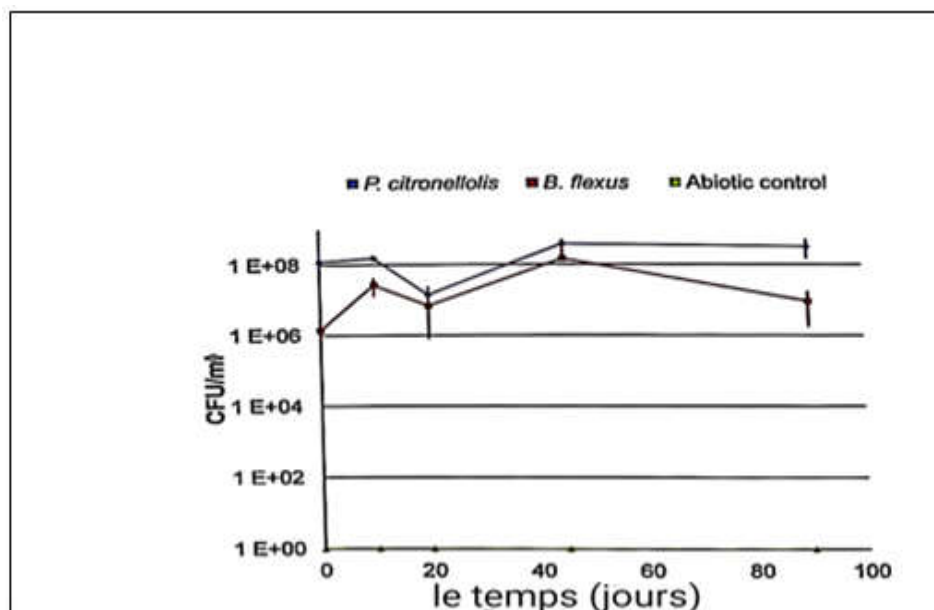


Figure 10. Comptage de la concentration des cellules *P. citronellols* et *B. Fluxus* en CFU/ml.

4.2.2. Dosage des protéines adhérente

Protéines adhérentes de $322,70 \pm 42,90$ et $197,89 \pm 18,13$ $\mu\text{g}/\text{mg}$ de PVC film à cause *P. citronellolis* et *B. flexus*, respectivement, a été reçu ensuite 45 jours a la fin de l'expérience. Les concentrations de protéine adhérente sont tombées à $37,78 \pm 0,81$ et $113,22 \pm 2,32$ $\mu\text{g}/\text{mg}$ de PVC film incubé verso *P. citronellolis* et *B. flexus*, respectivement.

Lorsqu'elles sont cultivées dans un biofilm, les cellules bactériennes, il y comprit *Pseudomonas* et *Bacillus*, se sont avérés adapter l'abondance des protéines et transcription de motif.

Tous les stades du biofilm, tandis que les protéines d'adhésion et ribosomiques sont surexprimées dans les premiers stades de formation du biofilm. la grande quantité de protéine détectée après 45 jours d'incubation pourrait être liés à leur hyper expression, qui a aidé à la formation de denses biofilm. Après 90 jours, Après 45 j, un film PVC presque intact a été observé pour le Contrôle (abiotique) négative. Serve pour le Contrôle (abiotique) négative.

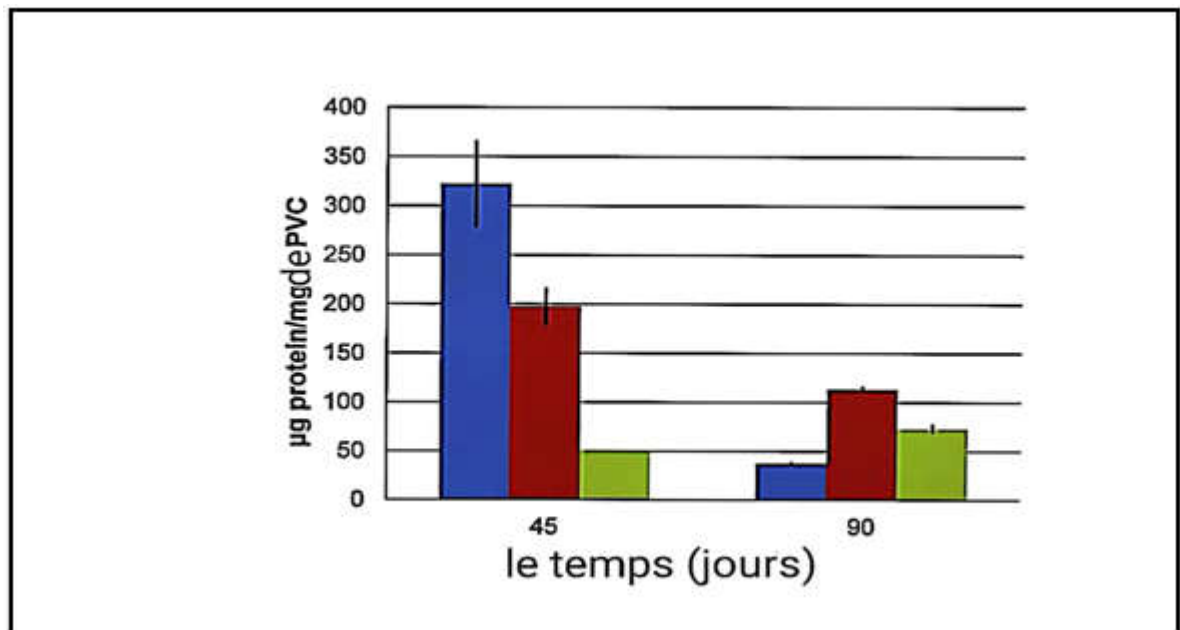


Figure 11. Les protéines adhérentes sur PVC films incubés jusqu'à 90 et 45 jours en présence de *P. citronellolis* et *B. fleux*

4.3. Pourcentage de dégradation

4.3.1. Fava F., et al., 2019.

a) Perte de poids gravimétrique

La période d'incubation de 90 à 30 jours était réussie et a permis d'évaluer le pourcentage de perte gravimétrique, qui a montré des pertes de poids statistiquement significatives comprises entre $13,07 \pm 0,36 \%$ et $18,58 \pm 0,01 \%$ pour les films PVC incubés avec *P. citronellolis*, contre une perte maximale de $8,39 \pm 1,10 \%$ pour les contrôles abiotiques $7,02 \pm 0,11\%$ du poids gravimétrique, respectivement. Ces résultats confirment de l'effet efficacité d'un processus de biodégradation du PVC par *P. citronellolis* même en utilisant des déchets de PVC de plus.

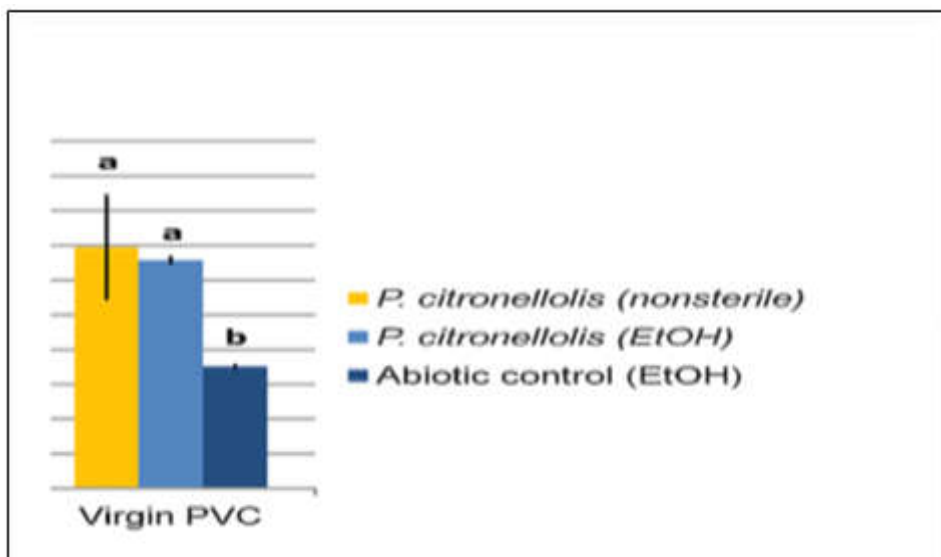


Figure 12. Perte des poids gravimétriques de PVC fil

Conclusion

Les déchets plastiques sont un problème mondial, en escalade rapide, avec environ 311 millions de tonnes de plastique produites dans le monde en 2014. Les plastiques synthétiques constituent environ 80 % de l'utilisation mondiale totale de plastique.

Dans les matrices environnementales, la dégradation de ces plastiques synthétiques est très lente. Cette résistance à la dégradation peut être contournée par des facteurs environnementaux physico-chimiques et des capacités microbiennes.

De nombreux candidats bactériens ont été sélectionnés pour leur capacité de dégradation plastique. Cependant, plusieurs souches de *Pseudomonas sp.* Et *Bacillus sp.*, *Micrococcus sp.* Sont capables de dégrader les plastiques.

Les résultats des travaux analysés ont une application précieuse dans la résolution du problème des déchets plastiques grâce à la bioremédiation où l'approche moderne développée pour la remédiation peut être combinée et appliquée avec cet organisme.

Les recherches futures se concentreront sur diverses expériences pour trouver les conditions optimales pour le processus de dégradation du PVC, par exemple, l'effet de la variation du pH des milieux de croissance, l'effet de différentes concentrations de PVC

Sur la dégradation, l'effet synergique de différents groupes d'organismes sur la dégradation du PVC, l'effet de substrat codifférent sur le taux de dégradation, etc. Les travaux futurs peuvent également être axés sur l'identification et l'isolement des enzymes impliquées dans la dégradation du chlorure de polyvinyle par les souche isolée et la conception et le développement d'une petite étude de terrain prototypique en appliquant des consortiums isolés sélectionnés de souche microbienne pour la bioremédiation de déchets plastiques In situ

Bibliographique

- **Abderrahmen H(2009)**, l'effet du nombre de recyclage du **PVC** sur les propriétés de polyéthylène réticule par le silan (**PRS**).
- **Amoura S. et Manser A. 2001**. Etude des biodégradations deux polymères biodégradables (**PLA** et **PCL**) et de leurs mélanges binaires en absence et en présence de la cloisite
- **Amriouat L., 2018**. Amélioration des propriétés ignifugeantes d'un mélange polypropylène/Ethylène acétat de vinyle recyclé .
- **AUBRY J, 2014**. Les matières plastiques. Document technologie des matériaux. 18 p.
- **AUBRY J, 2014**. Les matières plastiques. Document technologie des matériaux. 18 p.
- **Basilico L., Staub P., Dris R., 2019** . Synthèse des premières Rencontres du GDR « Polymères et océans » et des journées « Plastiques et environnement » . pp 112.
- **Bobé A, 2020**. Newsletter pure laboratoire-plastiques recyclages et contact alimentaire. P.2
- **Bouches-du-Rhône, 2019. STOP AUX POLLUTIONS PLASTIQUES. François-Michel Lambert. 84 p.**
- **Cai, L., Wang, J., Peng, J., Tan, Z., Zhan, Z., Tan, X., & Chen, Q, 2017**. Characteristic of microplastics in the atmospheric fallout from Dongguan city, China: preliminary research and first evidence. Environmental Science and Pollution Research, 24(32), 24928-24935.
- **Christophe , 2003**. La valorisation des matières plastiques en fin de vie : Etat des lieux et propositions d'amélioration. Diplômé d'Etudes Spécialisées, pp 95.
- **CICA, 2022**. Plastiques sous forme primaire Technologie plastique Technologie de conditionnement. Centre International de Conférences d'Alger Abdelatif Rahal CIC. 14 p. De La Torre-Roche, R., Hawthorne, J., Deng, Y., Xing, B., Cai, W., Newman, L. A., ... & White, J. C, 2013. Multiwalled carbon nanotubes and C60 fullerenes

differentially impact the accumulation of weathered pesticides in four agricultural plants. *Environmental Science & Technology*, 47(21), 12539-12547.

- **Djeffal M. , Hamza M. ,Younes ch, 2016.**le recyclage des déchets plastiques dans le cadre du développement durable.
- **DOUBLIER G,2008.** Dossier « les plastiques », 13 p.
- **Fabio Fava,** polyvinyl chloride biodegradation by pseudomonas citronellolis and bacillus flexus .23 avril 2019.journal
- **Fatih selim yildizhan.** Plastique techniques analyse de marcege et methodes de recyclage. Janvier,2021 review.
- **GHEMMOUR A et OUAMROUCHE S, 2019.** Etude et conception d'une soudeuse de profiles en PVC. Mémoire de Fin d'Etude. Universite Mouloud Mammeri de TIZI-OUZOU. 90p.
- **GHEMMOUR A et OUAMROUCHE S, 2019.** Etude et conception d'une soudeuse de profiles en PVC. Mémoire de Fin d'Etude. Universite Mouloud Mammeri de TIZI-OUZOU. 90p.
- **Gregory ch., 2003.** Modélisation de l'effet mullins dans les elastomeres. Thèse de doctorat, L'École Centrale de Nantes et l'Université de Nantes gregory chagnon pp.180
- **Grima S. 2002.** Biodégradation de matériaux polymères à usage agricole.16-décember
- **Groh et al., 2019.** <https://www.campusplastics.com/campus/list>
- **Guy C., Emmanuelle G., 2018.** Biodégradation-biodégradabilité polymères rapidement biodégradables.10 janvier 2018.
- **Hadda k., bellahmer l., ikhlef N.2018.**La biodégradation de plastique par les bactéries.
- **He, D., Luo, Y., Lu, S., Liu, M., Song, Y., & Lei, L. 2018.** Microplastics in soils: analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 109, 163-17

- **Helmut B, Reinhard B, Jorg M et Erich W, 1995.**Degradation and applications of polyhydroxyalkanoates. 11 p. an. J. Microbiol. www.nrcresearchpress.com by UNIVERSITY OF ARIZONA LIBRARY on 06/11/13 For personal use only.
- **Hu, G., Albrow-Owen, T., Jin, X., Ali, A., Hu, Y., Howe, R. C., Hasan, T. 2017.**Black phosphorus ink formulation for inkjet printing of optoelectronics and photonics. Nature communications, 8(1), 1-10.
- **Huerta Lwanga, E., Gertsen, H., Gooren, H., Peters, P., Salánki, T., Van Der Ploeg, M., ... & Geissen, V. 2016.** Microplastics in the terrestrial ecosystem: implications for Lumbricus terrestris (Oligochaeta, Lumbricidae). Environmental science & technology, 50(5), 2685-2691.
- **IEA (2015).** Per capita demand for major plastics in selected countries in 2015, IEA, Paris
- **Jean-Benoît Le Cam,2005.** Endommagement en fatigue des élastomères. Mécanique des matériaux [physics.class-ph]. Ecole Centrale de Nantes (ECN); Université de Nantes, Français pp. 189.
- **Lohmann R, 2017.** Microplastics are not important for the cycling and bioaccumulation of organic pollutants in the oceans—but should microplastics be considered POPs themselves?. Integrated environmental assessment and management, 13(3), 460-465.
- **Marc carrega et vicent v. 2017.** matières plastiques propriétés, mise en forme et applications industrielles des matériaux polymères 4 édition en France N 201705. Pp689
- **Ochoa, S. A., F.L. Montiel, G. Escalona, A.C. Cordova, L.B. Davila, B.L. Martinez, Y.J. Tapia, S. Giono,C. Eslava, R.H. Castro, et J.X. Cortes. 2013.** Caractéristiques pathogéniques des souches de Pseudomonas aeruginosa résistantes aux carbapénèmes associées à la formation de biofilms. Bol Med Hosp Infant Mex 70(2) : 133-144.
- **OPECST(2020).**<http://www2.assemblee-nationale.fr/content/download/320212/3117606/>

version/2/file/OPECST_2020_0063_rapport_pollution_plastique-compress%C3%A9.pdf

Plastics Europe, 2019. Plastics—the Facts 2019: An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data (PlasticsEurope, Brussels). Europe.

- **PSRDO-CER, 2012.**Impacts sur l'environnement et sur la sante humaine de la combustion des dechets plastiques. burkina faso. 6p.
- **PSRDO-CER, 2012.**Impacts sur l'environnement et sur la sante humaine de la combustion des dechets plastiques. burkina faso. 6p.
- **Singh B et Sharma N, 2007.**Implication mécaniques de la dégradation du plastique. P.566.
- **Singhal S, Khan S, D.J. Upadhyay, T. Fatma, A. Rattan. 2006.** Détection de la formation de biofilms parmi les isolats cliniques de staphylocoques : An Evaluation of Three Different Screening Methods. *IndianJournalofMedicalMicrobiology*, 24(1) : 25-29.
- **Smith P and Lemstra PJ (1980).** Ultra-high-strength polyethylene filaments by solution spinning/drawing. *J. Mater. Sci.*, 15, pp. 505-514.
- **Sutherland I.W. 2001.** Biofilm Exopolysaccharides. A Strong and Sticky Framework. *Cambridge University Press Microb.* 147:3-9.
- **Thein, T. L., Ng, E. L., Yeang, M. S., Leo, Y. S., & Lye, D. C, 2017.** Risk factors for concurrent bacteremia in adult patients with dengue. *Journal of microbiology, immunology and infection*, 50(3), 314-320.
- **Rajashree patil and U.S.Badge, 17 avril 2012.**isolation of polyvinyl chloride degrading bacterial strains from environmental samples using enrichment culture technique,11(31),pp.7947-7956.
- **WEISS P, 2009.** La chimie des polymères. Support de Cours, Université Médicale Virtuelle Francophone. 17 p.
- **WEISS P, 2009.** La chimie des polymers. Support de Cours. Société Francophone de Biomatériaux Dentaires. © Université Médicale Virtuelle Francophone. 17 p.

- **Wilkes R.A et Aristilde L, 2017.**Degradation and metabolism of synthetic plastics and associated products by *Pseudomonas* sp.: capabilities and challenges. *Journal of applied microbiology*. <https://doi.org/10.1111/jam.13472>.
- **Zhao, Y., Trewyn, B. G., Slowing, I. I., & Lin, V. S. Y, 2009.** Mesoporous silica nanoparticle-based double drug delivery system for glucose-responsive controlled

release of insulin and cyclic AMP. *Journal of the American Chemical Society*, 131(24), 8398-8400.

- **Zishka M.K et Nishimura J.S.1970.**Effect glycérol on Lowry and birt methodes of protein determination .
- https://www.plasticseurope.org/application/files/9715/7129/9584/FINAL_web_version_Plastics_the_facts2019_14102019.pdf
- <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/per-capita-demand-for-major-plastics-inselected-countries-in-2015>.

Annexes

Le Milieu Minimal Salé (MSM) :pH 7

composé de 0,2 gr de sulfate de magnésium.

0,02 gr de chlorure de calcium.

1 gr de phosphate mono potassique.

1 gr de phosphate dipotassique .

1 gr de nitrate d'ammonium .

0, 05-gr de chlorure ferrique dans 1 L a été stérilisé avec un autoclave habit

Résumé

تهدف هذه الدراسة الى جمع المعلومات من مختلف المذكرات والمقالات السابقة حول التحلل الحيوي للمواد البلاستيكية هذا بوجود كائنات حية دقيقة مسؤولة مثل البكتيريا والفطريات

ومن خلال هذه المقارنة التي قمنا بها توصلنا الى ان هذا الاخير (بلاستيك)، يأخذ مدة اطول للتحلل في الطبيعة، كما ان له تأثير بالغ على الكائن الحي ، حيث لوحظ ان هذا النوع من البكتيريا له (Bacillus) و (Pseudomonase) والتنوع البيئي، لكن هذه العملية لا تتم الا بوجود نوعين اساسيين من البكتيريا ،تأثير ايجابي في التحلل

الكلمات المفتاحية: التحلل الحيوي للمواد البلاستيكية، البكتيريا والفطريات، بلاستيك

Résumé

Cette étude vise à recueillir des informations à partir de divers mémos et articles antérieurs sur cette biodégradation des matières plastiques en présence de micro-organismes responsables tels que les bactéries et les champignons.

A travers cette comparaison que nous avons faite, nous avons conclu que ce dernier (plastique), met plus de temps à se décomposer dans la nature, et a un impact important sur l'organisme et la diversité environnementale, mais ce processus n'a lieu qu'en présence de deux principaux types de bactéries (pseudomonase) et (Bacillus), où il a été observé que ce type de bactéries a un effet positif sur la biodégradation du plastique.

Mots clés: biodégradation du plastique, micro-organismes, plastique.

Abstract

This study aims to collect information from various memos and previous articles on this biodegradation of plastics in the presence of responsible microorganisms such as bacteria and fungi.

Through this comparison that we made, we concluded that the latter (plastic), takes longer to decompose in nature, and has a significant impact on the organism and environmental diversity, but this process does not place only in the presence of two main types of bacteria (pseudomonase) and (bacillus), where it has been observed that this type of bacteria has a positive effect on the biodegradation of plastic.

Key words: biodegradation of plastic, microorganisms, plastic.