



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

Référence..... /

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine: Sciences de la nature et de la vie

Filière: Sciences biologiques

Spécialité: Microbiologie Appliquée

Présenté et soutenu par:
Djelali Messaouda

Le:samedi 3 juillet 2021

La biodégradation du plastique par les microorganismes

Jury:

Dr.	GHITI Hassina	MCB	Universté de Biskra	Président
Dr.	TRABSA Hayat	MCA	Universté de Biskra	Rapporteur
Dr.	BOUGUENOUN Widad	MCB	Universté de Biskra	Examineur

Année universitaire:2020- 2021

Remerciement

Nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir données le courage et la patience pour réaliser ce travail.

J'exprimemes remerciementsà GHITI HASSINA pour avoir encadré et dirigé ce travail avec une grande rigueur scientifique, sadisponibilité, ses conseils et la confiance qu'ellem'a accordée m'ont permis de réaliser ce travail.

Je remercie les membres de jury (Mme.TRABSA HAYAT

Et Mme.BOUGUENOUN WIDAD) d'avoir bien voulu accepter de juger cetravail.

DJELALI MESSAOUDA

Dédicace

A l'aide de mon dieu ALLAH j'ai pu réaliser ce travail que je dédie:

Aux êtres les plus chers à mon coeur, mes parents qui ont fait preuve

De beaucoup de compréhension et qui n'ont cessé de me soutenir et m'encourager durant
mes études.

À mes chers frères Mohamed el amine et Houssam eldinne et ma soeure aya

À la Nour et me cher âme.

À mes amis les plus proches, en particulier Dhaouia.

DJELALI MESSAOUDA

Sommaire

Liste des abréviations	I
Liste des figures	II
Liste des tableaux	III
Introduction générale	01

PREMIÈRE PARTIE : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1. LE PLASTIQUE

1.1. Définition de plastique.....	02
1.2. L'origine de plastique.....	02
1.2.1. l'origine naturelle.....	02
1.2.2. Le plastique semi-synthétique, synthétique et bio source	02
1.3. Les types de plastique.....	02
1.3.1. Thermodurcissable (d'uromètres).....	02
1.3.2. thermoplastique (plastomères).....	03
1.3.3. Elastomère.....	03
1.4. Principaux types de polymers.....	04
1.5. L'impact du déchets du plastique sur l'environnement.....	05
1.5.1. l'impact sur les animaux du sol.....	05
1.5.1.1.L'impact Sur les vers de terre.....	05
1.5.2. l'impact sur les plantes.....	06

CHAPITRE 2. TRAITEMENT DU PLASTIQUE

2.1. Traitement du plastique.....	07
2.1.1. Le traitement biologique.....	07
2.1.2. Traitement mécanique.....	07
2.1.3. Traitement chimique.....	07
2.2. La biodegradation.....	08
2.2.1. Les micro-organisme responsable dans la biodégradation.....	08
2.2.2. Facteur qui influence la biodégradation.....	09
2.2.2.1 Microorganisme.....	09
a) Les bactéries.....	09
b) les champignons.....	09
2.2.2.2. Les enzymes.....	10

2.2.3. Mécanismes de la biodegradation.....	10
2.2.3.1. La bio-assimilation.....	10
2.2.3.2. Biodégradation d'un matériau.....	11

CHAPITRE 3:MATÉRIELLES ET MÉTHODES

3.1. Objectif.....	12
3.2. Matériel et methods.....	12
3.2.1. Matériel.....	12
3.2.1. Méthodes.....	12
3.2.1.1. Essai de biodégradation des plastiques.....	12

CHAPITRE3:SYNTHÉSE DES ARTICLES

4.1. Dégradation des plastiques.....	14
4.1.1. Formation de bio films.....	14
a) Plastique noir (kresek).....	14
b) Plastique blanc.....	15
c) Plastique transparent.....	15
4.1.2. Pourcentage de degradation.....	16
4.1.2.1. Plastique noir.....	16
4.1.2.2. Plastique blanc.....	17
4.1.2.3. Plastique transparent.....	18
conclusion.....	19
Références.....	20

Liste des abréviations

MSM = Milieu Minimal Salé.

PVC = Polychlorure de vinyle

PP = Polypropylène

PS = Polystyrène

DO = longueur d'onde

PE = polyéthylène

Liste de figures

Figure 1.	Observation de Densité cellulaire des bactéries sur la surface en Plastique noir après une simple coloration au bleu de méthylène.....	14
Figure 2.	Observation de Densité cellulaire des bactéries sur la surface en plastique blanc après une simple coloration au bleu de méthylène.....	15
Figure 3.	Observation de Densité cellulaire des bactéries sur la surface en plastique transparent après une simple coloration au bleu de méthylèn.....	15

Liste des Tableaux

Tableau 1.	Principaux types de polymères utilisés pour la fabrication des matières plastiques.....	04
Tableau 2.	Dégradation du plastique noir pendant 16 semaines effectuée par les bactéries indigènes du sable de plage et des sédiments de mangrove, Bacillus PL01 et Pseudomonas PL01.....	17
Tableau 3.	Dégradation du plastique blanc pendant 16 semaines effectuée par les bactéries indigènes du sable de plage et des sédiments de mangrove, Bacillus PL01 et Pseudomonas PL01.....	17
Tableau 4.	Dégradation du plastique transparent pendant 16 semaines effectuée par les bactéries indigènes du sable de plage et des sédiments de mangrove, Bacillus PL01 et Pseudomonas PL01.....	18

Introduction

Introduction

Les matières plastiques ont des caractéristiques diverses selon leur composition chimique, Ce qui les rend intéressants pour de nombreuses applications dans tous les secteurs d'activité (Christophe; 2002,).

Ces dernières années, elles sont devenues indispensables dans de nombreux domaines de haute technologie. (Amriout L., 2018)

Les déchets plastiques dont la durée de vie peut atteindre plusieurs siècles constituent un menace pour la santé humaine et l'ensemble des écosystèmes. (Djeffal H. *et al.* 2016).

Bien que la matière plastique ait des avantages, mais elle possède aussi des inconvénients, l'inconvénient majeur est sa résistance à la biodégradation, L'autre inconvénient de ces matières plastiques est leur faible résistance au feu, ce défaut a limité leur développement dans l'industrie du bâtiment, de l'électronique et de l'ameublement car les polymères - comme tous les produits organiques - sont inflammables lorsque les quantités relatives de chaleur et d'oxygène sont favorables à la combustion (Amriout L., 2018).

Dès lors, quels sont les effets du plastique sur l'environnement, et quelles sont les solutions pour réduire sa dangerosité?

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

La biodégradation, qui s'effectuent 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).

Synthèse bibliographique

Chapitre 1.

Le plastiques

1.1.Définition de plastique

Le plastique est connu comme un matériau synthétique, constitué de Macromolécules obtenues par polymérisation ou polycondensation qui peuvent Être formées (Laurent G., 2013). En chimie des définitions partielles sont données: toute les matières qui peut être Chauffée, façonnée et maintenue en forme une fois refroidie est un plastique (IkhlefN., et al.; 2018).

Parmi les principaux avantages du plastique est sa faible densité, son léger changement Fac eaux agents chimiques, bactéries et champoing. Ilest recyclable pour certaines ...etc. (Laurent G., 2013).

1.2.L'origine de plastique

1.2.1. L'originenaturelle

Il existe différents types de polymère naturel tels que :

1.2.1.1.Le caoutchouc naturel

IL provient de l'arbre après y avoir fait une incision et pris du latex sous forme liquide. (Carrega M., et al.; 2017).

Aussi il est produit le polymère naturellement par fermentation bactérienne de sucres ou lipides qui ont des propriétés biodégradables (Laurent B., *et al.*; 2020).

1.2.2. Le plastique semi-synthétique, synthétique et bio source.

Il est produit à partir d'issus non pas de sources fossiles (pétrole, gaz et charbon), mais au moins en partie de sources renouvelables comme la féculé de maïs (Laurent Basilico, al 2020). Le plastique semi-synthétique est fabrique à partir de polymères naturel modifiés chimiquement avec des produits chimiques tels que le nitrate de cellulose, La source organique renouvelable peut être d'origine végétal ou animale et le bio source peut être biodégradable ou non dégradable (Gélinas L., 2013).

1.3.Les types de plastique

1.3.1. Thermodurcissable (d'uromètres)

Sont des polymères tridimensionnels dont les macromolécules.

Ils n'ont pas de point de fusion et leur moulage se fait par rection chimique à l'agent réticulant de durcisseur. (DessartheA., *et al*; 1997).

Thermodurcissable c'est le contraire du thermoplastique qui ne peut pas être reconfiguré car le processus est irréversible.

1.3.2. thermoplastique (plastomères)

Ce sont des matières plastiques qui se ramollissent avec la chaleur qui de viennent élastiques et se forment après refroidissement. La structure du matériau diminue lorsque la température augmente plusieurs fois, donc ces plastiques ne peuvent pas être recyclés indéfiniment, en raison du changement des propriétés du polymère sous l'effet de hautes températures fréquentes (Ikhlef N., *et al* 2018).

1.3.3. Elastomère

Le plastique élastomère se compose de longues chaînes, reliées par des ponts imbriqués et des points de réticulation. La chaîne est une agrégation de particules de monomères attachées à la structure covalente d'un atome de carbone. (Chagnon G., 2003).

Elle est généralement composée de milliers de monomères le matériau peut être vu comme une sphère statistique où les chaînes sont dans une position fortement repliée et les points de jonction un nœud entre les chaînes (Benoît j., 2005).

1.4.Principaux types de polymères

Tableau1.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, boîtes 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

1.5.L'impact du déchets du plastique sur l'environnement

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'installe 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 (Peng, *et al.*; 2017), et modifier les propriétés chimiques du sol (Yooeun ch.*et al.*, 2018).

1.5.1. 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 He., *et al.*, 2018).

1.5.1.1.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 (IwangaH.*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 ch., *et al.*, 2018).

1.5.2. 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.

(Ee- Ling ng.*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 (Ee- Ling., *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).

Chapitre2.

Traitement du plastique

2.1. Traitement du plastique

2.1.1. 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 khayra, 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 sinhg, 2007)

2.1.2. Traitementmécanique

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 est la plus attrayante option de traitement en termes d'environnement et que l'incinération pour les gains des énergies génère un plus grand fardeau sur l'environnement. (gouasmi, 2013)

2.1.3. Traitementchimique

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 dégradé 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. Les micro-organismes responsables dans la biodégradation

Les champignons elle plus connu pour biodégradation (*Aspergillus tubingensis*) et les bactéries qui responsable comme (*Ideonellasakaiensis*) 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, ILS 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 exos 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)

2.2.3. Mécanismes de la biodégradation

La biodégradation est définie en 2 étapes:

2.2.3.1. 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).

2.2.3.2. Biodégradation d'un matériau

Ensemble de phénomènes physiques, chimiques et biologiques concomitants et (où) 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).

Chapitre 3.

Matériel et Méthodes

3.1. Objectif

Ce travail de synthèse (Enny Z., et al., 2017) se focalise sur la capacité des souches de collection des genres *Pseudomonas*, et *Bacillus* pour dégrader les plastiques 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:

3.2.1. Matériel

Selon Enny Z., et al., 2017.

- Les souches bactériennes utilisées :
 - *Pseudomonas* PL-01
 - *Bacillus* PL-01
- La forme de plastique :
 - Les sacs en plastique blanc, noir et transparent

3.2.1. Méthodes

3.2.1.1. Essai de biodégradation des plastiques

Selon Enny Z., et al.; 2017.

Chaque culture bactérienne a été diluée dans 10 % de MSM. Le sable issu de plage a été déposé sur les morceaux de plastique en nombre de 18 jusqu'à ce qu'il atteigne une épaisseur de 2 cm, autres 18 morceaux de plastique restants ont été placés recouverts de sable de plage d'une épaisseur de 2 cm en tant que deuxième couche dans un incubateur en verre.

Enfin 10 % de *Pseudomonas* PL01 a été versé à une épaisseur de 1 cm et les mêmes étapes ont été appliquées pour *Bacillus* PL01 avec 3 réplifications.

Les témoins sont constitués de: sédiments de mangrove (témoin1), et sable de plage uniquement (témoin2) avec les mêmes étapes précédentes.

Incubation à l'obscurité pendant 16 semaines et toutes les 4 semaines 3 échantillons de chaque incubateur ont été prises pour les analyses.

Les paramètres mesurés sont :

a) -Densité cellulaire sur la surface en plastique et formation du biofilm

Une partie du plastique a été mise dans 10 ml d'eau stérile contenant 25 ml MSM et vortexée à 2500 rpm pendant 30 minutes. Après deux vortex, le surnageant est mesuré par spectrophotométrie à longueur d'onde $\lambda = 600\text{nm}$ pour la turbidité.

Et une coloration de bleu deméthylène pour la formation de biofilm

b) -Pourcentage de dégradation du plastique

Pourcentage a été calculé sur la base de la perte de poids sec qui s'est produite pendant la période d'incubation, dans un four à 80 °C pendant 24 heures, et placé dans un dessiccateur contenant du gel de silice pendant 24 heures.

Puis son poids sec est mesuré avec une balance analytique.

En utilisant une équation simple la perte de poids sec est calculée car le plastique

Chapitre 4.

Résultat et discussion

4.1. Dégradation des plastiques

4.1.1. Formation de bio films

Selon Enny Z., et al., 2017.

Les traitements qui ont présenté un changement significatif de la DO au cours du temps sont pris pour l'observation microscopique (les sédiments de mangrove)

Les figures suivantes montrent des biofilms bactériens sur des plastiques noirs, blancs et transparents en fonction de la densité cellulaire.

a) Plastique noir (kresek)

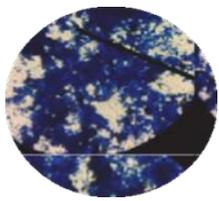
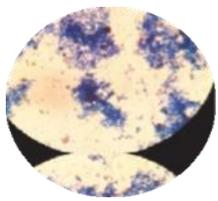
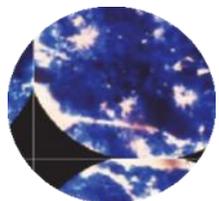
Semaines 4 :	Semaines 8	Semaines 12	Semaines 16
			
DO = 0,98	DO = 0,55	DO = 0,76	DO = 1,21

Figure 1. Observation de Densité cellulaire des bactéries sur la surface en plastique noir après une simple coloration au bleu de méthylène. (Enny Z., et al., 2017)

Après l'incubation de 4 semaines du plastique noir nous avons observé la densité cellulaire augmentée de 0,98 à 1,21 après 16 semaines.

b) Plastique blanc

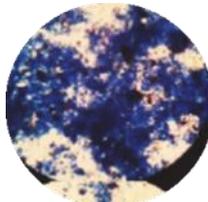
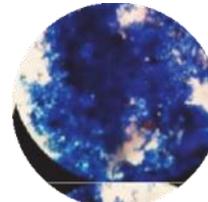
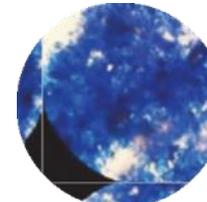
Semaines 4	Semaines 8	Semaines 12	Semaines 16
			
DO = 0,86	DO = 0,80	DO = 0,96	DO = 1,85

Figure 2. Observation de Densité cellulaire des bactéries sur la surface en plastique blanc après une simple coloration au bleu de méthylène. (Enny Z., et al.; 2017).

Après l'incubation de 4 semaines du plastique blanc nous avons observé la densité cellulaire a augmenté de 0, 86 à 1, 85 après 16 semaines.

c) Plastique transparent

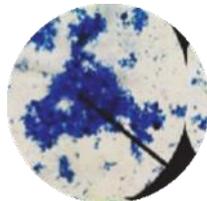
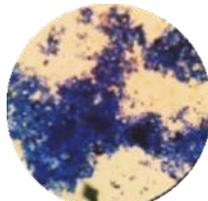
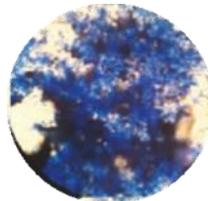
Semaines 4	Semaines 8	Semaines 12	Semaines 16
			
DO= 0,55	DO = 0,64	DO= 0,89	DO = 1,48

Figure3. Observation de Densité cellulaire des bactéries sur la surface en plastique transparent après une simple coloration au bleu de méthylène. (Enny Z., et al., 2017).

Après l'incubation de 4 semaines du plastique transparent nous avons observé la densité cellulaire a augmenté de 0, 55 à 1, 48 après 16 semaines.

Il a été constaté que les bactéries *Pseudomonas* PL01, *Bacillus* PL01 et bactéries du sable de plage peuvent prospérer dans le milieu MSM pendant l'incubation, par exemple, sur du plastique blanc (kresék), la turbidité cellulaire de *Bacillus* PL01 + sable de plage était de

0.68 après 4 semaines, et il est devenu 0.89 après 16 semaines. La croissance lente peut indiquer qu'ils se sont adaptés à l'utilisation du plastique comme seule source de carbone. Mais nous n'avons pas observé l'effet de *Pseudomonas* PL01 et *Bacillus* PL 01 dans la stimulation de la croissance des bactéries locales du sable de plage. Le témoin² (Bactéries originales du sable de plage) a montré une turbidité cellulaire plus élevée que l'ajout de *Pseudomonas* PL01 et de *Bacillus* PL01. En revanche, les sédiments de mangrove d'origine (témoin 1) se sont développés activement sur ces trois surfaces plastiques, où la DO est 0.82 après 4 semaines jusqu'à ce qu'il devienne 1.82 après 16 semaines sur le plastique blanc.

Sutherland, 2001 a montré que lorsque la croissance bactérienne atteint $0,240 \lambda = 600\text{nm}$, les bactéries sont productrices de biofilms. Cela signifie que bien que la croissance soit lente, les *Pseudomonas* PL01, *Bacillus* PL01 et les bactéries d'origine ont été classés comme de puissants producteurs de biofilms à la surface du plastique pour surmonter le stress nutritive (I.W. Sutherland, 2001).

4.1.2. Pourcentage de dégradation

Selon Enny Z., et al., 2017.

Sur la base de la perte de poids sec avant et après la période d'incubation, la décomposition du plastique est mesurée, et la perte de poids sec a pu être utilisée pour indiquer le taux de décomposition biologique du plastique pendant la mise en décharge. Le tableau suivant montre que les pourcentages de dégradation plastique ont augmenté pendant 16 semaines d'incubation.

a) Plastique noir

Le tableau 2 présente les pourcentages de la dégradation du plastique noir. La dégradation du plastique noir "kresek" n'était que de 2 % à 6 % entre 4 et 16 semaines, mais avec l'ajout de *Bacillus* PL01, elle est passée de 7 % à 9 % et avec *Pseudomonas* PL01 de 6 % à 7 %. Alors que les bactéries indigènes des sédiments de mangrove ont réalisé la plus forte dégradation du plastique par rapport aux autres, atteignant jusqu'à 10 %.

Tableau2. Dégradation du plastique noir pendant 16 semaines

Nombre semaines	Bactéries sédimentaires indigènes de la mangrove	Bactéries indigènes du sable de plage	<i>Pseudomonas</i> PL-01+ bactéries indigènes Sable de plage	<i>Bacillus</i> PL – 01 +bactéries indigènes du Sable de plage
4	5 %	2%	6%	7%
8	10%	4%	6%	7%
12	9 %	5%	6%	8%
16	8%	6%	7%	9%

b)Plastique blanc

Le tableau 3 présentes les pourcentages de la degradation du plastique blanc.Le plastique blanc, a enregistré un taux de 12% avec les bactéries indigènes des sédiments de mangrove par apportaux autres bactéries.

Tableau3.Dégradation du plastique blanc pendant 16 semaines

Nombre semaines	Bactéries sédimentaires indigènes de la mangrove	Bactéries indigènes du sable de plage	<i>Pseudomonas</i> PL-01+ bactéries indigènes Sable de plage	<i>Bacillus</i> PL – 01 +bactéries indigènes du Sable de plage
4	5%	4%	4%	7%
8	6%	5%	5%	7%
12	7%	7%	7%	7%
16	12%	9%	9%	9%

c) Plastique transparent

Le tableau 4 présentes les pourcentages de la dégradation du plastique transparent. Pour le plastique transparent les bactéries indigènes du sable de plage ont enregistré une dégradation plus faible 6% après 16 semaines alors que le taux le plus élevé de dégradation était en ésence de *Bacillus* PL – 01 + bactéries indigènes du Sable de plage.

Tableau4. Dégradation du plastique transparent pendant 16 semaines

Nombre de semaines	Bactéries sédimentaires indigènes de la mangrove	Bactéries indigènes du sable de plage	<i>Pseudomonas</i> PL-01+ bactéries indigènes Sable de plage	<i>Bacillus</i> PL – 01 +bactéries indigènes du Sable de plage
4	6%	2%	9%	12%
8	8%	5%	10%	13%
12	10%	4%	11%	15%
16	12%	6%	13%	16%

Les microorganismes font partie d'un système biologique et peut s'adapter à son Environnement en sécrétant des enzymes pour décomposer le substrat complexe en molécules simples et disponibles. (Ochoa. S .*et al* 2013).

D'après ces résultats, la couleur du plastique peut affecter la croissance des bactéries et le taux de dégradation du plastique. Elles préfèrent les plastiques transparents comme source alternative de carbone et d'énergie ce dernier soulève une nouvelle question quant à savoir si d'autres composés dans le sac en plastique attirent la préférence des bactéries. En Indonésie, le plastique commercial (kresek) est un produit réutilisé, en ajoutant un autre composé chimique, Cela rend le sac en plastique (kresek) plus lourd et plus résistant à la dégradation chimique et biologique (Mathur. T. *et al* 2006). C'est peut-être pourquoi les bactéries produisent des biofilms uniquement pour ramollir les composés plastiques pendant 16 semaines d'incubation. Mais pour le plastique transparent qui était relativement plus léger que le sac plastique "kresek" dans les composés chimiques, il est devenu relativement plus disponible pour être une source alternative de carbone et d'énergie.

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. L'exposition prolongée au soleil et à l'abrasion physique contribue à la formation de microplastiques (<5 mm). Les microplastiques peuvent être dégradés davantage par les micro-organismes. Par conséquent, la dégradation biologique et le métabolisme ultérieur ont le potentiel d'éliminer les plastiques des environnements contaminés. De nombreux candidats bactériens de l'environnement ont été sélectionnés pour leur capacité de dégradation plastique. Cependant, plusieurs souches de *Pseudomonas* sp. et *Bacillus* sp. sont capables de dégrader et de métaboliser les plastiques (Wilkes and Aristild, 2017). Dans notre travail a été démontré que *Pseudomonas* PL01 et *Bacillus* PL01 ont un effet positif sur la dégradation du plastique et la formation de biofilm par rapport aux bactéries d'origine dans le sable de lavage, ainsi que la couleur du plastique influence leur capacité de dégradation.

Références

- 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 de la 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.
- Basilico L., Staub P., Dris R., 2019. Synthèse des premières Rencontres du GDR « Polymères et océans » et des journées « Plastiques et environnement ». Pp 112.
- Bobe A.2020. Newsletter pure laboratoire-plastiques recyclages et contact alimentaire. P.2
- 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. Diplôméd'EtudesSpécialisées, pp 95.
- 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.
- Dessarthe A., Guyot H., Le YhuelicD., 1997.plastiques, composites et élatomères dans les technologies médicales. N 10733(8) pp.107
- Djeffal M., Hamza M., Younes ch.2016. Le recyclage des déchets plastiques dans le cadre du développement durable.
- Fatihselimyildizhan. Plastique techniques analyse de marcege et methodes de recyclage. Janvier,2021 review
- Gregory ch., 2003. Modélisation de l'effet mullins dans les elastomeres. Thèse de doctorat, L'École Centrale de Nantes et l'Université de Nantes gregorychagnon pp.180

-
- Grima S. 2002. Biodégradation de matériaux polymères à usage agricole.16-décember
 - Guy C., Emmanuelle G., 2018. Biodégradation-biodégradabilité polymères rapidement biodégradables.10 janvier 2018.
 - HaddaKh.Bellahmer L.,Ikhlef N., 2018. La biodégradation de plastique par les bactéries. Faculté des Sciences de la Nature et de la vie de l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem (Algérie), p 40.
 - 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
 - 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 Lumbricusterrestris (Oligochaeta, Lumbricidae). *Environmental science & technology*, 50(5), 2685-2691.
 - 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.
 - Laurent G. 2013. Plastiques biosourcés : étude de leur performance environnementale comparativement aux plastiques pétrochimiques Par Laurent Gélinas. Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement Sous la direction de monsieur.
 - 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, vicent v. 2017. Matièresplastiques 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.
 - S. Singhal, S. Khan, 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. *Indian Journal of Medical Microbiology*, 24(1): 25-29.
 - Singh B., Sharma N. 2007. Implication mécaniques de la dégradation du plastique. P.566.
 - 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.
 - Wilkes R.A., 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., Nishimura J.S. 1970. Effect glycérol on Lowry and biuret methods of protein determination.

Annexe

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 monopotassique.
- 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 habituel.

ملخص

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