

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Saïda Dr. MOULAY TAHAR

Faculté des Sciences
Département de Biologie



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

Master

Option : Biotechnologie Végétale

Présenté par :

Mr. HAMMAMI Zoheir

Bioconversion des féculé de pelures de pommes de terre en bioplastique ; une tentative de création d'alternatives plastiques et de minimisation de son impact sur l'environnement

(Bioconversion of Starch from Potato Peels into Bioplastic; an Attempt to Plastic Alternatives creation and Minimization of its impact on Environment)

Soutenue le /09/2020

Devant la commission du jury, composée par :

Mr. Kadda HACHEM	Maître de conférences A	Université de Saïda	Président
Mr. Nouredine Halla	Maître de conférences A	Université de Saïda	Examineur
Mr. Abdelkrim RACHEDI	Maître de conférences A	Université de Saïda	Promoteur

Année Universitaire : 2019-2020

Bioconversion des féculé de pelures de pommes de terre en bioplastique ; une tentative de création d'alternatives plastiques et de minimisation de son impact sur l'environnement

“The knowledge that we do not complete every day decreases every day”



السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

ملخص

البلاستيك هو أحد المواد الأكثر استخدامًا في حياتنا اليومية كما هو أنه مشتق بترولي. في المقابل، البلاستيك هو مادة تحتاج إلى مئات السنين لتتحلل في الطبيعة كما أنها تحتوي على مواد كيميائية ضارة جدًا بالصحة وحتى أن بعضها يسبب العديد من الأمراض مثل السرطان.

في محاولة للمساهمة في مواجهة الجوانب السلبية، أصبح من الواضح ضرورة البحث عن بدائل شبيهة بالبلاستيك ذات منشأ بيولوجي. تعرف مثل هذه المواد بـ **البلاستيك الحيوي bioplastic** حيث أنها قابلة للتحلل السريع عند الإستغناء عنها وبهذا تكون صديقة للبيئة بغض النظر عن قدرتها على تأدية الأدوار والحاجيات العملية و الإقتصادية المختلفة.

هذا المشروع يمثل محاولة نحو استعادة وتدوير أحد أنواع النفايات نباتية المنشأ والمتواجدة بكميات معتبرة من مصادر منزلية وصناعية؛ وهي قشور البطاطا وما يتعلق بها من بقايا والتي تعرفها كل بيولوجي على أنها مصدر مهم لمادة **النشا**.

الجزء الرئيسي لهذا المشروع يتمثل أساسا في استخلاص مادة النشاء من نفايات بقايا البطاطا ثم خلطها بنسب متكافئة مع الماء وحمض الخليك acetic acid في وجود الجليسرين. هذا الخليط الذي يتحول تدريجيا إلى مادة هلامية أو معجون بعد تعريضها إلى التسخين والخلط المستمر. يتبع ذلك التجفيف باستخدام الفرن الأمر الذي يؤدي إلى الحصول على مادة مرنة ذات قوام بلاستيكية تسمى بالبلاستيك-الحيوي.

البلاستيك-الحيوي المتحصل عليه بهذه الطريقة قابل للتلوين والتشكل في أغراض عملية مثل الأكياس والملاعق والأطباق وغيرها من المنتجات العملية. ومن الأهداف الأساسية لمشروع التدوير-الحيوي هذا ما يلي:

1. المساهمة في إطار الجهود الدولية والوطنية للحد من استخدام البلاستيك القائم على المواد الكيميائية.
2. تجميع استعادة وتدوير النفايات ذات المنشأ البيولوجي مثل مخلفات البطاطس التي غالبا ما يتم رميها في المطامير دائمة التراكم وذات الإشكالات البيئية العديدة.

3. الحفاظ على البيئة وترقيتها ودعم الصحة العامة للمواطنين.

الكلمات المفتاحية: البلاستيك-الحيوي – قشور البطاطس - نشا البطاطس- استعادة النفايات_الحيوية – تدوير النفايات_الحيوية – حماية البيئة.

كلمات البحث: بيوبلاستيك - بطاطس - نشا البطاطس- استعادة النفايات – نشاء

Résumé

Le plastique est l'un des produits les plus utilisés dans notre vie quotidienne et est une substance à base de pétrole. Cependant, la biodégradabilité du plastique prend des centaines d'années, est en plus de sa teneur en produits chimiques très nocifs qui peuvent nuire à la santé publique et même causer plusieurs maladies, comme le cancer.

Face à cette situation, il est devenu nécessaire de rechercher des matériaux de type plastique d'origine biologique pour remplacer le plastique d'origine chimique. Un tel produit alternatif est surnommé bioplastique qui est biodégradable et donc sert à protéger l'environnement, peu importe les applications pratiques et économiques.

Dans ce projet, des tentatives sont faites pour la récupération et le recyclage d'un type de déchets ménagers et agro-alimentaires à base végétale qui est abondamment disponible: les pelures de pommes de terre et leurs déchets associés qui sont connus du biologiste comme une source importante d'amidon.

Dans la procédure principale de ce travail, l'amidon, récupéré à partir de pelures de pommes de terre, est mélangé avec de l'eau et de l'acide acétique en présence de glycérol et qui sont amenés à une consistance pâteuse en utilisant un mélange continu et un chauffage constant. Un matériau souple de type plastique ou bioplastique est obtenu après séchage au four. Le bioplastique obtenu est de caractère et peut être façonné en objets pratiques comme des sacs, des cuillères et des entrailles, etc.

Les principaux avantages de ce projet de bio-recyclage sont les suivants:

1. Contribution à l'appel mondial et national pour la réduction de l'utilisation du plastique à base de produits chimiques.
2. Valorisation, valorisation et recyclage des biodéchets qui sont souvent éliminés.
3. Préservation et amélioration de l'environnement et de la santé en général.

Mots clés: Bioplastique - féculé de pomme de terre - pelures de pomme de terre - valorisation des déchets - bio-recyclage - protection de l'environnement.

Summary

Plastic is one of the most used products in our daily life and is a petroleum-based substance. However, plastic's biodegradability takes hundreds of long besides its content of very harmful chemicals that are potentially harms public health and even causes several diseases, such as cancer.

Faced with this situation, it became necessary to seek plastic-like materials of biological origins to hopefully replace the plastic of chemical origin. Such an alternative product is dubbed as bioplastic which is biodegradable and thus environmental friendly never-mind the practical and economical applications.

This project, attempts are made towards the recovery and recycling of one type of vegetable based household and food-industry waste which is abundantly available: The potato peels and its related waste which is known to the biologist as an important source of starch.

In the main procedure of this work, starch, recovered from potato peels, is mixed with water and acetic acid in the presence of glycerol and which are brought to a paste consistency using continuous mixing and steady heating. Flexible plastic-like material or bioplastic is obtained after drying in the oven. The obtained bioplastic is of wielding character and can be shaped into practical objects like bags, spoons and bowels etc.

The major benefits from this bio-recycling project include the following:

1. Contribution in the global and national call for the reduction in the use of chemical-based plastic.
2. Valorisation, Recovery and recycling of bio-waste which is often disposed of.
3. Preservation and improvement of the environment and health in general.

Keywords: Bioplastic - potato starch – potato peels - waste recovery - bio-recycling – environment protection.

Remerciements

Avant tout, je remercie mon Dieu, le tout puissant qui m'a donné le courage, la volonté et la patience pour réaliser ce travail.

Au terme de cet étude, il m'est agréable de remercier vivement tous ceux qui, grâce à leur aide précieuse, ont permis la réalisation de ce travail et particulièrement :

Mr : **RACHEDI Abdelkrim** Enseignant à l'Université de Saïda **Dr. MOULAY TAHAR** faculté des sciences de la nature et de la vie, pour avoir proposé et dirigé ce travail, ses conseils, ses orientations et qui a été la source généreuse de l'aide tout au long de ce travail. Je le remercie vivement pour sa gentillesse.

Mr : **HACHEM Kada** Enseignant à l'Université de Saïda **Dr. MOULAY TAHAR** Faculté des sciences de la nature et de la vie, de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Mr : **Noureddine Halla** Enseignant à l'Université de Saïda **Dr. MOULAY TAHAR** faculté des sciences de la nature et de la vie, qui a accepté de juger ce travail.

Je tiens également à remercier vivement tous les enseignants qui nous ont pris en charge durant l'année théorique ; sans oublier Monsieur **NAIMI Mustapha**, Monsieur **HACHEM**, Mme **HACHEM**, Monsieur **HASSNAOUI**, Monsieur **BENALI**, Mme **HASSANI**, Monsieur **HENNI**, Monsieur **MOUMEN** et Monsieur **BOUROUAHA**

Je dois une reconnaissance toute particulière aux cadres du laboratoire de la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'Université de Saïda **Dr. MOULAY TAHAR** ; qui ont contribué par leurs aides à ce travail.

J'adresse mes remerciements au :

- Mr **KHELIFA** Directeur de l'établissement public de wilaya de la gestion des centres d'enfouissement technique des déchets de la wilaya de Saida
- Directeur et les cadres de la direction des services agricoles de la wilaya de Saida
- A tout qui participe de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

Je dédie cet humble travail avec grand amour, sincérité et fierté:

A mes chers parents, sources de tendresse, de noblesse et d'affection.

A mon frère Redouane et mes sœurs : Amel et Sarah Nour el Houda en témoignage de la fraternité, avec mes souhaits de bonheur de santé et de succès.

*A ma femme, qui m'a toujours donné du courage, à ma fille bien aimé **Aya Fatima Zohra** Et a mes deux adorable fils **Mouadh & Yassine**.*

A tous mes amies, tous mes professeurs et a tous qui compulsent ce modeste travail.

HAMMAMI Zoheir

Sommaire

ملخص	I
Résumé	II
Abstract	III
Remerciements	IV
Dédicaces	V
Sommaire	VI
Liste des tableaux	IX
Liste des figures	X
Liste des abréviations	XI
INTRODUCTION	1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 : Rappel biographique	4
1.1 Qu'es ce qu'un déchet ?	5
1.2 Les différentes classes des déchets	5
1.2.1 Les déchets solides urbains	5
1.2.2 Déchets ménagers et assimilés	6
1.2.3 Déchets encombrants	6
1.2.4 Déchets spéciaux	6
1.2.5 Déchets d'activité de soins	6
1.2.6 Déchets inertes	6
1.3 Impact des déchets	7
1.3.1 Sur l'environnement	7
1.3.1 Sur la santé	7
1.4 La gestion des déchets	8
1.4.1 Valorisation par l'alimentation animale	8
1.4.2 Valorisation par compostage	9
1.4.3 Valorisation par méthanisation	9
1.4.4 Valorisation en Algérie	9
Chapitre 2 : Généralités sur la pomme de terre	12
2.1 Description botanique	13
2.1.1 Classification	13
2.2 Description morphologique	15
2.2.1 Partie aérienne	15
2.2.2 Partie souterraine	15
2.2.2.1 Structure du tubercule	16
a) Structure externe	16

b) Structure interne	16
2.3 Les caractéristiques du tubercule	16
2.3.1 La forme	16
2.3.2 La couleur	17
2.3.3 Composition chimique du tubercule	17
2.4 Physiologie et multiplication de la pomme de terre	18
2.4.1 Cycle sexué	18
2.4.2 Cycle végétatif	19
2.4.2.1 Dormance	19
2.4.2.2 Germination	19
2.4.2.3 Tubérisation	20
2.5 Exigences écologiques de la pomme de terre	20
2.5.1 Exigences climatiques	20
2.5.1.1 Température	20
2.5.1.2 Lumière	20
2.5.2 Exigences édaphique	21
2.5.2.1 Structure et texture du sol	21
2.5.2.2 pH	21
2.5.2.3 Salinité	21
2.6 Maladies et ravageurs	21
2.6.2 Maladies bactériennes	21
2.6.3 Maladies virales	21
2.6.4 Insectes et ravageurs	21
2.6.1 Maladies cryptogamiques	22
- Mildiou de la pomme de terre	22
- Alternariose	22
- Rhizoctone noir	22
- Fusariose (la pourriture sèche)	22
- Verticilliose	22
- Gale commune	23
- Flétrissement bactérien des solanacées	23
- Jambe noire de la pomme de terre	25
2.7 La filière pomme de terre en Algérie	26
2.7.1 Différentes variétés cultivées en Algérie	28
2.7.2 Principales régions productrices	28
Chapitre 3 : Généralité sur le plastique et bioplastique	30
3.1 Plastique ordinaire ou conventionnel	31
3.2 Origine	31
3.3 Composition de la plastique	31
3.4 Différentes matières en plastique	32
4. Bioplastique	37
4.1 Origine	37
4.2 Composition de bioplastique	38
4.3 Polymérisation	38
4.4 Utilisation des bioplastiques	38
4.5 Biodégradabilité du bioplastique	39
4.6 Facteurs favorisant la croissance du marché occupé par les bioplastiques	40

Chapitre 4 : Matériels & méthodes	41
4.1 Sujet et objectifs de l'étude	42
4.2 Lieu de l'étude	42
4.3 Matériels et produits	42
4.3.1 Matériels de paille	42
4.3.2 Produits	43
4.4 Collecte de la matière première	43
4.5 Préparation de la poudre de la pomme de terre	43
4.6 Production de Bio plastique	43
4.6.1 Examen visuel de Bio plastique	44
Chapitre 5 : Résultats & Discussion	45
5.1 Résultats de la préparation de la poudre de la pomme de terre	46
5.2 Résultats de la production de Bio plastique	47
5.2.1 Examen visuel de Bio plastique	47
5.4 Discussion	50
CONCLUSION	52
Références bibliographiques	54
Annexes	58

LISTE DES TABLEAUX		PAGE
Tableau 2.1	Micronutriments d'une pomme de terre crue, non épluchée, 213 g	18
Tableau 2.2	Evolution de la production de pommes de terre de consommation 2000-2010	27
Tableau 2.3	Les principales wilayas productrices de pommes de terre pour l'année 2006	28

LISTE DES FIGURES		PAGE
Figure 2.1	Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre	15
Figure 2.2	Coupe longitudinale d'un tubercule de pomme de terre	16
Figure 2.3	Composition chimique du tubercule de pomme de terre	18
Figure 2.4	Différentes méthodes de multiplication de la pomme de terre	19
Figure 2.5	Evolution physiologique du tubercule de pomme de terre	20
Figure 2.6	Les différentes maladies et ravageurs de la pomme de terre	25
Figure 3.1	Polyéthylène	32
Figure 3.2	Polypropylène	33
Figure 3.3	Polystyrène	34
Figure 3.4	Polyesters et le polyéthylène téréphtalate	34
Figure 3.5	Poly acétals ou polyoxyméthylène	35
Figure 3.6	polychlorure de vinyle	35
Figure 3.7	Polyamides	36
Figure 3.8	Emballages d'origine bioplastique biodégradable	40
Figure 5.1	organigramme de l'extraction de l'amidon de pomme de terre	47
Figure 5.2	(a) matériels d'extraction, (b) extraction de l'amidon	49
Figure 5.3	(a) matériels de production, (b) unités de Bio plastique produites	50

LISTE DES ABREVIATIONS

°C	Degré de Celsius.
ANDI	Agence Nationale de développement de l'investissement.
ASTM	American society for testing of materials.
DSA	Direction des services agricoles.
DSP	Direction de le sante et la population.
EPGCET	Entreprise publique de gestion collecte et l'enfouissement technique.
INPV	Institut national de protection des végétaux.
ITCMI	Institut technique des cultures maraichères et industrielles.
ITDAS	Institut technique de développement de l'agriculture saharienne.
MADR	Ministère de l'agriculture et le développement rural.
CM	Centimètre.
ONM	Office national de météorologie.
ONS	déci-siemens.
PNUE	programme des notions unis pour l'environnement.
FAO	Food and Agriculture Organization.
ITAB	Institut Technique de l'Agriculture Biologique.
HCl	Chlorure d'hydrogène.
m²	mètre carré.
m	mètre.
min	minute(s).
ml	millilitre (s).
S	second.
N	nanomètre.
Na	Sodium.
pH	potentiel Hydrogène.
rpm	rotation par minute.

Introduction

Le plastique est un matériau synthétique constituée de macromolécules , qui sont fabriquées à partir de pétrole, le pétrole est raffiné, distillé, ce qui permet d'obtenir des molécules qu'on appelle les polymères, le mot plastique est d'origine grec "plastikos" qui signifie " malléable, qui être modelé" (**Kara, 2012 ; Laurent, 2013**). Le premier plastique est d'origine biomasse , le celluloïd est mis au point par les frères HYETT en 1870 lors d'un concours demandant de trouver une matière permettant de remplacer l'ivoire dans la fabrication des boules de billard (**Dorbane ; Benslimane, 2014**). Actuellement la production mondiale est 311 million de tonnes en 2014, dont la chine classée le premier productrice dans le monde par 26 pour cent de la production mondiale (**Pnue, 2014**).

L'Algérie et selon l'agence nationale de développement de l'investissement , la consommation en plastique est de un million de tonnes par an dont 2/3 des matières primaires sont importées (**ANDI, 2013**). Et selon l'office national des statistiques, le secteur de fabrication des plastiques connut une augmentation de 1,5 pour cent durant l'année 2012 par rapport des années passées (**OMS, 2012**). Selon la Direction de commerce de la wilaya de Saïda, le nombre des unités de recyclage de plastique sont de sept (7) unités dont la quantité de plastique récupérée pour l'année 2015 est estimée de 102 tonnes seulement au niveau du centre de l'enfouissement technique au niveau de la wilaya de Saïda ,10 Km de chef-lieu de la wilaya elle considérée comme une quantité minime (**Epgcet, 2015**). Malgré le large utilisation des matières plastiques dans notre vie quotidienne, ils sont exposés à une large critique vu leur impact nocif soit sur l'environnement soit sur la santé humaine (**Dorbane et al, 2012 ; Laurant, 2013**).

Les déchets plastiques provoquent des dommages financiers à hauteur de 13 milliards de dollars au niveau des écosystèmes marins (**PNUE, 2014**), des études récentes sur le bisphénol A et les phtalates, produits chimiques présents dans les plastiques, montrent que ces derniers peuvent causer des maladies comme le cancer (**Laurant, 2013 ; Pnue, 2014**).

D'après la direction de la santé de la wilaya de Saïda, le nombre des malades cancéreux pour la période de 2011 à 2015, est de 1041 malade et d'après la même source qu'un pourcentage très important issu à cause de produits chimiques et surtout par l'utilisation de produits plastique mal recyclée. **(DSP, 2015)**.

Vu les impacts environnementaux, et l'impact sanitaire ; la grande quantité de matière résiduelle provenant des emballages fabriqués en plastique ordinaire ; devant cette situation critique vis, certaines mesures sont prises en considération telle que l'interdiction de l'utilisation des sacs plastiques à usage unique par exemple la France interdit l'utilisation de sac à usage unique à partir du 1er janvier 2016 (loi de la transition de l'énergie article n°75 du 18 août 2015). En plus l'encouragement de la fabrication et l'utilisation de plastique d'origine des ressources renouvelables ou les bioplastiques **(Kara S, 2012)**.

Les Bioplastiques ou les plastiques d'origines ressources renouvelables sont des polymères naturels issus à partir de plantes, algues ou d'animaux **(Laurent, 2013)**. Ces polymères connaissent depuis quelques années un réel essor du fait de leur origine biologique et surtout de leur caractère biodégradable **(Karas, 2012)**. Actuellement un retour à la fabrication de plastique biodégradable est très remarquable sur le marché mondial et par les marques telles que Coca-cola et Danone par la fabrication des emballages biodégradables d'origine biomasse **(Laurent ; 2013)**.

Le bioplastique est fabriqué à partir de l'amidon de plusieurs plantes comme les céréales maïs et la pomme de terre ...etc. **(KARA SELMANE ; 2012)**.

La présente étude est basée sur la production de bioplastique à partir de l'amidon de la pomme de terre. La direction des services agricoles estime un pourcentage de 10 pour cent de la production qui est déclassée soit des tubercules de petite taille ou des tubercules blessés soit des tubercules ont d'aspect commercial médiocre et vu l'absence des unités de transformation cette masse de production est destinée soit à l'alimentation des animaux soit le rejeté.

Pour cela le travail a été divisé en deux parties ; une théorique et l'autre pratique. Pour la partie théorique, celle-ci a été divisée en deux chapitres ; le premier chapitre est réservé pour l'aspect général sur la culture de pomme de terre, de point de vue agronomique et économique et les principales ravageurs qui attaquent la culture de pomme de terre ainsi la composition chimique de la pomme de terre ; le deuxième chapitre débattre le plastique d'origine pétrochimie et le bioplastique, origine et composition et leur utilisation. Pour la deuxième partie, celle-ci a été divisée en trois chapitres ; le premier est consacrer pour la présentation de la région, le deuxième et pour les méthodes de fabrication de plastique et le troisième réserver pour les résultats et discussion et en fin une conclusion générale et recommandatio

Chapitre 1
Déchets & environnement

1.1 Qu'es ce qu'un déchet

Un déchet est une matière destinée à l'abandon, qui peut être à l'origine d'activité nouvelle. Donc ce qui peut être non valorisable dans des conditions économiques données peuvent être valorisé sous d'autres conditions. On distingue différents niveaux de valorisation. On peut considérer que la plus "haute" serait l'alimentation animale et le plus "basse" le retour à la terre comme amendement organique ou la combustion dans des incinérateurs. En fonction du déchet, et des situations de sites (**René, 2009**).

1.2 Différentes classes des déchets

Comme cité par **Alian (2006)** dans les paragraphes ci-dessous ; les déchets au sens de la réglementation algérienne comprennent trois grandes catégories :

- Déchets ménagers et assimilés ;
- Déchets spéciaux (industriels, agricoles, soins, services, etc.) ;
- Déchets inertes.

La définition des différents types des déchets et des modes de traitement pouvant varier d'un pays à l'autre, il est nécessaire de définir précisément les termes que nous utiliserons par la suite :

1.2.1 Déchets solides urbains

Sont définis par l'article 2 du décret n° 84-378 du 15 décembre 1984 fixant les conditions de nettoyage, d'enlèvement des déchets solides urbains qui sont les déchets domestiques et qui sont assimilables par la nature et le volume. Il s'agit notamment :

- Ordures ménagères industrielles ou collectives ;
- Produits résultant du nettoyage tel que balayage, curage des égouts ;
- Déchets encombrants, objets volumineux, ferrailles, gravats, décombres, carcasses automobiles ;
- Déchets anatomiques ou infectieux provenant des hôpitaux, chimiques ou autres de soins ;
- Déchets et issues d'abattoirs ;
- Déchets commerciaux, emballages et autres résidus générés par les activités commerciales.

1.2.2 Déchets ménagers et assimilés

Ce sont tous les déchets issus des ménages, des activités industrielles, commerciales, artisanales, et autres, qui sont assimilables aux déchets ménagers par leur nature et leur composition, tel que, déchets de cuisine, emballages, etc.

1.2.3 Déchets encombrants

Ce sont tous les déchets issus des ménages qui ne peuvent être collectés dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés en raison de leur caractère volumineux. Nous pouvons citer ici, les meubles, les pneus, l'électroménager, etc.

1.2.4 Déchets spéciaux

Ce sont les déchets qui ne sont pas assimilés aux déchets ménagers, et qui nécessitent un mode spécifique de traitement en raison de leur nature et de leur composition. L'origine de ces déchets est l'activité industrielle, agricole, les soins, les services et toutes autres activités, qui ne peuvent être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés. Il existe un cas particulier des déchets spéciaux, qui sont susceptibles de nuire à la santé publique et à l'environnement via leurs constituants ou par leurs matières nocives, on parle ici de déchets spéciaux dangereux.

1.2.5 Déchets d'activité de soins

Ce sont des déchets spéciaux issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif ou curatif, dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire.

1.2.6 Déchets inertes

Ce sont notamment, les déchets qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique lors de leur mise en décharge. Ces déchets proviennent de l'exploitation des mines, des carrières, des travaux de démolition, de construction ou de rénovation. Ils ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments générateurs de nuisances, susceptibles de nuire à la santé et à l'environnement.

1.3 Impact des déchets

1.3.1 Environnement

Un effet, direct ou indirect, immédiat ou à long terme, d'une intervention planifiée (projet, programme, plan ou politique) sur un environnement décrit comme un système organisé, dynamique ou évolutif où les êtres vivants s'activent, où des activités humaines ont lieu et où des relations affectives sensorielles et fonctionnelles s'expriment. Ces effets se manifestent dans un intervalle de temps donné et sur une aire géographique définie (**Pierre et al., 2010**).

Beaucoup de pollution peut être perçue par un ou plusieurs de nos cinq sens. On peut ainsi en évaluer directement les désagréments. On leur attache alors une importance qui n'est pas nécessairement en rapport avec celle qu'elles ont réellement sur notre santé ou sur les équilibres naturels. D'autres changements sont plus insidieux car on ne les remarque pas mais ils peuvent avoir, à long terme, des conséquences importantes. C'est en particulier le cas de l'accroissement de l'effet de serre dû aux activités humaines. Il ne nous gêne pas dans la vie de tous les jours mais il pourrait avoir, si nous ne le maîtrisons pas, de graves conséquences sur le climat de la planète. Une bonne partie de cette augmentation de l'effet de serre vient de l'utilisation des combustibles fossiles (**Christian & Alain, 2004**).

Les premières descriptions de l'effet de serre remontent à 1827. En 1895, le chimiste suédois Arrhenius calcule qu'un accroissement de la concentration en CO₂, issu de l'utilisation des combustibles fossiles, est susceptible de réchauffer l'atmosphère. Le réchauffement climatique pourrait avoir des conséquences dramatiques comme l'augmentation de cyclones, de tempêtes ou de vagues de chaleur sur les continents la montée du niveau des mers, la disparition des récifs coralliens, l'accentuation de phénomènes tels que *El Niño*. Les écosystèmes les plus fragiles tels que les zones agricoles déjà arides risquent de souffrir le plus, surtout si le changement climatique se produit à un rythme rapide. À tous ces effets risquent de s'ajouter des problèmes sanitaires. Le paludisme, la dengue ou les fièvres hémorragiques pourraient apparaître dans les pays tempérés aux latitudes moyennes (**Christian & Alain, 2004**).

1.3.2 Santé

Les cancers apparaissent comme la préoccupation la plus grave en termes de santé publique, mais ce n'est pas le seul groupe de pathologie qui soit liée à des facteurs environnementaux. Sont aussi considérés comme très liée à l'environnement les pathologies affectant le système respiratoire (l'asthme a doublé en dix ans pour les moins de 18 ans au cours des dix dernières années), le système immunitaire (développement des maladies neurodégénératives comme la maladie d'Alzheimer ou la maladie de Parkinson), les troubles de système endocrinien, la reproduction (interrogation sur la diminution de la qualité du sperme au cours des vingt à cinquante dernières années et sur la croissance de l'infertilité qui affecte environ 15 % de la population), la santé de l'enfant (l'enfant apparaît plus sensible à l'apparition de facteurs de risques environnementaux en raison de caractéristiques tenant à sa physiologie et à son activité). Le SO₂, les fumées noires, l'ozone déclenchent des symptômes d'asthmes, après un délai de trois à quatre jours, chez les patients exposés à des accroissements de pollution de fond (en dehors des « pics ». Plus généralement, des synergies peuvent apparaître dans les réactions pathologiques à un cocktail de contaminants (**Christian & Alain, 2004**). Après avoir donné un aperçu sur les définitions des différents types des déchets, en se basant sur la réglementation en vigueur, nous préciserons ensuite les définitions des modes de traitement existant de gestion des déchets municipaux.

1.4 Gestion des déchets

Consiste en toute opération relative à la collecte, au tri, au transport, au stockage, à la valorisation et à l'élimination des déchets, y compris le contrôle de ces opérations. À partir de cette définition, plusieurs opérations se distinguent dans le mode de gestion des déchets existant :

1.4.1 Valorisation par l'alimentation animale

Beaucoup de coproduits sont utilisables et valorisables dans l'alimentation des animaux. Les ruminants, grâce micro-organismes de leur rumen, peuvent utiliser les coproduits riches en fibres (cellulose) ou contenant certains facteurs antinutritionnels que ne supportent pas les monogastriques. En revanche, ceux-ci, porcs, lapins et volailles, grâce

à la diversité de leurs besoins nutritionnels sont aussi capables de valoriser de grandes quantités de coproduits riches en protéines, en hydrates de carbone et en graisses. Les animaux permettent donc de réduire la pollution potentielle de ces déchets tout en diminuant l'importation de matières premières alimentaires (René, 2009).

1.4.2 Valorisation par compostage

Composter les déchets organiques est une pratique ancestrale, dont on retrouve les traces dans les civilisations antiques tant grecques que romaines ou encore sud-américaines. Les motivations, qui poussaient alors à cette pratique, étaient liées, en agriculture, à la volonté de recycler la matière organique pour pallier au manque de sources de nutriments externes et à la dégradation des sols. Aujourd'hui, le compostage s'inscrit dans les filières de gestion des déchets et tente donc d'apporter des éléments de réponse aux questions sociopolitiques liées à la sauvegarde de l'environnement. Le traitement par compostage est un procédé biologique aérobie de dégradation de la matière organique, permettent d'obtenir, à partir d'un déchet, produit valorisable par retour au sol ou un déchet stabilisé pouvant entrer dans une autre filière de traitement. Les procédés de traitement par compostage sont traditionnellement décrits selon deux phases. La première, dite phase de fermentation ou phase active, constitue une étape, dont l'effet majoritaire est la dégradation rapide de la matière organique. La seconde, dite phase de maturation, met en œuvre plus majoritairement des réactions de biosynthèse de macromolécules organiques : les molécules humiques. L'humification peut néanmoins débuter au cours de la phase active, de même que la dégradation se poursuit minoritairement au cours de la phase de maturation (René, 2009).

1.4.3 Valorisation par méthanisation

Le processus de méthanisation par voie microbienne consiste en une transformation de la matière organique ou minérale principalement en méthane et gaz carbonique, par une communauté microbienne fonctionnant en anaérobiose. Le gaz formé est communément appelé « biogaz ». Cette fermentation se réalise spontanément dans des écosystèmes naturels, là où la matière première est présente dans un milieu anaérobie (René, 2009).

1.4.4 Valorisation en Algérie

L'Algérie est située dans une zone vulnérable aux effets néfastes des changements

climatiques. Donc sensible aux déséquilibres environnementaux engendrés par le réchauffement climatique que subit la planète. Parmi les secteurs émetteurs de gaz à effet de serre responsables de ce réchauffement, le secteur du transport, aujourd'hui responsable d'un quart des émissions, il pourrait être à l'origine d'un tiers de celles-ci en 2030. De plus, la demande en énergie, notamment dans les pays en voie de développement, va en augmentant, pour une source d'origine fossile, épuisable. Pour pallier à ces deux problèmes, les énergies renouvelables sont la meilleure alternative durable. Parmi ces énergies, la bioénergie est produite à partir de la biomasse et de certains déchets. Le recours aux biocarburants, une forme de bioénergie, en tant qu'alternative renouvelable et encore moins polluante semble donc intéressant. Il est possible de produire des biocarburants à partir de cultures énergétiques, de déchets, et autres types de biomasse, produisant ainsi, du biogaz, du bioéthanol, du biodiesel, et du bio hydrogène. Les déchets non traités présentent une source de pollution non négligeable, notamment, les décharges, les centres d'enfouissement techniques, les rejets industriels... A cet effet, la valorisation des GES (gaz à effet de serre) émis par ces déchets à des fins énergétiques (sous forme de biogaz) est à envisager. En ce qui concerne les cultures énergétiques, matières premières des biocarburants, pour l'Algérie, il n'est pas possible d'avoir recours à des cultures destinées à l'alimentation humaine ou encore animale, pour la production de carburants propres. Il serait alors plus judicieux de se retourner vers les biocarburants de deuxième génération produits à partir de cellulose et de déchets (**Jean-Michel, 2004**). Actuellement, le développement de la bioénergie est encore à l'échelle expérimentale dans les laboratoires de recherche. Une recherche qui a été amorcée, il y a un certain nombre d'années. En effet, dans le cadre du développement des travaux de biotechnologie, le Haut-Commissariat à la Recherche, en 1988, avait inscrit l'axe de recherche : Application des biotechnologies pour la valorisation des déchets agricoles et industriels pour ; la production de bioéthanol, L'utilisation de la biomasse pour la production d'acétone-butanol et la production de biogaz.

Dans le cadre d'une éventuelle mise en place d'un plan de développement de traitement et de valorisation énergétique des déchets pour la production de biocarburants en Algérie, la réalisation d'un inventaire des déchets et de la biomasse s'impose. En effet, une multitude de matières premières locales convertibles en biocarburants est disponible tels que :

- Les déchets agricoles ;
- Les déchets de l'industrie agroalimentaire ;

- Les rejets de l'industrie du papier ;
- Les cultures énergétiques non destinées à l'alimentation et qui sont déjà expérimentées dans le bassin méditerranéen (**Jean-Michel, 2004**).

Chapitre 2

Généralités sur la pomme de terre

2.1 Description botanique

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L) est une plante vivace dicotylédone tubéreuse, herbacée, cultivée pour ses tubercules riches en amidon et possédant des qualités nutritives, originaire d'Amérique du Sud. Elle appartient à la famille des Solanacées, qui sont des plantes à fleurs, et partage le genre *Solanum* avec au moins 2000 autres espèces, entre autres la tomate, l'aubergine, le tabac, le piment, et le pétunia (**Dominique, 2010**).

2.1.1 Classification

La place de la pomme de terre dans le règne végétal est : Ordre : *Solanales*, Famille : *Solanaceae*, Genre : *Solanum* Section : *Petota*, Embranchement de classe : *Tuberosa*, Espèce : *Solanum tuberosum* L. La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) appartient à la famille de solanacées. Le genre *Solanum* groupe environ 2000 espèces dont plus de 200 sont tubéreuses. Dont les tubercules font l'objet d'un commerce international important. C'est une plante vivace qui se propage par multiplication végétative et qui est cultivée comme une espèce annuelle. Cette plante à tubercules a subi une évolution que rarement des végétaux connaissent (amélioration et séquençage génétique par le biais de la Biotechnologie). Les chiffres de sa consommation directe et de ses différentes transformations dans l'industrie lui prédisent un avenir des plus prometteurs (**Dominique, 2010**).

2.2 Description morphologique

2.2.1 Partie aérienne

Chaque plante est composée d'une ou plusieurs tiges herbacées de port plus ou moins dressé et portant des feuilles composées. Comme les tiges et les feuilles, le fruit contient une quantité significative de solanine, un alcaloïde toxique caractéristique du genre. Les inflorescences sont des cymes axillaires, les fleurs sont autogames : ne contiennent pas de nectar, elles sont donc peu visitées par les insectes et la fécondation croisée est presque inexistante dans la nature. Certaines fleurs sont souvent stériles. La production de fruits est généralement rare parfois nulle. On connaît des variétés de pommes de terre qui fleurissent abondamment mais qui ne fructifient pas (**Dominique, 2010**).

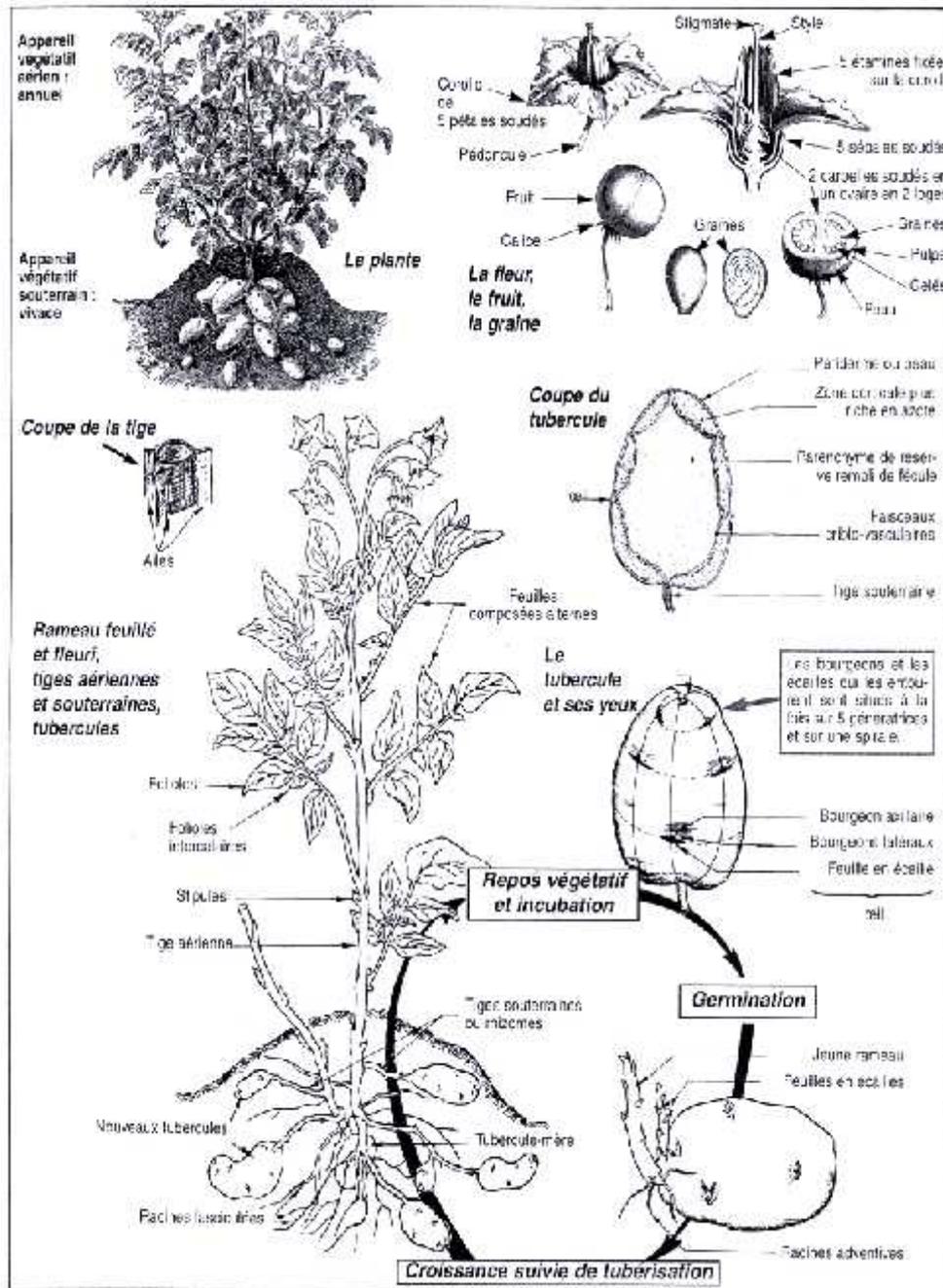


Figure 2.1 : Caractéristiques morphologiques de la pomme de terre (Boufars, 2012)

2.2.2 Partie souterraine

Le système souterrain représente la partie la plus intéressante de la plante puisqu'on y trouve les tubercules qui confèrent à la pomme de terre sa valeur alimentaire. L'appareil souterrain comprend le tubercule mère desséché et des tiges souterraines ou stolons (Dominique, 2001). Le tubercule de pomme de terre n'est pas une portion de racine,

c'est une tige souterraine. Comme toutes les tiges, il est constitué d'entre nœuds, courts et épaissis dans le cas présent, et porte des bourgeons (que l'on appelle les « yeux ») situés dans de petites dépressions. En se développant, les bourgeons donnent les germes et les futures tiges aériennes. Les racines prennent naissance sur différentes parties : au niveau des nœuds enterrés des tiges feuillées, au niveau des nœuds des stolons ou encore au niveau des yeux du tubercule (**Boufares, 2012**).

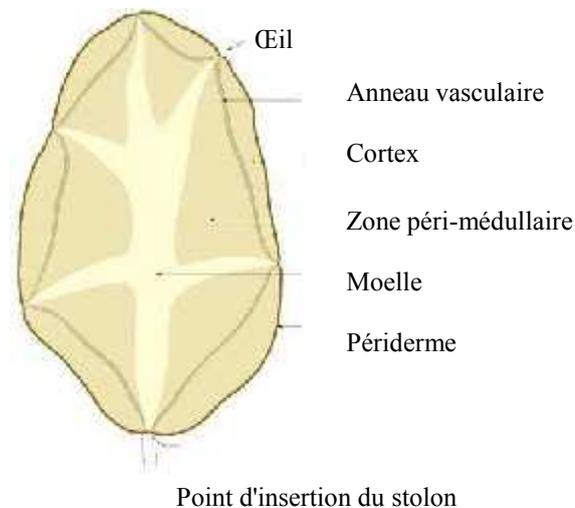


Figure 2.2 : Coupe longitudinale d'un tubercule de pomme de terre (Boufares, 2012)

2.3 Structure du tubercule

2.3.1 Structure externe

Le tubercule de pomme de terre est une tige souterraine avec des entre-nœuds courts et épais. Il a deux extrémités :

- Le talon (ou hile) rattaché à la plante-mère par le stolon ;
- La couronne (extrémité apicale opposée au talon) où, la plupart des yeux sont concentrés ;
- Les yeux sont disposés en spirale et leur nombre est fonction de la surface (ou calibre) du tubercule. Chaque œil présente plusieurs bourgeons qui donnent des germes. Ces derniers produisent, après plantation, des tiges (principales et latérales), des stolons et des racines (**Dominique, 2010**).

2.3.2 Structure interne

Sur la coupe longitudinale d'un tubercule arrivé à maturité, on observe de l'extérieur vers l'intérieur tout d'abord :

- Le périderme, connu plus communément sous le nom de la peau. La peau du tubercule mûr devient ferme et à peu près imperméable aux produits chimiques, gazeux et liquides. Elle est aussi une bonne protection contre les micro-organismes et la perte d'eau ;
- Les lenticelles assurent la communication entre l'extérieur et l'intérieur du tubercule et jouent un rôle essentiel dans la respiration de cet organe. L'examen au microscope optique montre que les cellules des parenchymes péri vasculaires sont petites et contiennent de très petits grains d'amidon ;
- Les cellules du parenchyme cortical sont plus grandes et renferment beaucoup plus de grains d'amidon, de moindre taille que dans la moelle ;
- Le tissu de revêtement (le périderme) est la région du tubercule la plus pauvre en grains d'amidon. La zone péri médullaire présente les plus gros grains d'amidon (**Dominique, 2010**).

2.4 Caractéristiques du tubercule

2.4.1 Forme

Les tubercules sont classés en trois grands types :

- Les claviformes, qui sont plus ou moins en forme de rein, comme la Ratte ;
- Les oblongs de forme plus ou moins allongée (un peu comme un kiwi), comme *Ostara Bintje Spuntaou Béa* ;
- Les arrondis, qui sont souvent bosselés. Ce sont des variétés surtout destinées à produire de la féculé (**Dominique, 2010**).

2.4.2 Couleur

Il faut distinguer deux couleurs ; de la peau et de la chair

- La couleur de la peau : est généralement jaune, mais peut-être rouge, noire, brune ou rosée ;

- La couleur de la chair : elle est blanche, jaune plus ou moins foncé, rose ou violette selon les variétés (Boufares, 2012).

2.4.3 Composition chimique du tubercule

Le tubercule est constitué, principalement, d'eau (environ 77% du poids). Le reste est formé par la matière sèche : acides aminés, protéines, amidon, sucres (saccharose, glucose, fructose), vitamines (C, B1), sels minéraux (K, P, Ca, Mg), acides gras et organiques (citrique, ascorbique) (Boufares, 2012).



Figure 2.3 : composition chimique du tubercule de pomme de terre (Boufares, 2012)

Minéraux	
Potassium	897 mg
Phosphore	121 mg
Magnésium	49 mg
Fer	1,66 mg
Vitamines	
vitamine C	42 mg
Niacine	2,2 mg
vitamine B6	0,62 mg
Thiamine	0,17 mg

Tableau 2.1 : micronutriments d'une pomme de terre crue, non épluchée, 213 g (Boufares, 2012)

2.5 Physiologie et multiplication de la pomme de terre

On peut multiplier la pomme de terre par graines, par boutures ou par tubercules. Le semis (avec graines) ne se pratique que dans le but d'obtenir de nouvelles variétés, la multiplication par boutures se pratique lorsqu'on ne dispose que de quelques tubercules de variétés méritantes et qu'on désire obtenir, la même année, un grand nombre de nouveaux tubercules, la multiplication la plus courante se fait par tubercules (**Dominique, 2010**).

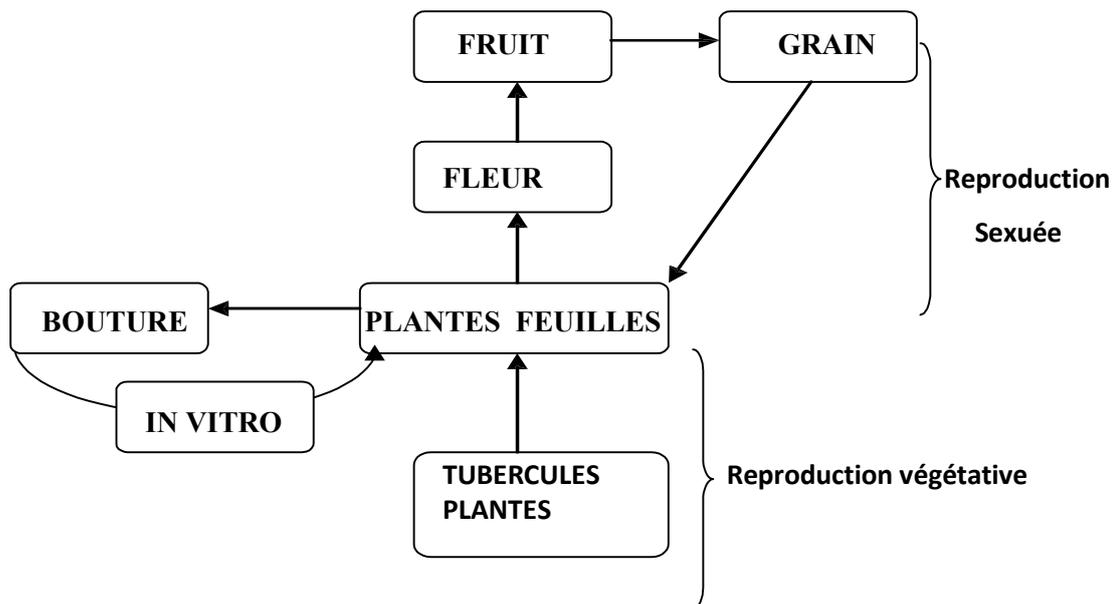
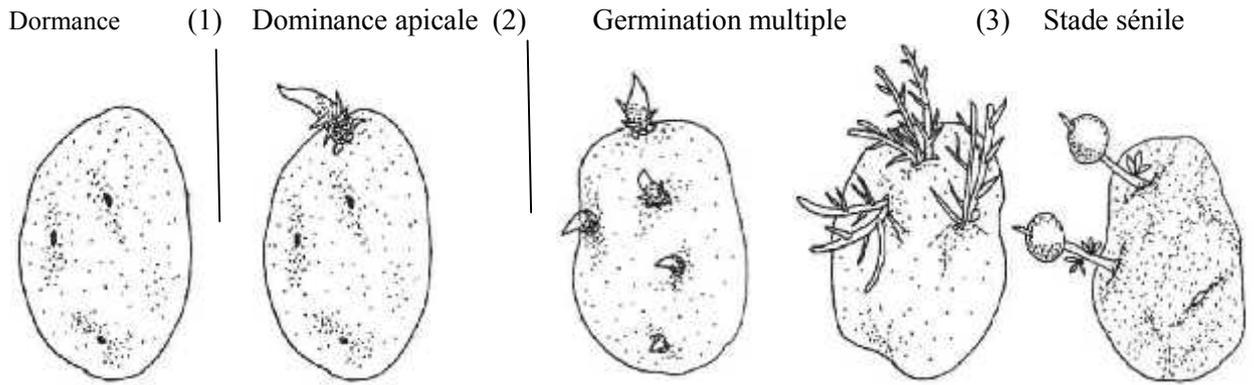


Figure 2.4 : les différentes méthodes de multiplication de la pomme de terre (**Boufares, 2012**)

2.5.1 Cycle sexué

Le fruit est une baie sphérique ou ovoïde de 1 à 3 centimètres de diamètre, il contient généralement plusieurs dizaines de graines, et peut aller jusqu'à 200 graines (**Boufares, 2012**). La pomme de terre est très peu reproduite par graines dans la pratique agricole, cependant la graine est l'outil de création variétale. La germination est épigée et les cotylédons sont portés au-dessus du sol par le développement de l'hypocotyle. En conditions favorables, quand la jeune plante a seulement quelques centimètres de hauteur, les stolons commencent à se développer d'abord au niveau des cotylédons puis aux aisselles situées au-dessus, et s'enfoncent dans le sol pour donner des tubercules (**Dominique, 2010**).



(1) : formation du tubercule sur la plante-mère.
 (2) : déclenchement de la germination du tubercule. (3) : initiation des tubercules-fils.

Figure 2.5 : évolution physiologique du tubercule de pomme de terre (Boufares, 2012)

2.5.2 Cycle végétatif

Le tubercule n'est pas seulement un organe de réserve, c'est aussi un organe qui sert à la multiplication végétative, cette dernière se déroule en trois étapes : la dormance, la germination et la tubérisation (**Dominique, 2010**).

2.5.2.1 Dormance

Après la récolte, la plupart des variétés de pommes de terre traversent une période où le tubercule ne germe pas, quelles que soient les conditions de température, d'éclairage et d'humidité. Il s'agit de la période de dormance, et sa durée dépend beaucoup de la variété et des conditions d'entreposage, et surtout de la température. Pour hâter la germination, on peut traiter chimiquement les tubercules de semence ou les exposer alternativement à des températures élevées et basses (**Dominique, 2010**).

2.5.2.2 Germination

Au cours du stockage, une évolution interne du tubercule conduit d'abord à un seul germe qui se développe lentement et dans ce cas c'est toujours le germe issu du bourgeon terminal qui inhibe les autres bourgeons : ce phénomène est la dominance apicale. Puis un

petit nombre de germes à croissance rapide se développent. Ensuite un nombre de plus en plus élevé de germes démarrent, traduisant une perte progressive de la dominance apicale. Ils s'allongent lentement, se ramifient, deviennent filiformes et finalement tubérisent. (Dominique, 2010).

2.5.2.3 Tubérisation

Le tubercule est la justification économique de la culture de pomme de terre puisqu'il constitue la partie alimentaire de la plante et en même temps, son organe de propagation le plus fréquent. Ce phénomène commence d'abord par un arrêt d'élongation des stolons après une période de croissance. La tubérisation est réalisée dès que le diamètre des ébauches est le double de celui des stolons qui les portent. Outre les processus de multiplication cellulaire, le grossissement des ébauches de tubercules s'effectue par accumulation dans les tissus des substances de réserve synthétisées par le feuillage. Ce grossissement ralentit puis s'arrête au cours de la sénescence du feuillage (Boufares, 2012).

2.6 Exigences écologiques de la pomme de terre

2.6.1 Exigences climatiques

2.6.1.1 Température

Elle influence beaucoup le type de croissance. Les hautes températures stimulent la croissance des tiges; par contre, les basses températures favorisent davantage la croissance du tubercule. La pomme de terre est très sensible au gel. Le zéro de végétation est compris entre 6 et 8°C. Les températures optimales de croissance des tubercules se situent aux alentours de 18°C le jour et 12°C la nuit. Une température du sol supérieure à 25°C est défavorable à la tubérisation (Rousselle *et al.*, 1996).

2.6.1.2 Lumière

La croissance végétative de la pomme de terre est favorisée par la longueur élevée du jour (14 à 18h). Une photopériode inférieure à 12 h favorise la tubérisation. L'effet du jour long peut être atténué par les basses températures. La photopériode ; Driver & Hawkes (1943) remarquent qu'il y a chez la pomme de terre des variétés de jours longs, des variétés de jours courts et des variétés indifférentes. (Rousselle *et al.*, 1996).

2.6.2.1 Exigences édaphiques

3.6.2.1 Structure et texture du sol

La plupart des sols conviennent à la culture de la pomme de terre à condition qu'ils soient bien drainés et pas trop pierreux. Les sols préférés sont ceux qui sont profonds, fertiles et meubles. En général, la pomme de terre se développe mieux dans des sols à texture plus ou moins grossière (texture sablonneuse ou sablo-limoneuse) que dans des sols à texture fine et battante (texture argileuse ou argilo-limoneuse) qui empêchent tout grossissement de tubercule. (Boufares, 2012).

2.6.2.2 pH

Dans les sols légèrement acides (pH = 5,5 à 6), la pomme de terre peut donner de bons rendements. Une alcalinité excessive du sol peut causer le développement de la galle commune sur tubercule (Boufares, 2012).

2.6.2.3 Salinité

La pomme de terre est relativement tolérante à la salinité par rapport aux autres cultures maraîchères. Cependant, un taux de salinité élevé peut bloquer l'absorption de l'eau par le système racinaire. Lorsque la teneur en sel est élevée, le point de flétrissement est atteint rapidement. On peut réduire la salinité d'un sol en le lessivant avec une eau d'irrigation douce (Boufares, 2012).

2.6 Maladies et ravageurs

Cités par Dominique, (2010) dans les paragraphes ci-dessous ; comme toutes les cultures, la pomme de terre est soumise à l'attaque de plusieurs maladies et ravageurs occasionnant parfois des dégâts importants. Les principales maladies et ravageurs de la pomme de terre rencontrés en Algérie sont catalogués comme suit :

2.7.1 Maladies cryptogamiques

2.7.1.1 Mildiou de la pomme de terre : l'ennemi juré du tubercule à l'échelle mondiale est dû à une moisissure aquatique (*Phytophthora infestant*), qui détruit feuilles, tiges et tubercules.

2.7.1.2 Alternariose : *l'alternariose* est provoquée par les champignons (*Alternaria solani*) et (*A. alternata*). La maladie provoque surtout des dégâts en climat continental, chaud et sec, mais est accentuée en culture irriguée. Ses symptômes sont :

- Sur feuilles : taches nécrotiques, bien délimitées, de taille variable, situées plutôt sur les feuilles du bas ; présence d'anneaux concentriques sur les taches importantes ;
- Sur tubercules : pourritures brunes à noires, très sèches, assez typiques, avec une dépression.

2.7.1.3 Rhizoctone noir : il est provoqué par un champignon (*Rhizoctonia solani*), qui se développe à partir des sclérotés noirs fixés sur le tubercule-mère ou présents dans le sol. Ces sclérotés constituent la forme de conservation du champignon. Les tubercules contaminés portent à la surface de petits amas noirs très durs, appelés sclérotés, qui sont très visibles sur les tubercules lavés.

2.7.1.4 Fusariose (la pourriture sèche) : elle est provoquée par des champignons du genre *Fusarium* (notamment *Fusarium caeruleum*). Cette maladie peut exceptionnellement être observée dès la récolte mais généralement, elle se manifeste en cours de conservation, provoquant la destruction du tubercule. Le tubercule et la terre contaminés véhiculent le champignon et sont ses vecteurs de propagation ; grâce à sa forme de conservation, les chlamydospores, le champignon peut aussi se conserver dans les locaux de conservation et sur le matériel.

2.7.1.5 Verticilliose : deux champignons (*Verticillium albo-atrum* et *Verticillium dahlia*) sont responsables de cette maladie. Les symptômes en végétation s'expriment tardivement : dans un premier temps, il y a jaunissement des feuilles suivi par un flétrissement du feuillage qui se généralise ensuite à l'ensemble de la plante. Les feuilles flétries brunissent, tombent ou restent fixées à la tige qui conserve une couleur verte. L'inoculum provient du sol, de l'eau d'irrigation ou de ruissellement. L'infection peut se produire par les racines, les blessures et les germes.

2.7.2 Maladies bactériennes

2.7.2.1 Gale commune : (*Streptomyces scabies*) les symptômes de la gale commune se manifestent uniquement en surface des tubercules et dépendent de divers facteurs, dont le type de souche de gale commune, la variété et les conditions climatiques.

2.7.2.2 Flétrissement bactérien des solanacées : il est causé par un pathogène bactérien. Il provoque de graves pertes dans les régions subtropicales et tempérées.

2.1.4.1 Jambe noire de la pomme de terre : c'est une infection bactérienne (*Erwnia carotovora*) qui provoque la pourriture des racines dans le sol et durant le stockage.

2.7.3 Maladies virales

En Algérie, les virus suivants ont été rapportés sur la pomme de terre (INPV, 2011) :

- Virus Y (*polyvirus*) ou PVY ;
- Virus de l'enroulement ou PLRV ;
- Virus X (*potexvirus*) ou PVX ;
- Virus de la mosaïque de la luzerne AMV.

2.7.4 Insectes et ravageurs

- Pucerons (*Mysus persicae*, *Aulacortum solani*, *Macrosiphum euphorbiae*) ;
- Teigne (*Photmea operculilla*) ;
- Noctuelles (*Spodoptera littoralis*, *Spodoptera exigna*) ;
- Doryphore (*Leptinotarsa decemlineata*) ;
- Nématodes Nématodes Gallicoles (*Meloidoyne spp*).



Mildiou
(*Phytophthora
infestans*)



Gale commune
(*Streptomyces
scabies*)



Virus
(PLRV) ou virus d'enroulement des feuilles



Doryphore
(*Leptinotarsa
déceclineata*)



Némaode
(*Meloidoyne spp*)

Figure 2.6 : les différentes maladies et ravageurs de la pomme de terre (Boufares, 2012)

2.8 Filière pomme de terre en Algérie

Selon les historiens, l'entrée de la pomme de terre en Algérie remonte au milieu de la première décennie du dix-neuvième siècle, elle a été cultivée principalement pour l'exporter vers le marché Français. Après l'indépendance, elle est devenue un produit important pour la consommation locale, et elle est devenue de plus en plus importante dans le régime

alimentaire. La demande en cette culture s'est alors accrue. Elle représente la première culture maraîchère du point de vue superficie et production, avec 1 506 859 quintaux en 2007 ce chiffre a presque doublé en l'espace de trois ans avec une production de 3 290 000 quintaux en 2010, selon le Ministère de l'Agriculture.

L'offre nationale de cette culture et d'autres cultures maraichères n'a cessé d'augmenter constamment suite à la prise de conscience dans les années quatre-vingt. Après la détérioration du secteur agricole à la suite de l'indépendance où le secteur agricole assurait de hautes performances et jouissait d'une réputation d'un secteur majoritairement exportateur, un programme national d'intensification des productions considérées comme stratégiques a été décidé par le Ministère de l'agriculture, il s'agissait d'opérer par des politiques de soutien de toutes sortes et avec un mode d'organisation technique très avancé. Il concernait les céréales, les légumes secs et la pomme de terre. L'Institut des techniques des cultures maraîchères et industrielles (ITCMI) était chargé de la mise en œuvre du programme relatif aux cultures maraîchères, et particulièrement celui de la pomme de terre.

L'opération de reproduction des semences sélectionnées de pommes de terre était apparue comme un volet important de ce programme qui pouvait permettre de diminuer le coût en devises du programme d'intensification de cette culture. Depuis le lancement du programme et jusqu'à nos jours, la culture de la pomme de terre en Algérie a connu un développement spectaculaire. Cet accroissement des superficies cultivées en pomme de terre était accompagné d'une importante augmentation des rendements. Les données recueillies lors d'une enquête que nous avons réalisée montrent bien ces augmentations (**Boufares, 2012**).

Tableau 2.2 : évolution de la production de pommes de terre de consommation 2000-2010 (Lahouel, 2015)

Année	Production (tonne)	Surface cultivée (ha)	Rendement (t/ha)
2000	1 276 000	72 690	16,6142
2001	967 232	65 790	14,7018
2002	1 333 465	72 580	18,3732
2003	1 879 918	88 660	21,2036
2004	1 896 270	93 144	20,3584
2005	2 176 500	99 717	21,6267
2006	2 180 961	98 825	22,0689
2007	1 506 859	79 332	18,9926
2008	2 171 058	91 841	23,6393
2009	2 536 057	105 121	24,1251
2010	3 290 000	126 600	26,0000

L'Algérie occupe la deuxième place, après l'Égypte, dans la production de la pomme de terre en Afrique pour l'année 2010, selon un rapport de la FAO. Les chiffres présentés dans le rapport indiquent que la production nationale a dépassé le seuil de trois millions de tonnes durant l'année 2010. Elle est cultivée sur une superficie estimée à 126 milles hectares. La moyenne à hectare a atteint 26 tonnes, l'Égypte quant à elle réserve une superficie de deux millions d'hectares pour cultiver ce légume. Sa production est estimée à 4 millions de tonnes pour la même année (Boufares, 2012).

2.8.1 Différentes variétés cultivées en Algérie

Cent vingt variétés sont inscrites au catalogue algérien des espèces et variétés cultivées. Cette inscription est obligatoire pour leur commercialisation. Elle est précédée de deux ans au cours desquels sont évalués les caractères d'utilisation, le rendement, le comportement vis-à-vis des parasites par le service de Contrôle et certification des semences et plants. Les principales variétés cultivées en Algérie sont : *Spunta* (à chair blanche), *Désirée* (à chair jaune), *Bartina*, *Lisita*. Les variétés sont déterminées par :

- La forme du tubercule ;
- La couleur de la peau et de la chair ;

- La durée de conservation ;
- La date de mise sur le marché ;
- La durée de culture (Boufares, 2012).

2.8.2 Principales régions productrices

La superficie occupée par les cultures maraîchères varie chaque année entre 380.000 et 400.000 ha, dont 100.000 à 130.000 ha emblavés en pommes de terre, soit 26% de la superficie maraîchère totale (**Boufares, 2012**). Il est à relever aussi que l'on assiste, depuis quelques années, à l'augmentation de cette culture par l'occupation de nouvelles zones où elle était pratiquement inconnue : cas de Sedrata, de Djelfa, du Sud et de Ain-Defla. Donc, les zones de production sont réparties selon quatre zones géographiques : Littoral, sublittoral, atlas tellien et hautes plaines.

- Primeur : Boumerdes, Tipaza, Skikda, Alger, Mostaganem, Tlemcen ;
- Saison : Ain-defla, Mascara, Mila, Souk-Ahras, Boumerdes, Mostaganem, Sétif, Tizi-Ouzou, Tiaret, M'sila, Tlemcen, Batna, Chlef, Bouira, El-oued.
- Arrière-saison : Ain-defla, Mascara, Guelma, Chlef, El oued, Tlemcen, Mostaganem, Djelfa, etc. (**Boufares, 2012**).

Tableau 2.3 : les principales wilayas productrices de pommes de terre pour l'année 2006 (Boufares, 2012)

Wilaya	Surface (hectares)	Production (quintaux)
Ain	15	320
Defla	230	000
Mascara	9	208
Tlemcen	050	700
El Oued	7	197
Mosta	505	900
Chlef	7	181
Boumerde	392	800
s Skikda	6	159
S/Total	668	500

2.8.3 Dates de plantation de la pomme de terre

Contrairement aux pays septentrionaux où la pomme de terre est cultivée durant une saison, en Algérie elle est cultivée selon trois types de culture qui sont : la primeur, la saison, et l'arrière-saison.

- Les trois calendriers de culture de pomme de terre : (i) primeurs (plantation 15 novembre - 15 janvier) ; (ii) saison (plantation 15 janvier -15 mars) ; et (iii) arrière-saison (15 août -15 septembre) ;
- Les dates limites suivant les régions : (i) à partir de la mi-février (zones littorales - Sub-littorales) ; (ii) mi-mars (plaines intérieures) ; et (iii) mi-mai (hauts plateaux) (Boufares, 2012).

2.8.4 Recyclage des déchets de pomme de terre

Aux États-Unis, des chercheurs ont pu produire un polymère d'acide lactique à partir d'épluchures de pommes de terre : les épluchures sont dégradées pour obtenir des carbohydrates puis du glucose, utilisé comme source d'acide lactique (**Arapoglou *et al.*, 2010**). L'amidon est globalement le deuxième hydrate de carbone abondant. Après de diverses modifications, il est en grande partie employé dans des applications industrielles et est une ressource potentielle pour la production de bioénergie (**Rousselle *et al.*, 1996**).

Chapitre 3
Généralité sur le plastique et le
Bio plastique

3.1 Plastique ordinaire ou conventionnel

3.1.1 Origine

Le premier plastique défini comme tel a été le Celluloïd, préparé en 1869 et encore employé de nos jours ; il s'agissait d'une modification d'un polymère naturel : la cellulose. Le deuxième plastique, la galalithe, résultat d'une modification d'un autre polymère naturel, la caséine, une protéine du lait (**Dorbane & Laurent, 2013**). Le premier plastique entièrement artificiel a été la bakélite, obtenue à partir du formaldéhyde et du phénol. C'est à l'occasion de l'exposition internationale de Londres en 1862 que les premiers échantillons de Parkésine, un type de Celluloïd, ont été présentés. Ces échantillons constituent la toute première forme de la matière plastique (**Laurent, 2013 ; Benslimane, 2014**). Les plastiques inventés aux 19èmes siècles ont remplacé les matériaux traditionnels comme le bois ou le métal. Les recherches menées pour améliorer et diversifier leurs propriétés les destinent à de nombreuses utilisations. Les matières plastiques sont légères, hygiéniques, durables et faites sur mesure. C'est grâce à toutes leurs qualités qu'elles sont devenues irremplaçables et omniprésentes dans les objets de notre vie quotidienne (**Kara Slimane, 2010**).

3.1.2 Composition de la plastique

Les matières plastiques sont composées principalement de petites molécules chimiques, qui ont la propriété de se mettre facilement en forme ; c'est un matériau récent tiré du pétrole. Il existe des centaines de variétés différentes de plastique.

3.1.3 Fabrication de plastique

Le plastique est un mélange qui a pour matière de base un polymère qui est susceptible d'être moule façonné en général à chaud et sous-pression afin de le conduire à un semi-produit ou à un objet. La fabrication des matières plastiques se fait à partir du pétrole, qui est subit deux étapes :

– Le raffinage : le pétrole est chauffé dans une colonne de distillation, on obtient le NAPHTA dérivé du pétrole pour le plastique ;

– Le craquage : la matière est chauffée à 800 °C pendant une fraction de seconde puis refroidissement immédiat, qui a pour objet de casser les molécules, le craquage du NAPHTHA produit l'éthylène en gaz, plusieurs molécules se forment puis on obtient le polyéthylène (Dorbane & Benslimane, 2014).

L'opération de fabrication de plastique est très consommatrice d'énergie elle consomme 4 pour cent de la consommation mondiale en pétrole (Laurent, 2013).

3.1.4 Différentes matières en plastique

3.1.4.1 Polyéthylène (PE) : cette matière plastique représente à elle seule environ un tiers de la production totale des matières synthétiques et constitue la moitié des emballages plastiques. Plusieurs millions de tonnes de polyéthylène sont produites chaque année car c'est un matériau extrêmement polyvalent et important sur le plan économique et écologique. Grâce à sa structure chimique simple, le polyéthylène prime sur la plupart des autres matériaux car il peut être réutilisé. Au cours de ces dernières années, le recyclage des produits usés en PE a pris de plus en plus d'importance : 50% du PE constituant les sacs poubelle sont recyclés. Le polyéthylène est translucide, inerte, facile à manier et résistant au froid. Il existe différents polyéthylènes classés en fonction de leur densité. Celle-ci dépend du nombre et de la longueur des ramifications présentes dans le matériau. On distingue deux familles : le PEBD ou polyéthylène basse densité et le PEHD polyéthylène haute densité (Davidovie & Dorbane, 2006).



Figure 3.1 : polyéthylène

3.1.4.2 Polypropylène (PP) : c'est aussi un polymère très polyvalent qui sert à la fois comme thermoplastique et comme fibre. Il est très facile à colorer et n'absorbe pas l'eau. On en trouve beaucoup sous forme de pièces moulées dans les équipements automobiles (pare-chocs, tableaux de bord, habillage de l'habitacle) et dans le mobilier de jardin. Ce matériau sert à fabriquer des boîtes à aliments qui résistent au lave-vaisselle parce qu'il ne fond pas en dessous de 160°C. Le polypropylène est aussi utilisé dans la fabrication de fibres synthétiques (tapis, moquettes, cordes, ficelles) mais aussi pour les emballages alimentaires en raison de son aspect brillant et de sa résistance (flacons, films, pots). Cependant, le PP film est un des plastiques usuels les plus difficiles à recycler surtout s'il est imprimé. Le contrôle de la polymérisation par catalyse permet de jouer sur la structure enfin de produire du polypropylène élastomère (Davidovie & Laurent, 2013).



Figure 3.2 : polypropylène

3.1.4.3 Polystyrène (PS) : le polystyrène est un plastique dur, cassant et transparent. C'est un produit industriel courant largement diffusé, offrant de très nombreux usages. On le reconnaît facilement à un blanchissement sur les zones de contraintes avant la rupture ou à sa fumée noire et à son odeur caractéristique lors de sa combustion. On l'utilise pour fabriquer du mobilier, des emballages, des grilles de ventilation, des jouets, des verres plastiques, etc. On distingue trois types de polystyrènes : le polystyrène "cristal" n'a pas une structure cristalline mais porte ce nom en raison de son aspect transparent. Il polymérise sous forme de perles à haute température en présence d'un adjuvant plastifiant. C'est un plastique dur et cassant utilisé pour de nombreux types de boîtes, les boîtiers CD notamment (Laurent, 2013).

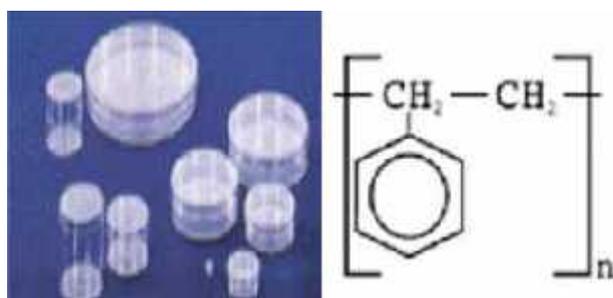


Figure 3.3 : polystyrène

3.1.4.4 Polyesters et le polyéthylène téréphtalate (PET) : c'est un polymère obtenu par la polycondensation de deux composants : le diméthyltéréphtalate et l'éthylène glycol. Les chaînes vont s'arranger et former des fibres résistantes. Le PET est surtout employé pour la fabrication de fils textiles, de films et de bouteilles. L'inventeur des bouteilles en PET, Nathaniel Wyeth voulait faire une bouteille incassable. Cependant, ce plastique devient mou à moyenne température. Cette propriété empêche de consigner les bouteilles en PET car il faut les laver à une température trop haute. Pour cette même raison, on ne peut pas l'utiliser pour les confitures qui sont coulées chaude dans les pots. Il existe aujourd'hui un nouveau type de polyester plus résistant à la chaleur qui correspond à ce que l'on recherche pour les pots de confiture et les bouteilles consignées. C'est le polyéthylène naphthalate ou PEN (Davidovie & Laurent, 2013).

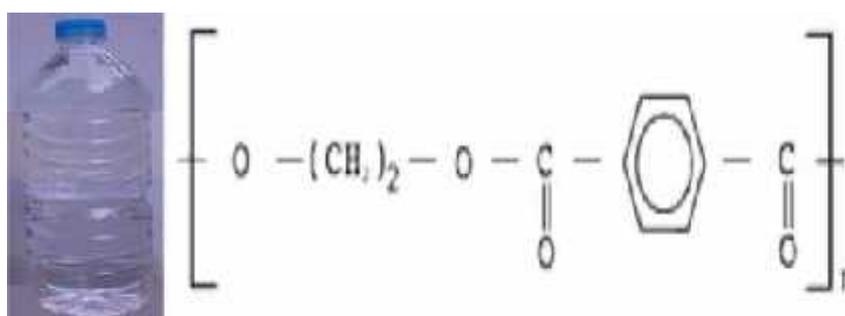


Figure 3.4 : polyesters et le polyéthylène téréphtalate

3.1.4.5 Polyacétals ou polyoxyméthylène (POM) : les poly acétals ont des propriétés qui les rendent irremplaçables pour des pièces à fortes exigences mécaniques comme les engrenages et les poulies. Ils sont solides, présentent les qualités de métaux tels que l'acier, l'aluminium ou le zinc. Ils résistent à la plupart des agents chimiques et ont un faible coefficient de frottement. Par contre, ils ont une densité élevée et une assez faible résistance à la température. La recherche vise à augmenter leur résistance au choc pour permettre la réalisation de plus grosses pièces (**Dorbane & Benslimane, 2014**).



Figure 3.5 : poly acétals ou polyoxyméthylène

3.1.4.6 Polychlorure de vinyle PCV : il est obtenu par la polymérisation des monomères de chlorure de vinyle $\text{CH}=\text{CH}-\text{Cl}_2$. Ce polymère de formule $-(\text{CH}-\text{CH}-\text{Cl})_{-2n}$ est issu d'une réaction chimique entre de l'éthylène et de l'acide chlorhydrique, en présence d'oxygène, il peut être soit rigide soit souple selon les ingrédients qu'on lui incorpore. Le PVC rigide qui a un aspect lisse et dur est utilisé pour les tuyaux de canalisation. Le PVC souple qui recouvre certaines pièces comme les manches de pinces a un aspect brillant. C'est après le PE, le plastique PVC est le plus utilisé au monde. Il est largement employé dans l'industrie de l'ameublement et dans le bâtiment ou le génie civil (**Benslimane, 2014**).



Figure 3.6 : polychlorure de vinyle

3.1.4.7 Polyamides (PA) : c'est la première matière plastique à avoir été découverte en 1938. Selon la longueur des chaînes, on obtient différents types de PA que l'on distingue par des chiffres : par exemple le PA 6.6 est le nylon. Ce sont des polymères qui offrent un bon compromis entre des qualités mécaniques, thermiques et chimiques. Les polyamides sont utilisés pour réaliser des pièces moulées dans l'appareillage ménager et automobile, des tapis et des moquettes, de la robinetterie, de la serrurerie, des engrenages, des textiles (lingerie et voilages). L'inconvénient principal de tous les polyamides est qu'ils sont hydrophiles ce qui limite leur usage pour certaines pièces mécaniques **(Davidovie & Laurent, 2013)**.

**Figure 3.7 : polyamides**

Malgré ses applications positives dans divers domaines, les matières plastiques peuvent poser des sérieux problèmes vis-à-vis de l'environnement et de la santé. En effet, la teneur des adjuvants et des monomères, en quantité plus ou moins grande, dans les polymères présente le risque de réactions chimiques nocives pendant la fabrication et l'usage de ces matières. Pendant la décomposition à haute température, ces matières génèrent des émissions de gaz, des solvants, des poussières et des rejets atmosphériques considérables **(Laurent, 2013)**. L'étude de l'impact de l'usage de plastiques sur les trois dimensions du développement durable ne se limite pas uniquement au stade de la fabrication et de l'utilisation dans le sens où à la fin de leur cycle de vie des produits plastiques (surtout les emballages) peuvent être aussi source de préjudices environnementaux et sanitaires **(Dorbane & Benslimane, 2014)**.

3.2 Bioplastique

3.2.1 Origine

L'amidon est un polysaccharide d'origine végétale composé d'unités glucose $C_6H_{12}O_6$. Il est la principale substance glucidique de réserve des plantes supérieures. L'amidon représente une fraction pondérale importante des matières premières agricoles. On le trouve stocké dans les organes de réserve des végétaux tels que les céréales (30-70% de la matière sèche), les tubercules (60-90 %) et les légumineuses (25 à 50 %). L'amidon est également utilisé dans de nombreux secteurs industriels non alimentaires : la production papetière, l'industrie pharmaceutique, cosmétique, textile etc. Il est devenu également ces dernières années une matière première intéressante pour la production de matières plastiques bio basées et biodégradables (**Davidovic, 2006 ; Wertz, 2011**). L'examen de l'utilisation du terme bioplastique au cours des dernières années permet de constater que son emploi n'est pas uniforme. Le même constat a été fait par la revue Sciences et Avenir qui définit les bioplastiques comme étant : « un néologisme formé de toutes pièces par les industriels et qui recouvre des plastiques à la composition et à l'intérêt écologique très variables » (**Mulot, 2007**). Les bioplastiques connaissent un engouement depuis quelques années et ils sont présentés comme des solutions de rechange plus respectueuses de l'environnement. Ils sont souvent biodégradables et issus de ressources renouvelables (**Davidovic, 2006 Laurent, 2013**).

3.2.2 Composition de bioplastique

Le bioplastique est composé à partir de la polymérisation par condensation qui entraîne des réactions chimiques qui conduisant à la formation de sous-produits. Les deux monomères en présence donnent naissance à une molécule intermédiaire, laquelle constituellément fondamental qui se répété dans la macromolécule, dans ce cas on obtient le polyéthylène (Bio plastique) (**Benslimane, 2014**).

3.2.3 Polymérisation

Les polymères, appelés communément «matières plastiques", sont indissociables de notre environnement et de notre vie pratique. Ils se sont imposés dans tous les domaines de

nos activités : des objets les plus banals jusqu'aux applications techniques sophistiquées, en passant par leur utilisation dans les produits d'hygiène, d'alimentation et de biomécanique (**Chabane, 2009 ; Laurent, 2013**). Les polymères sont constitués de macromolécules qui sont obtenues par adjonction de petites molécules appelées monomères. Lors d'une réaction de polymérisation, les monomères forment en général de longues chaînes qui peuvent se replier sur elles-mêmes et/ou s'enchevêtrer avec les macromolécules voisines. Les longues chaînes de polymères peuvent présenter des domaines cristallins et/ou amorphes selon les cas (**Haddar, 2012 ; Laurent, 2013**). Dans la macromolécule suivanteA-A-A-A-A-A-A..... = [-A-] l'unité constitutive est A; elle est formée d'un groupe d'atomes qui se répètent. A l'échelle moléculaire, quelques centaines de nm, la plupart des macromolécules se présentent sous forme de « fils longs et souples ». Les réactions chimiques permettant de passer d'un monomère A à la macromolécule [-A-] n s'appellent polymérisation. Ainsi, l'éthylène CH₂=CH₂ (monomère) conduit par polymérisation par ouverture de la double liaison au polyéthylène (polymère) [-CH₂ - CH₂-]_n (**Haddar, 2012**).

3.2.4 Utilisation des Bio plastiques

L'utilisation des Bio plastiques est restée encore très marginale et ils ne représentent que 1 à 2 pour cent de la matière totale du plastique (**Laurent, 2013**). Les bioplastiques sont utilisés pour fabriquer des plastiques souples ou rigides.

3.2.4.1 Plastiques souples : ils sont utilisés principalement comme matériaux d'emballage. Les bioplastiques se sont largement imposés dans ce domaine. Ils sont employés notamment pour fabriquer des sachets en plastique biodégradable et des emballages de produits frais rapidement périssables. Autre utilisation possible ; les barquettes à viande, qui sont fabriquées d'une part (en partie) avec des matériaux biodégradables et, d'autre part, avec des plastiques non biodégradables à base de canne à sucre.

3.2.4.2 Plastiques rigides : contenants (pots de yogourt, bacs à glace, articles pour la restauration, pots de fleurs, etc.) ; barquettes (barquettes de viande fraîche, boîtes de pralinés) ; bouteilles en PET fabriquées en partie avec des matières premières renouvelables ; dosettes de café (**Dorbane & Benslimane, 2014**).

3.2.5 Biodégradabilité du bioplastique

La biodégradabilité des plastiques est définie par des standards et l'utilisation du terme est donc bien encadrée. Selon la norme ASTM D6400, un plastique biodégradable : «Se dit d'un plastique dégradable dont la dégradation résulte de l'action de microorganismes naturellement présents dans le milieu tel que les bactéries, les mycètes ou les algues» (ASTM, 2012). Il y a plusieurs mécanismes de dégradation, mais les bioplastiques biodégradables se dégradent généralement en deux phases : (i) la dégradation primaire où les chaînes moléculaires se scindent en plus petits fragments par hydrolyse ou oxydation ; et (ii) la biodégradation ultime ou l'assimilation par les microorganismes (Laurent, 2013).

3.2.6 Facteurs favorisant la croissance du marché occupé par les bioplastiques

Malgré les freins liés à l'essor des bioplastiques, les prévisions de croissance sont excellentes au cours des prochaines années. La demande globale pour les bioplastiques devrait doubler entre 2013 et 2018 pour atteindre près de 2 millions de tonnes métriques (Lachance, 2011). Une réglementation plus restrictive à l'égard de l'utilisation des plastiques d'origine fossile non biodégradables a assurément une influence positive sur la demande des bioplastiques composables. Plusieurs pays ont mis en place des réglementations interdisant, limitant ou taxant les sacs jetables qui dans certains cas favorisent les bioplastiques. Par exemple, depuis janvier 2011, l'Italie interdit les sacs d'emplettes à usage unique non composables et la France dans l'article N°75 de la loi de transition de l'énergie interdite l'utilisation des sachets à usage unique à partir de 1er janvier 2016 (JORF N° 0189 du 18 aout 2015). La fluctuation des prix fluctuent des hydrocarbures qui sont considérablement. Un facteur qui favorise grandement demande pour les bioplastiques . Plusieurs entreprises importantes dans l'industrie de l'alimentation utilisent ou prévoient utiliser ce type de bioplastiques, c'est le cas notamment des entreprises Coca-Cola et Pepsi pour leurs bouteilles, ainsi que Danone pour certains de ses pots fabriqués en bioplastique (Richard, 2012).



Figure 3.7 : Emballages d'origine bioplastique biodégradable

3.2.7 Limites liées à l'utilisation des films bioplastiques

Un des problèmes majeurs liés aux bioplastiques est la confusion au niveau de la terminologie. La différence entre les termes « biodégradable » et « compostable » est subtile, car rappelons qu'un bioplastique doit satisfaire les exigences de certaines normes afin d'être considéré comme compostable. Ces distinctions et mécompréhensions, jumelées aux pratiques commerciales ou au marketing vert des entreprises, peuvent facilement conduire à des erreurs lorsque les consommateurs disposent des produits en fin de vie des emballages. Cette mode de gestion de fin de vie reste un problème encore difficile à résoudre. En effet, les bioplastiques biodégradables peuvent avoir des impacts négatifs sur les filières de recyclage. Autrement, ces types de plastiques ne doivent en aucun cas être mélangés aux plastiques traditionnels lors du recyclage par risque de contamination. La sensibilisation et l'éducation de la population peuvent se présenter comme une solution face à cet obstacle.

Les coûts sont également un frein majeur à l'essor des bioplastiques. Plusieurs sources sont assez unanimes sur les différences de prix et les bioplastiques seraient de 1,5 à 4 fois plus chers que les plastiques traditionnels (**Dorbane & Laurent ; 2013**). Pour les mêmes applications, ces différences de prix rendent les bioplastiques peu concurrentiels et ont de la difficulté à convaincre les acheteurs potentiels. Par ailleurs, les propriétés ne jouent pas

toujours en faveur des bioplastiques. Par exemple, l'affinité avec l'eau et les faibles propriétés mécaniques constitue des limitations à son usage.

Cependant, il faut aussi préciser que la production de ces matériaux bioplastiques dépend encore souvent du pétrole comme source d'énergie et de matières premières. Il s'agit notamment de l'énergie nécessaire aux machines agricoles ainsi qu'à l'irrigation des cultures, à la production d'engrais et de pesticides, au transport des récoltes et des produits végétaux vers des usines de transformation, à la transformation des matières premières et enfin à la production de bioplastiques. Des énergies renouvelables peuvent cependant être utilisées pour arriver à une indépendance pétrolière.

Ceux à base de matières premières végétales sont surtout concernés par des « litiges entre besoins alimentaires et sources de matières premières ». On s'inquiète surtout sur l'équilibre à atteindre entre la nécessité de cultiver des plantes à des fins alimentaires et celle de les cultiver pour leur utilisation comme sources de matière brute. Les terres servant à l'agriculture doivent être partagées. Des chercheurs tentent donc de concevoir une plante qui peut servir de source alimentaire, mais également de matière première pour la production de plastiques. Un groupe essaie de modifier génétiquement du maïs pour y insérer l'enzyme bactérienne responsable de la production de plastique.

Chapitre 4

Matériel et méthodes

4.1	Sujet et objectifs de l'étude	42
4.2	Lieu de l'étude	42
4.3	Matériels et produits	42
4.3.1	Matériels de paillasse de laboratoire	42
4.3.2	Produits	43
4.4	Collecte de la matière première	43
4.5	Préparation de la poudre de la pomme de terre	43
4.6	Production de Bio plastique	43
4.6.1	Examen visuel de Bio plastique	44

4.1 Sujet et objectifs de l'étude

La présente étude a été réalisée au niveau du laboratoire de Microbiologie de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université, Dr MOUALY Tahar de Saïda durant le mois d'Avril de l'année universitaire 2018 / 2019. Le but du présent travail de fin de Master, spécialité Biotechnologie végétale, est l'essai de production d'un Bio plastique (un Bio polymère) sur la base de l'amidon, tout d'abord, en valorisant des féculs et des déchets de la pomme de terre.

4.2 Lieu de l'étude

La présente étude a été réalisée au niveau du laboratoire de Microbiologie de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université, Dr MOUALY Tahar de Saïda durant le mois d'Avril de l'année universitaire 2018 / 2019.

4.3 Matériels et produits

4.3.1 Matériels de paillasse de laboratoire

- Agitateur avec plaque chauffante *Ikamag*[®] ;
- Agitateur plaque chauffante *Labtech*[®] *LMS1003* ;
- Balance de précision Balance de Precision *Kern EMB200-3V* ;
- Broyeur à couteaux HACHOIR moulinex ;
- Mixeur moulinex ;
- Une râpe ;
- Bécher ; éprouvette ;
- Entonnoirs ;
- Papier filtre ;
- Spatule, cuillère ;
- Thermomètre ;
- Barreau magnétique
- Papier cellophane ;
- Torchon ;
- Ciseaux ;
- Étiquettes ;
- Ruban métrique ;
- Appareils photo numériques ;
- Marqueur permanent.
- Econome cuisine.

4.3.2 Produits

- Féculés de pomme de terre ;
- Poudre de la pomme de terre séchée ;
- Glycérine ;
- Vinaigre blanc ;
- Eau du robinet ; eau distillée ;

4.4 Collecte de la matière première

Dix (10) kilogramme des féculés et cinq (5 kg) des déchets de pomme de terre (*Condor, Bartina, Spunta*) ont été ramassés dans des sacs en plastique à partir des déchets domestiques et des déchets de quelques restaurants du chef-lieu de la ville de Saïda, ces dernières ont été conservées dans les mêmes à raison d'environ deux (2) chacun et conservées dans un bain d'eaux.

4.5 Préparation de la poudre de la pomme de terre

Ce présent travail a été commencé par une préparation de la poudre de pomme de terre séchée ; pour ce faire, d'abord, les féculés et les déchets de pomme de terre ont été nettoyés et pesés au moyen d'une balance analytique, ensuite broyée et mélangée à l'aide d'un broyeur à couteaux afin que les grains d'amidon se libèrent plus facilement. Ce après quoi un tamisage à l'eau a été réalisé, pour qu'en récupère l'eau de filtration. Enfin, le broyat a été laissé décanté en atmosphère libre pour se débarrasser du surnageant, le culot a été étalé sur un plat déposé sur la surface plane du plan de travail du paillasse pour former une couche qui a subi un séchage lent entre trois (3) et quatre(4) jours. La poudre ou les résidus recueillis qui représentent les amidons ont été collectés dans des bocaux en verre pour être conservés à l'abri de la lumière.

4.6 Production de Bio plastique

Afin de préparer le bioplastique ; pour une meurette de 5 g de la poudre de l'amidon séché a été mélangée avec 50 ml d'eau, ce après quoi l'ensemble a été porté sur une plaque chauffante réglée à une chaleur lente à 100 °C. Après dissolution complète, un quart (1/4) équivalent de 1.25 ml (de la meurette de poudre de l'amidon) de volume du vinaigre ballant et de la glycérine a été rajouté. L'ensemble a été mélangé à feu doux pendant 15 à 20

minutes jusqu'à ce que le mélange soit épais, qui va former un mélange homogène très visqueux, qui va peu à peu se reliquéfier légèrement. Quelques gouttes de colorant alimentaire selon le choix (jaune, bleu et rouge). Une fois le mélange est totalement reliquéfié, ce dernier a été versé sur un papier d'aluminium et laissé séché dans l'étuve à une température de 90 à 100 °C pendant une heure, puis laissé sécher à l'air libre pour 3 à 4 jours. Et enfin, une moitié du mélange a été étalé sur une feuille de cellophane pour former une feuille d'environ 10 cm² et l'autre moitié a été étalée sur la surface interne d'un bac en verre. Ensuite un séchage à température ambiante a clôturé cet essai de production de Bio plastique. L'expérience a été refaite avec d'autres variations de mesure du vinaigre et de la glycérine.

4.6.1 Examen visuel de Bioplastique

Plusieurs paramètres ont été relevés par examen à l'œil nu, entre autres ; état physique, la taille, la couleur, la présence et/ou l'absence des impuretés, l'épaisseur, l'adhérence à la main ou l'aspect au toucher et la facilité du Bioplastique (la souplesse et la flexibilité).

Chapitre 5

Résultats et discussion

5.1	Résultats de la préparation de la poudre de la pomme de terre	46
5.2	Résultats de la production de Bio plastique	47
5.2.1	Examen visuel de Bio plastique	47
5.3	Discussion	50

Cette dernière partie fait l'objet de constatations, de remarques et des bilans suite aux résultats obtenus lors des expérimentations. Elle est également conçue pour donner une certaine idée sur les impacts sociaux, économiques et environnementaux des bioplastiques. En fait, la pomme de terre a suscité un intérêt plus vif par ses propriétés chimiques et biologiques particulières. Malgré les intérêts qu'il présente, il semble encore méconnu dans notre pays alors que les pays industrialisés profitent des avantages qu'il offre. Et cette constatation nous a amené à mieux déterminer la possibilité d'utilisations locales de ce produit surtout dans le domaine du bioplastique.

5.1 Résultats de la préparation de la poudre de la pomme de terre

Lors de la préparation de la poudre de la pomme de terre des trois variétés utilisées, à partir de 10 kg des féculs et des 5 kg des déchets de la pomme de terre, environ 1 kg et 1.5 kg, respectivement de l'amidon a été recueilli et conservé dans des bocaux placés dans le réfrigérateur réglé à température d'environ 4°C.

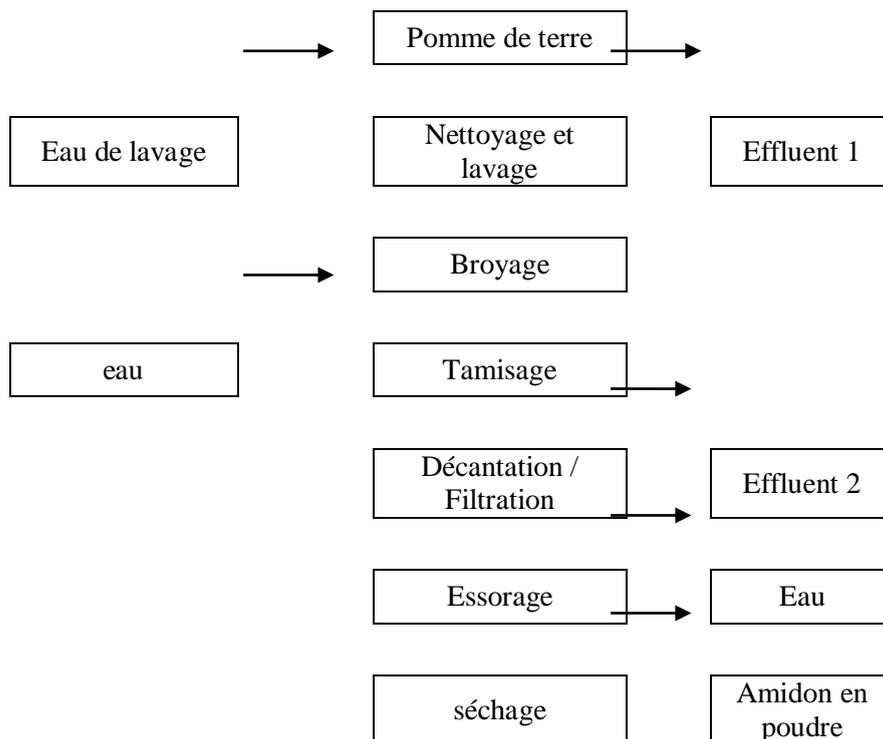


Figure 5.1 : organigramme de l'extraction de l'amidon de pomme de terre

5.2 Résultats de la production de Bio plastique

Les 2.5 kg de l'amidon utilisé avec plusieurs combinaisons de meurettes de ; l'amidon, du vinaigre et de la glycérine, a produit une quantité de l'ordre de 500 g de Bio plastique sous forme de trois échantillons d'environ 160 g chacun en plusieurs unités, de trois couleurs différentes ; jaune, bleu et rouge, selon le colorant utilisé.

5.2.1 Examen visuel de Bio plastique

La matière du bioplastique produite coloré en jaune, bleue et rouge a pris environ 15 min pour qu'il soit à l'état d'un gel semi-solide, 1-2 jours et 3-4 jours à l'air libre et couvert avec le papier cellophane, respectivement, pour qu'il soit solide ou bien molle. Les unités de la matière du Bio plastique produite avaient une taille semblable à celle d'une boîte de pétrir. La matière produite était plus au moins dense et sans impuretés puisqu'aucune tache noire ou bien d'autres déchets n'étaient observés sur sa surface. En ce qui concerne l'adhérence et la facilité à manipuler, la matière du Bio plastique produite a prouvé une non-adhérence à la main et une bonne flexibilité et élasticité (à l'image de la pâte à modeler *Selayme*).

Pour le reste des paramètres ; la rigidité, la Bio dégradabilité dans sol et dans l'eau de mer, de la matière du Bio plastique produite, malheureusement ont été pas réalisées faute de la crise sanitaire de la pandémie *covid19*, et par conséquent aucun résultat ni discussion de ces paramètres ne trouvent place dans le présent manuscrit.



(a)



(b)

Figure 5.2 : (a) matériels d'extraction, (b) extraction de l'amidon



(a)



(b)

Figure 5.3 : (a) matériels de production, (b) unités de Bio plastique produites

5.3 Discussion

Dans des situations normales, libérés des contraintes de la pandémie COVID-19 qui ont grandement limité l'accès à la poursuite des expériences de laboratoire et des outils et procédures nécessaires connexes, d'autres études portant caractérisation doivent être entreprises dans le but de la valorisation de l'impact du ce projet sur l'environnement, les quantités de déchets ménagers et les prélèvements. On espère qu'un tel projet contribuerait grandement à minimiser l'impact des déchets sur l'environnement, y compris la contamination des eaux souterraines. Cela s'ajoute à la contribution à l'économie locale de Saida et à la création d'une industrie alternative basée sur le recyclage des déchets biologiques et l'ouverture d'opportunités d'emploi aux jeunes.

Apparemment, l'élaboration des bioplastiques n'utilise pas une grande quantité de réactifs dangereux et nocifs pour l'environnement contrairement au plastique traditionnel. Si une utilisation d'acide fort est constatée, comme pour le cas des films à base d'amidon, celui-ci est en infime quantité (de l'ordre de 0.1M), et elle est de nature faible (acide acétique ou formique). En plus, la dissolution de l'amidon requiert une quantité d'eau plus au moins acceptable. Le grand avantage lié à cela c'est qu'avec la petite quantité d'eau, un si peu de réactifs et un si peu de matières premières, nous pouvons produire plusieurs quantités de bioplastiques.

En ajout à cela, ce type de bioplastique est plus facile à mettre en œuvre que ceux à base d'amidon. Ils n'utilisent également que peu d'énergie et peu d'équipements, le séchage des membranes peut se faire à l'air libre sans l'utilisation d'une étuve. Il est clair que dans notre pays, les cultures de pomme de terre sont plus en expansion. En effet, l'Algérie produit jusqu'à 500.000 tonnes de pommes de terre par ans (DSA, 2018), cependant les cultures de pomme de terre et de maïs nécessitent plusieurs espaces, un énorme apport d'eau et une grande quantité d'engrais chimiques.

Conclusion

En guise de conclusion, le présent document a décrit les différents procédés envisagés pour extraire l'amidon présent dans la pomme de terre et les féculés de pomme de terre en vue de les transformer en bioplastique. Les objectifs de ce travail sont la valorisation de cette quantité de la production pomme de terre par la fabrication des bioplastique qui va résoudre les problèmes posées par les petro plastiques (problèmes environnementales et problèmes sanitaires).

L'amidon récupère à partir de l'extraction broyage, tamisage et puis séchage est une poudre blanche des grains fins. Selon nos résultats, la quantité d'amidon dans les tubercules pour 1000 g de féculé de pomme de terre des trois variétés est de l'ordre de 17 à 19 pourcent de la matière sèche, on remarque aussi que les tubercules ont de peau blanche sont plus riche que celle de la peau rouge.

Nos résultats montrent que l'amidon et en présence de plastifiant (glycérolé) a une température de 80 à 90° c va donner une matière transparent opaque souple ou rigide selon la température de séchage a l'étuve le rendement en bioplastique pour les trois variétés sont le même pour les trois.

En fin on peut conclure que, malgré ses applications positives dans divers domaines, les matières plastiques peuvent poser des sérieux problèmes vis-à-vis de l'environnement et de la santé. En effet, la contenance des adjuvants et des monomères¹, en quantité plus au moins grandes, dans les polymères présente le risque de réactions chimiques nocives pendant la fabrication et l'usage de ces matières. Pendant la décomposition à haute température, ces matières génèrent des émissions de gaz, des solvants, des poussières et des rejets atmosphériques considérables.

La toxicité de ces matières sur la santé du personnel de l'industrie de plasturgie lors de l'introduction des différents additifs, est très importante en provoquant de graves maladies :

les vertiges somnolents, pertes de connaissance, des atteintes du foie, des cancers (poumon, cerveau), etc.

Face à ses risques irréversibles, il devient nécessaire voire même indispensable de remplacer cette matière d'origine chimique par d'autre matière d'origine végétale, afin de protéger l'environnement et la santé humaine d'une part et la valorisation de déchets issu des plantes comme notre la pomme de terre d'autre part.

Enfin on peut tirer les recommandations :

- Vue l'importance de ce travail soit sur plan environnementale soit sur plan sanitaire et même sur plan industriel, et vue l'absence des structures spécialisées dans le contrôle, l'analyse et l'agrégation de ces produits obtenus dans notre travail, il est indispensable de poursuivre cet travail par des autres études plus approfondies ;
- Vue l'importance de l'amidon qui entre dans plusieurs secteurs industriels : Cosmétique, médicamenteuse, textile et la fabrication des bioplastiques, il est nécessaire de poursuivre des études plus approfondies sur l'extraction de l'amidon à partir des produits déclassés telle que la pomme de terre ;
- L'encouragement des études dans la fabrication de bioplastiques

Références Bibliographiques

AGENCE Nationale de développement de l'Investissement (ANDI) 2013 Donnée statistiques Alger.

Alberta Auraújo M., Cunha Antonio M., Mota M., (2004). Enzymatic degradation of starch thermoplastic compounds used in prostheses : identification of the degradation products in solution, *Biomaterials*, vol. 25, , p. 2687-2693

Alberta Auraújo, M., Cunha Antonio, M., Mota, M. (2004). Enzymatic degradation of starch thermoplastic compounds used in prostheses: identification of the degradation products in solution, *Biomateriels*, Agarwal vol. 25, p 2687-2693.

Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine pollution bulletin*, 62(8), p1596-1605.

Bamouh, H. 1999 - Technique de production de la pomme de terre, bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTA, N° 58.

BEGGAS Y. (1992). Contribution à l'étude bioécologique des peuplements orthopterologiques dans la région d'El oued régime alimentaire d'Ochilidia tibilis, thèse ingénieur. Institut national d'agronomie. El Harrach, Alger p 53.

BELAID .D, (1988). Eléments de phytotechnie général

BENSLIMANE .N .(2014) ,Contribution à l'élaboration d'un plan de contrôle des emballage plastique en contact avec les denrées alimentaire , thèse de master département biologie Université de BOUBAKR

Bekaid Tlemcen , p35-44.

BOUFARES .K. (2012). Comportement de trois variétés de pomme de terre (Spunta Désirée et Chubaek) entre deux milieux de culture substrat et hydroponique, thèse pour l'obtention du diplôme de magister en agronomie option amélioration de la production végétale et biodiversité université Abou Bekr Belkaid Tlemcen., p 108.

Boumlik, H. (1995). Systématique des spermaphytes. Edition Office des Publications Universitaire. Ben Aknoun.(Alger), p80.

BRAHMI K. (2005). Place des insectes dans le régime alimentaire des mammifères dans la montagne de Bouzeguène (Grande Kabylie). Thèse magister, Institute national d'agronomie El -Harrach -Alger. p300.

Calmon-Decriaud, A., Bellon V., Silvestre F. (1998). *Standard Methods for Testing Aerobic Biodegradation of Polymeric Materials*. Review and Perspectives, *Advances in Polymer Science*, vol. 135, p208-226.

Camire, M. E., Kubow, S., & Donnelly, D. J. (2009). Potatoes and human health. *Critical reviews in food science and nutrition*, 49(10), p823-840.

CHABANE F. (2009). *Contribution à la modélisation de transfert de chaleur lors du remplissage d'un moule* (Doctoral dissertation, Université de Batna 2).

CHARLES .A et al. (2010). *Biochimie alimentaire* 6e édition Paris France

CHAUMETON .H, Chaumeton H et al . (2006). *La culture de pomme de terre*, 93.

DAJOZ R. (1971). *Précis d'écologie*. Ed. Bordas. Paris, p434.

DALE, M. F. B., Griffiths, D. W., & Todd, D. T. (2003). *Effects of genotype, environment, and postharvest storage on the total ascorbate content of potato (*Solanum tuberosum*) tubers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(1), p244-248.*

DARPOUX R. (1997). *Les plantes sarclées Paris*, maison rustiques, p399.

DAVIDOVIC .A. (2006). *Matériaux biodégradable à base d'amidon expansé renforcé de fibres naturelles application a naturelles application à l'emballage alimentaire* Thèse Doctorat s p é c i a l i t é physicochimie des polymères, université du Sud Toulon var France, p201.

DIGAT .B, et GARDAN.L. (1987). *Caractérisation, variabilité et sélection des souches bénéfiques de *Pseudomonas fluorescens* et *P. putida* 1. *EPPO Bulletin*, 17(4), p559-568.*

Direction de commerce de la wilaya de Saida. (2015). *Données statistiques*.

Direction de la santé et la population de la wilaya de Saida (2015). *Bilan des activités du registre cancer de l'année 2015*.

Direction des services agricole de la wilaya de Saida (2015) *Rapport annuel sur la production de la pomme de terre à la wilaya*

DORBANE, N. (2004). *Gestion des déchets solides urbains dans le cadre du développement durable cas de la ville Tizi Ouzou* (Doctoral dissertation, Université de Tizi Ouzou-Mouloud Mammeri).

Ducharme, A. (2013). *Augmentation de la résistance à la gale commune de cultivars de pomme de terre par l'habituation et la sélection de cellules somatiques* (Doctoral dissertation, Université de Sherbrooke).

DUPART. F & Guignard, J. L. (2015). *Botanique: les familles de plantes*. Elsevier Masson.

Entreprise publique de gestion et contrôle et l'enfouissement technique de la wilaya de Saida.(2015). *bilan d'activité*.

FAOS .(2011). Meeting of the Enlarged Executive Committee of Silva Mediterranea. *Forêt méditerranéenne*.

FAOSTAT. (2008). Food and agriculture organisation of the United Nations. *Retrieved on, 15*.

FAOSTAT. 2007.

FAURIE C et al. (1980). Ecologie approche scientifique et pratique. Ed. Lavoisier, Paris, p43- 46
France, p299.

Heddar, D. E. (2014). Etude et conception à l'aide de l'outil CAO d'un moule à injection de matière plastique (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider Biskra).

HENRY, W. J. (2013). Biochimie général 78 (6), p193.

HOUIDI, H. et AHMADI. I. (2007). Contribution a l'étude de l'effet de la fertilisation azoté-potassique sur la pomme de terre (*Solanum tuberosum* La variété condor) dans la région de Saida, Thèse pour l'obtention diplôme ingénierie production végétale université de Ouargla.

IBRAHIM.A. (1997). Etude bioécologique de la teigne de la pomme de terre et moyens de lutte, Thèse ingénieur, Université de Cheikh Antar Diop -Dakar. NDIAYE, M. Etude bio-écologique de la teigne de la pomme. de terre, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera, Gelechiidae) et moyens de lutte.

Incidence sur la germination et répercussion sur le comportement des plantes. ,

Institut National de protection des végétaux, (2013). El-Harrach Alger

Institut Technique de développement de l'agriculture Saharienne, (1993). Fiches techniques des Cultures.

Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles (2010). Fiche techniques valorisée de s cultures maraichères et industrielles; la culture la pomme de terre Staoueli Alger, 10.

JBILOU, F., JOLY, C., Galland, S., Belard, L., Desjardin, V., Bayard, R., ... & Degraeve, P. (2013). Biodegradation study of plasticised corn flour/poly (butylene succinate-co-butylene adipate) blends. *Polymer testing*, 32(8), p1565-1575.

JORF n 0189 du 18 aout 2015 France, 14263.

KACHOU, T. (2006). Contribution à l'étude de la situation de l'arboriculture fruitière dans la région de Saida, Mémoire Ingénieur. Agro. ITAS. Ouargla, p95.

KARA, S. (2010). Préparation des copolymères hydrosolubles à base d'amidon, Modification et contrôle des propriétés. Thèse magister en chimie, université Abou Baker BELKAID, Tlemcen.

Kerlan, C., Robert, Y., Perennec, P., & Guillery, E. (1987). Mise au point sur l'incidence du virus Y o et méthodes de lutte mises en oeuvre en France pour la production de semences de pommes de terre. *Potato research*, 30(4), p651-667.

Koelling, K. W., Agarwal, M. & Chalmers, J. J. (1998). Characterization of the degradation of polylactic acid polymer in a solid substrate environment. *Biotechnology progress*, 14(3), p517-526.

Kolasa, K. M. (1993). The potato and human nutrition. *American Potato Journal*, 70(5), p375-384.

LAURENT, G. 2013 Etude sur la performance Environnementale comparativement aux plastiques pétrochimiques, Université de Sherbrooke Canada

LEMENT J.M. (1981). Larousse agricole. Ed. Montparnasse, Paris, p1207.

MADRP 2015 Données statistique sur la culture de pomme de terre

MEZAACHE, S. (2012). *Localisation des déterminants de la suppression de quelques souches de pseudomonas isolées de la rhizosphère de la pomme de terre* (Doctoral dissertation, Université de Sétif 1-Ferhat Abbas).

MOSBAHI M. et NAAM A. (1995). *Contribution à l'étude de la faune de la palmeraie de Saida*. Mémoire Ing. Agro. ITAS. Ouargla, p153.

MÜNSTER, J. (1949). *Détermination de la force germinative du tubercule de pomme de terre: Contribution à l'étude de l'influence de l'altitude du lieu de production sur la force germinative* (Doctoral dissertation, ETH Zurich).

NADJAH, A. (1971). Les Oasis du Souf. *Maison de livre, Algérie*, p 174.

Office National de météo 2014 données statistique

Office national de statistique 2013 Rapport d'activité Alger

OUCIF ALOUANE, A. (2016). Valorisation des déchets de la pomme de terre par la fabrication de bioplastique dans la région de Souf.

PERENNEC, P. et MADEC, P. (1980). Age physiologique du plant de pomme de terre

PNUE 2014 Programmes des Notions Unies pour l'environnement

REUST, W. et ESCHER .F. (1979) Formation du rendement et de l'amidon en relation avec les stades phénologique et évolution du PH dans les tubercules de pomme de terre pendant la croissance , Station fédérale de recherche agronomique de Changins SUISSE .

RICHARD, L. (2012). Bioplastique biodégradable, compostable et bio sources pour l'emballage alimentaire , université de SHERBROOKE Canada.

Rousselle P., Robert Y., Grossuer J., 1995- La pomme de terre

ROUSSELLE, P. et al. (1996) la pomme de terre INRA Paris 1ere édition. p528.

ROZIER-VINOT, C. (1972). L'influence de la taille du tubercule de semence sur le

métabolisme de la plantes qu'en est issu, Laboratoire de physiologie végétale de l'université I de GRENOBLE - France.

SAWADA, H. (1994). Field testing of biodegradable plastics In : Doi Y. & Fukuda K. *Biodegradable Plastics and polymers*. Elsevier Science. p 298-312.

SILVA, G. H., Chase, R. W., Hammerschmidt, R., & Cash, J. N. (1991). After-cooking darkening of Spartan Pearl potatoes as influenced by location, phenolic acids, and citric acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39(5), p871-873.

SOLTENER .D. (2008). *Les grandes productions végétales collection scientifique des technologie agricoles 20 eme édition*. p472.

Subdivision de l'agriculture Saïda. (2015) données statistiques

THOMAS N et al. (2007). Pomme de terre /Guide pratique de la culture des pommes de terres, Programme national de développement des racines et tubercules, Ministère de l'agriculture et de développement rural République du Cameroun

Variété de pomme de terre " DIAMANT". Thèse d'Ingénieur agronome, I.N.A. Alger. p 83.

VOISIN P. (2004). Le de Saida, Ed. El-Walide El-Oued Alger, p190.

WERTZ Jean-Luc (2011). L'amidon et le PLA : deux bio polymères sur le marché.

WÜNSCH, J. A. (2004). Intégration des contraintes du marché dans la conduite des cultures: effets de la différenciation des produits sur la conduite de la culture de pomme de terre de conservation dans les exploitations agricoles de Picardie (Doctoral dissertation).

YAHIA-M. (1992). Aptitude à la micro tubérisation et à la collogénese "inVitro" de la

YATTARA, A. A. A. (2013). *Etude des relations pucerons-virus en pomme de terre et perspectives de stratégies alternatives de lutte* (Doctoral dissertation, Université de Liège, Gembloux, Belgique).

Annexes 1 : Matériel pour l'extraction de l'amidon



Annexe 2 : Extraction de l'amidon



Annexe 3: Matériel pour fabrication des bioplastique



Annexe 4: Matériel pour fabrication des bioplastique



Annexe 5: Fabrication des bioplastique



Annexe 6: Poudre de l'amidon après extraction



Annexe 7: Décharge Publique du centre d'enfouissement technique des déchets (CET)
wilaya de Saïda



Annexe 8: bioplastique obtenu après préparation

