

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

Université M'Hamed Bougara de Boumerdès



Faculté des Sciences

Département de Biologie

Mémoire de fin d'études présenté pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Écologie et Environnement

Spécialité : Biodiversité et Environnement.

Thème

**Contribution à la connaissance de la flore remédiatrice
avec élaboration d'une base de données**

Présenté par :

Mme ADJROUD Sara

Mme CHAKIR Hafsa

Devant le jury composé de :

Mr LATRACHE K.	MCB	UMBB.	Président
Mr AMGHAR F.	Professeur	UMBB.	Promoteur
Mr HARITI M.	MAA	UMBB.	Examineur

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements

On remercie tout d'abord Allah, le tout puissant, qui nous a guidé dans le bon chemin car sans son aide et sa bienveillance, rien de cela n'aurait pu être possible.

Nous tenons également à exprimer notre profonde gratitude et sincères remerciements à notre promoteur Mr AMGHAR Fateh d'avoir proposé et dirigé ce travail ; nous le remercions infiniment pour sa disponibilité, ses importantes remarques, ses orientations et ses conseils, sa patience et sa confiance tout au long de ce travail.

Nous adressons notre remerciement à tous les membres du jury, nous remercions le président du jury Mr HARITI M'hamed et l'examineur Mr LATRACHE Khaled d'avoir accepté aimablement d'évaluer notre travail, on exprime nos sincères gratitude et tous nos respects.

Nous remercions également tous les enseignants de notre département de biologie qui ont contribué à notre formation et plus spécialement aux enseignants de la spécialité Biodiversité et environnement.

Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à l'élaboration de notre mémoire de fin d'études et qui ont prodigués aide, soutien et encouragement tout au long de notre cursus supérieur.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire ...

À mes très chers parents

Farid et Nacira

Aucune expression, ne pourrait exprimer mes meilleures reconnaissances.

Vous étiez toujours une source intarissable d'amour et de sacrifice.

*J'espère réaliser en ce jour un de vos rêves, et être digne, toute ma vie
personnelle et*

Professionnelle, de votre éducation et de votre confiance.

Puisse Dieu vous protéger, vous accorder santé et longue vie.

À machère et adorable sœur

Meriem

À mes très chères tantes, mes oncles, mes cousins et cousines.

*À mes chers amis : Sara, meriem, kenza, maria, rokaia, mhamed , imad , abdou
, Alla .*

*Pour votre sincère amitié et confiance, et à qui je dois ma reconnaissance et
mon attachement.*

Hafsa

Je dédie ce modeste travail ;

A mes très chers parents : Hocine & Fouzia.

Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour vous. Vous m'avez comblé avec votre tendresse et affection tout au long de mon parcours. Vous n'avez jamais cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études. Vos conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Je vous dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester votre fierté et ne jamais vous décevoir. Que Dieu le tout puissant vous préserve, vous accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et vous protège de tout mal.

A mon très cher Mari : Tarek

Pour tout l'encouragement, le respect et l'amour que tu m'as offert, Je te dédis ce travail, qui n'aurait pas pu être achevé sans ton éternel soutien et optimisme. Tu es un modèle d'honnêteté, de loyauté et de force.

A ma future petite fille que j'aime déjà énormément.

A mes frères et sœurs : Belkacem, Mehdi, Fella, Fatima

A mes neveux : Yacine, Salim et Samia

A mes beaux-parents : OMAR et DJAMILA

A mes amies : Djihane, Hafsa, Meriem & Kenza.

A ma chère tante Mme MIMOUN Meriama

Je tiens à vous remercier pour les bons souvenirs et les bons moments, vous êtes ma deuxième famille que je n'oublierai jamais.

À tous ceux qui me sont chers.

ADJROUD Sara

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : GÉNÉRALITÉS	
I.1. Polluant	5
I.1.1. Caractéristiques des polluants	5
I.1.1.1. Les polluants organiques :	5
I.1.1.2. Les polluants inorganiques :	6
I.2. Les types de pollution	7
I.2.1. Pollution de l'eau :	7
I.2.2. Pollution de l'air :	7
I.2.3. Pollution de sol :	7
I.3. Les principales sources de pollution	8
I.3.3. Origine naturelle	8
I.3.2. Origine anthropique	8
I.3.2.1. Les rejets industriels	8
I.3.2.2. Les rejets agricoles	8
I.3.2.3. Les retombées atmosphériques	8
I.3.2.4. Les rejets urbains	9
I.4. Entrée et circulation du polluant dans la plante	10
I.4.1. Organes d'entrée du polluant dans la plante :	10
I.4.1.1. Les racines :	10
I.4.1.2. Les feuilles :	10
I.4.2. La circulation du polluant au sein de la plante	10
I.4.2.1. La sève brute :	10
I.4.2.2. La sève élaborée :	11
I.5. Les méthodes de traitement	12
1.6. Les méthodes de traitement biologiques	13
1.6.1. Bioremédiation	13
1.6.2.4. Les techniques de la phytoremédiation	15
Biosorption :	16
Phyto-extraction, phyto-accumulation :	16
Phyto-dégradation, phyto-stabilisation :	17

CHAPITRE II Matériel et méthodes

II. 1. Les systèmes et moteurs de recherche utilisée.....	20
II.1.1. Google Scholar	21
II.1.2. SNDL.....	22
II.2. Sélection des articles scientifiques.....	24
II.2.1. Le choix des espèces	24
II.3. Création d'une base de données.....	25
II.3.1.2. Caractérisation biologique des plantes remédiatrices de la présente étude.....	27
.....	28
II.3.1.3. Caractérisation phytochorique des espèces remédiatrices de la présente étude(Tab II.11)	28
II.3.1.4. Écologie des plantes (Tab. II.12).	29
II.3.2. Les mécanismes de remédiation adoptée par nos plantes (Tab III. 4).....	30

CHAPITRE III Résultats et discussions

III.1. Répartition des articles consultés par continents :	32
III.2. Le pourcentage des espèces dans chaque famille.....	32
III.2. Spectre biologique brut de la flore remédiatrice	33
III.3. Les techniques de la phytoremédiation adoptées par les familles :	34
III.4. Les plantes dépolluant les sols :.....	40
III.5. Les plantes dépolluant les eaux : (Phytoépuration) :.....	40
Bibliographie.....	35

Liste des figures

Figure I.1 : Schéma synthétisant les flux potentiels de polluants au sein de la plante et dans son environnement, ainsi que les flux de sèves brute et élaborée	11
Figure I.2 :Schéma du fonctionnement de la phytoextraction.....	17
Figure I.3 :Schéma du fonctionnement de la phyto-dégradation	18
Figure I.4 :Schéma du fonctionnement de la phyto-stabilisation.....	19
Figure II.1 :Le moteur de recherche Google Scholar.....	21
Figure II.2 :Résultats des recherches Google Scholar.....	22
Figure II.3 :Le système national de documentation en ligne	22
Figure II.4 :Les différentes bases de données que renferme le moteur SNDL	23
Figure II.5 :Logos des deux bases de données consultées	23
Figure II.6 :Résultats des recherches SNDL	25
Figure II.7 :logiciel Excel de Microsoft	26
Figure II.8 : Le site des flores Tela Botanica	27
Figure II.9 :Le site de la flore de l'Amérique du nord	28
Figure II.10 :les types biologiques selon Loiseau in Ozenda 1982.....	29
Figure II.11 :Le type phytogéographique de chaque espèce	29
Figure II.12 :écologie des plantes.....	30
Figure III.1 : Pourcentage du nombre d'articles par continents.....	32
Figure III.2 :Histogramme du nombre d'espèces en pourcentage (%) dans chaque famille	33
Figure III.3 : Résultats des types biologiques des espèces phytoremediatrices	34

Liste des tableaux

Tableau III. 1 : Les mécanismes adoptée par chaque famille	39
--	----

A graphic of a scroll with a black outline and a light gray shadow. The scroll is unrolled in the middle, and the word "INTRODUCTION" is written in a bold, black, serif font across the center. The scroll has a vertical strip on the left side and a small circular detail on the right side.

INTRODUCTION

Introduction

La pollution de l'environnement est devenue actuellement un problème préoccupation, ce problème est le centre de toutes les discussions dans le monde à cause de son impact sur le bien-être des populations. C'est ainsi que plusieurs sommets et conférences sont organisées dans le but de trouver des solutions adéquates.

L'évolution humaine a conduit à d'immenses progrès scientifiques et technologiques. Le développement mondial soulève cependant de nouveaux défis, notamment dans le domaine de la protection et de la conservation de l'environnement, pour cela Il existe Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour dépolluer un site et lutter contre l'action néfaste de ces polluants sur notre environnement. Parmi celles-ci une méthode a attiré notre attention, il s'agit de la phytoremédiation, Elle est régulièrement évoqué dans le milieu scientifique comme étant une solution à l'avenir prometteur(**Godden, 2009**).

La nature fournit plusieurs services essentiels que l'on appelle des services écosystémiques. Les activités humaines peuvent mettre en péril certains de ces services. Les plantes fournissent plusieurs de ces services, et nous pouvons optimiser la délivrance de certains d'entre eux en cultivant les plantes appropriées dans les milieux appropriés. Elles sont des membres essentiels des communautés terrestres car elles fournissent l'énergie et la plupart des éléments qui traversent les réseaux trophiques. Ainsi, la phytoremédiation est un moyen de préserver ou de rétablir certains de ces services(**Daily, G. C et al, 1997**).

Les plantes dépolluantes absorbent également certains autres éléments par leurs feuilles et leurs racines. Elles peuvent stocker ces éléments dans leurs tissus.

Actuellement, les principales techniques utilisées dans le secteur de la restauration des sites contaminés sont physiques, chimiques ou thermiques. La phytoremédiation est une technologie nouvelle qui exploite le potentiel des végétaux et de leurs micro-biotes associés pour extraire, stabiliser ou volatiliser les polluants contenus dans les zones contaminées(**B. Godden. 2009**).

L'objectif de ce mémoire est d'évaluer, à travers une recherche bibliographique et des entretiens, les potentialités de la phytoremédiation pour la dépollution des environnements contaminés. En particulier, nous définirons la flore fréquemment utilisée pour éliminer les polluants de tous types de notre environnement.

Introduction

Les divers types de contamination environnementale ainsi que les sous-techniques de la phytoremédiation avec élaboration d'une base de données photothèque qui contient les caractéristiques de cette flore.

Le présent document s'articule autour de trois chapitres, décrits comme suit :

- Un premier chapitre consacré à la bibliographie posant quelques définitions et notions usuelles et scientifiques de la pollution de l'environnement, les polluants, les différents types de pollution, les mécanismes de traitements, les méthodes utilisées pour la remédiation, les techniques de la phytoremédiation
- La démarche scientifique, la méthodologie et les étapes de la création de la base de données sont présentées dans le second chapitre ainsi que les méthodes analytiques
- Les résultats et discussion seront consignés dans le chapitre trois.
- Nous terminerons par une conclusion générale et des perspectives



**CHAPITRE I:
GENERALITES**

I. La pollution

La définition la plus précise du terme de pollution a été donnée par le premier rapport du conseil sur la qualité de l'environnement de la maison blanche en 1965 intitulé pour restaurer la qualité de notre environnement (**Charbonneau, 1997**). La pollution est une contamination de l'environnement, par des molécules ou des particules, qui résultent des activités humaines. Il s'agit de l'une des trois catégories de conséquences environnementales dues aux êtres humains.

La pollution est définie comme toute altération du milieu naturel susceptible de nuire aux ressources biologique, à la faune et à la flore, ou à la santé de l'homme.

Les phénomènes de pollution dépendent de la nature du milieu, de son fonctionnement hydrodynamique, de son état de dégradation, des formes de vie dont il est le siège, des usages qui y sont pratiqués et de son environnement.

I.1. Polluant

On désigne sous ce terme toute substance naturelle ou anthropogénique que l'homme introduit dans un biotope donné dont elle était absente ou encore dont il modifie et augmente la teneur (dans l'eau, l'air, ou les sols) lorsqu'elle y est présente.

De même, agit comme polluant, toute modification d'un processus physique qui conduit à accroître les flux d'énergie ou les niveaux de radiation dans l'environnement. Enfin, par extension du terme, on considère parfois comme polluant biologique toute espèce allochtone introduit dans un écosystème éloigné de son aire d'origine (**Ramade, 2000**).

I.1.1. Caractéristiques des polluants

I.1.1.1. Les polluants organiques : Les polluants (contaminants) organiques sont des produits chimiques complexes, souvent synthétisés et dispersés dans l'environnement. Les déversements accidentels (déversement de pétrole ou de solvants), agricoles (pesticides ou fertilisants organiques), industrielles (chimique ou pétrochimique), et le traitement du bois (créosote) sont les principales activités responsables de la contamination organique des sols et de l'eau (**Smits, 2005**).

Parmi les contaminants organiques, on retrouve:

- Solvants
- Huiles
- Produits pétroliers
- Peintures
- Teintures
- Pesticides

Les composés organiques peuvent avoir une vaste gamme de toxicité, aussi variée que leurs structures chimiques. Certains sont reconnus pour leur persistance environnementale, car ils sont réfractaires à la dégradation chimique, biologique ou celle liée aux rayonnements lumineux et ils se bioaccumulent dans la chaîne alimentaire.

Les contaminants organiques ne sont pas des composants utilisés normalement par les plantes, il n'existe donc pas de transporteurs spécialisés pour leur absorption. Les composants qui ont une certaine aversion pour l'eau (hydrophobes) peuvent pénétrer la membrane cellulaire des racines (faite de lipides) par simple diffusion, en passant de la région la plus concentrée (le sol contaminé) vers la région la moins concentrée (l'intérieur de la racine). Ceux qui ont une trop forte affinité pour les lipides resteront bloqués dans la paroi cellulaire, tandis que ceux qui ont une trop grande affinité pour l'eau ne seront tout simplement pas absorbés (Smits, 2005).

Une fois dans les plantes, les composants organiques peuvent être liés à d'autres molécules (conjugaison) et entreposés ou encore dégradés (par des enzymes).

I.1.1.2. Les polluants inorganiques : Bien que les métaux existent naturellement dans la croûte terrestre, des activités anthropiques comme l'exploitation minière, les activités industrielles et militaires, les centrales thermiques, la circulation de véhicules motorisés, ainsi que l'agriculture favorisent leur dispersion dans l'environnement (Smits, 2005).

Les principaux contaminants inorganiques sont des éléments-traces métalliques ou métalloïdes qui peuvent devenir toxiques pour les plantes, comme pour plusieurs autres êtres vivants, lorsqu'en trop grande concentration dans le sol ou l'eau.

L'accumulation de composés inorganiques peut entraîner une toxicité liée à des dommages aux structures cellulaires (stress oxydatif). La toxicité peut aussi être due au fait que certains éléments non essentiels (arsenic), mais similaires aux nutriments essentiels (phosphore), peuvent remplacer ces derniers dans les tissus de la plante. Chez les humains, les éléments-traces métalliques sont associés à la neuro-toxicité et à un dysfonctionnement de divers organes. Dans les écosystèmes, ils sont reconnus pour leur bioaccumulation (mercure).

Contrairement aux polluants organiques, les éléments inorganiques sont plutôt transportés activement à l'intérieur des racines des plantes s'ils sont des nutriments, ou s'ils sont chimiquement similaires à certains nutriments. Les plantes peuvent synthétiser des macromolécules organiques (phyto-sidérophores excrétés par les herbacées pour faciliter

l'absorption du Fe, peptides servant à complexer certains éléments) ou des acides organiques (citrate, malate, histidine) pour faciliter l'absorption, le transport, l'entreposage et la tolérance des plantes à ces éléments traces métalliques. Les microorganismes de la rhizosphère peuvent aussi excréter certains composants qui facilitent l'absorption des éléments traces par les plantes(Smits, 2005).

I.2. Les types de pollution

Selon le domaine de l'environnement concerné, on peut faire la distinction entre la pollution de l'air, de l'eau ou du sol(Bliefert et Perraud et al,2001).

I.2.1. Pollution de l'eau : L'eau est un élément fondamental de la vie. Elle recouvre 72%de la surface de la terre, et représente une réserve totale de 1350 million de km³ dans la biosphère (Genin, 2003).

La pollution de l'eau décrit généralement l'introduction ou la présence des substances nocives ou inacceptables dans l'ampleur suffisante pour modifier les indices de qualité de l'eau naturelle (Nsikak, 2008).

I.2.2. Pollution de l'air : La pollution de l'air signifie la présence de substances solides, liquides ou gazeuses dans l'air en quantités pouvant causer des dangers à l'homme ou aux organismes vivants ou à l'environnement. Les risques de pollution atmosphérique sont généralement quantifiés pour la pollution ambiante par les particules, la pollution de l'air domestique et, dans une moindre mesure, l'ozone troposphérique.

La pollution atmosphérique signifie donc la présence indésirable d'impuretés ou l'élévation de la proportion de certains constituants de l'atmosphère.

I.2.3. Pollution de sol :Le sol est un milieu vivant plus complexe que l'air et l'eau, il est essentiel dans la production de la biomasse et dans le cycle des éléments. Ses caractéristiques fonctionnelles peuvent être altérés par les polluants susceptibles d'atteindre d'autres milieux, les plantes et les espèces animales. Un sol pollué est un site présentant une nuisance ou un risque pérenne pour la santé de l'homme, les ressources biologiques et les écosystèmes(Naftal, 2011).

I.3. Les principales sources de pollution

L'origine de la pollution est également à préciser. Nous parlerons de pollution d'origine organique et/ou minérale en fonction des éléments inventoriés. Il est très important de faire la différence entre l'origine naturelle de ces éléments (associés au fond géochimique), et une origine anthropique (qui impliquera la contamination et la pollution)

I.3.3. Origine naturelle : Il y a des polluants présents de façon naturellement dans l'environnement comme par exemple les métaux lourds sont majoritairement le résultat d'une altération de la roche mère de sous-sol.

Quelques sites ont de fortes concentrations en polluants d'origine naturelle. L'un des exemples les plus fameux se trouve à Oklo au Gabon, seul endroit connu où des réacteurs nucléaires naturels ont été en activité, il y a deux milliards d'années. Les éruptions volcaniques engendrent également des pollutions importantes.

I.3.4. Origine anthropique : plusieurs origines anthropiques sont décrites dans la littérature consultée, pour ce travail nous donnerons les plus répondues.

I.3.4.1. Les rejets industriels : Provenant des usines, elles sont caractérisées par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau. Tous les produits ou sous-produits de l'activité industrielle se retrouvent concentrés dans l'eau on cite : la matière organique et graisse, les sels métalliques, les produits chimiques divers et les matières radioactives (centrales nucléaires) (**Berrada, 2007**).

I.3.2.2. Les rejets agricoles : L'agriculture et l'aquaculture sont les deux secteurs qui contribuent le plus à la pollution, Elles sont responsables des rejets de nombreux polluants dans les eaux de surfaces et souterraines, dans le sol et distribuer dans l'air. Ces contaminants comprenant à la fois des sédiments provenant de l'érosion de terres agricoles, des rejets de la matière organique (des boues), d'engrais chimiques (nitrates et phosphates), des pesticides, des bactéries proviennent des fumiers et purins d'élevage (**Tuffery, 1980**).

I.3.2.3. Les retombées atmosphériques : On peut généralement distinguer deux types des retombées atmosphériques selon l'association ou non avec les précipitations (pluie

neige, grêle). Lors d'une précipitation, l'eau tombe avec des polluants captés dans l'atmosphère, ces derniers peuvent être transportés par les aérosols sur de longues distances avant de se déposer sur les sols.

Les retombées atmosphériques sèches constituent les particules qui se déposent sur les surfaces bâties, la végétation, les sols et les eaux de surface par des processus qui ne dépendent pas des précipitations mais des vents, des phénomènes de convection thermique, ou de la gravité.

C'est le cas de l'industrie extractive et métallique, pratique liées à l'incinération, utilisation des énergies fossiles, essence ou plombe, la combustion de biomasse résidentielle et commerciale, la poussière minérale soufflée par le vent, la combustion de charbon pour la production d'énergie, les émissions industrielles la combustion de déchets, les véhicules de transport et les générateurs diesel....etc.

I.3.2.4. Les rejets urbains : La croissance rapide de l'urbanisation associée à une forte augmentation de la population mondiale vivant dans les zones urbaines se traduit depuis plusieurs décennies par une croissance des surfaces imperméables en ville. D'après Bertrand-Krajewski (2006), les rejets urbains peuvent être séparés en 7 familles :

- Les solides flottants (pollution visuelle) ;
- Les MES ;
- Les matières oxydables (matières organiques) ;
- Les nutriments (azote, phosphore) ;
- Les micros polluants minéraux (ETM) ;
- Les micros polluants organiques (hydrocarbures, composés aromatiques, PCB, pesticides, médicaments...).
- Les micro-organismes (pollution bactériologique).

La charge en polluants des eaux de ruissellement urbaines provient d'une part de l'atmosphère et d'autre part du lessivage des surfaces imperméables urbaines (chaussées, toits, trottoirs, parkings etc....) qui sont contaminées par la pollution atmosphérique et par la pollution liée aux activités humaines (industries, circulation routière etc.)

I.4. Entrée et circulation du polluant dans la plante (FigI.1)

I.4.1. Organes d'entrée du polluant dans la plante : Les organes dont la surface est en contact avec la solution du sol et l'atmosphère seront les voies d'entrée prépondérantes du polluant au sein du végétal.

I.4.1.1. Les racines : Les racines permettent l'absorption de l'eau et des sels minéraux présents dans le sol et indispensables à la croissance de la plante. L'eau et les solutés se déplacent librement du sol vers l'intérieur des racines en empruntant les nombreux pores entre les cellules. Pour que les molécules rejoignent les vaisseaux de circulation de la sève brute (xylème), elles doivent traverser une membrane, l'endoderme ou cadre de Caspary, constituée des cellules cireuses, en s'insinuant dans les espaces interstitiels (symplastes). Seuls les composés hydrophiles pourront transiter par le symplaste, alors que les composés lipophiles s'accumuleront au niveau du cadre de Caspary. Ainsi les polluants contenus dans l'eau du sol suivent passivement l'eau par convection jusqu'au Xylème à condition qu'ils ne soient pas adsorbés par le cadre de Caspary.

I.4.1.2. Les feuilles : Les feuilles jouent un rôle d'interface majeur entre l'atmosphère et la plante. Elles sont recouvertes d'une fine couche protectrice appelée cuticule (dont la fonction primaire est de limiter les pertes d'eau mais aussi l'infection par les agents pathogènes). Par ailleurs, en plus de la cuticule, des ouvertures microscopiques, appelées stomates, ont un caractère fortement hydrophile et assurent la régulation du courant de transpiration au travers de la plante.

Deux voies de passage se présentent donc au niveau de la feuille :

- Les stomates : pour les polluants hydrophiles.
- La cuticule pour les polluants lipophiles.

I.4.2. La circulation du polluant au sein de la plante

I.4.2.1. La sève brute : La sève brute contient majoritairement l'eau du sol ainsi que les sels minéraux nécessaires à la photosynthèse. Elle circule dans le xylème, depuis les racines jusqu'aux feuilles, où se produit la photosynthèse. Les polluants solubles à l'eau suivront, par convection, ce flux et pourront atteindre la feuille.

I.4.2.2. La sève élaborée : Les vaisseaux de phloème, dans lesquels circule la sève élaborée, relient les feuilles à tous les organes de la plante pour assurer leur entretien et leur croissance, les polluants organiques du phloème sont préférentiellement transportés par diffusion entre les différents organes, et non par convection.

En définitive, les deux voies principales pour la pénétration d'un polluant dans la plante sont les racines et les feuilles. Selon les caractéristiques physico-chimiques de la substance, l'une ou l'autre voie sera prépondérante.

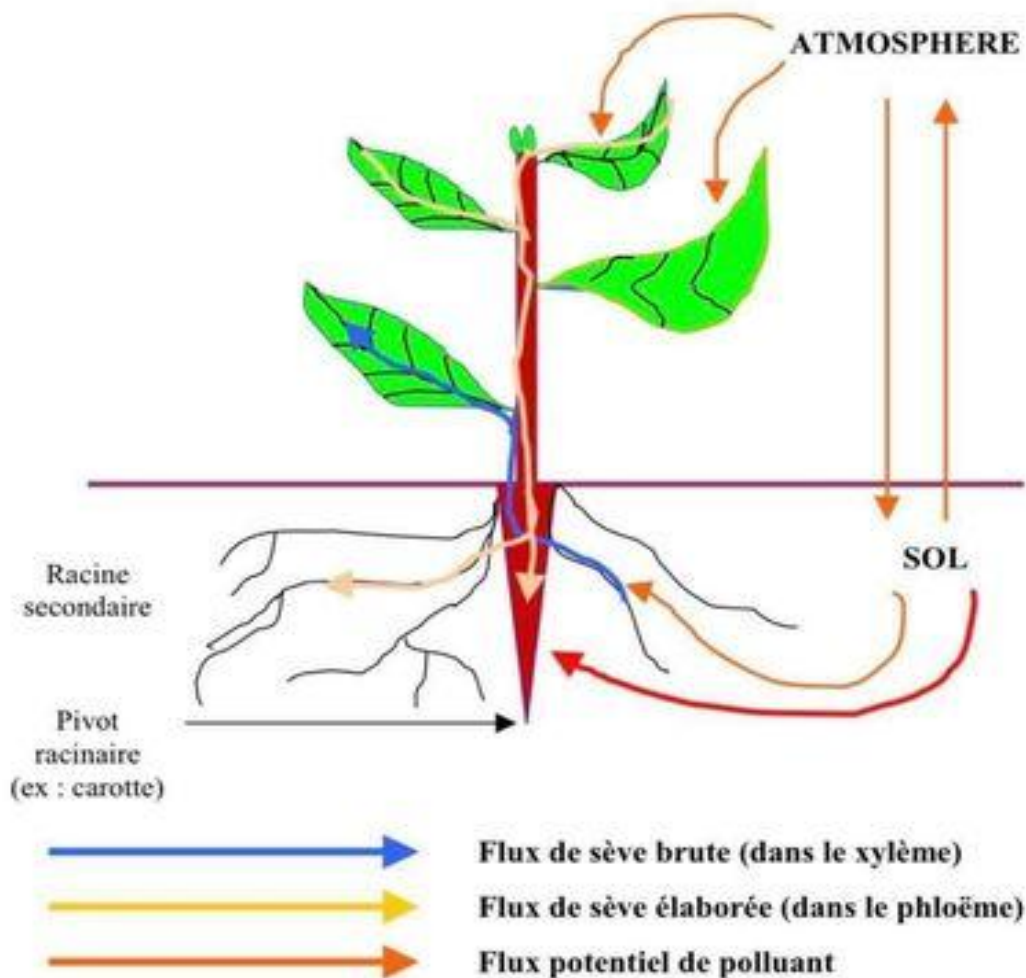


Figure I.1 : Schéma synthétisant les flux potentiels de polluants au sein de la plante et dans son environnement, ainsi que les flux de sèves brute et élaborée

I.5. Les méthodes de traitement

On peut classer les méthodes de traitement en fonction de leur principe de fonctionnement physico-chimique, thermique ou biologique :

1.5.1. Traitement Physico-chimiques : Séparation électrocinétique, fracturation, lessivage des sols, extraction vapeur, réduction/ oxydation chimique, solidification/stabilisation, extraction chimique.

- La majorité de ces projets nécessitent une excavation et un traitement ex situ, quoique certains traitements comme l'oxydation chimique (ozone, peroxyde d'hydrogène, permanganate et persulfate de sodium ou potassium), puissent être faits in situ pour minimiser les coûts et le transport.

- Dans l'ensemble, ces techniques ont un coût modéré à élever et elles sont rapides (par exemple 90% d'efficacité de traitement en moins d'un an (**Chevrier, 2013**))

1.5.2. Traitement Thermiques

- Résistance électrique, injection de vapeur, vitrification, incinération, pyrolyse, désorption thermique, décontamination des gaz chauds.

- Ces méthodes servent à détruire, isoler ou rendre les contaminants inertes. Elles ont un coût élevé à très élevé en raison des coûts liés à l'énergie, mais ces méthodes peuvent être très rapide. (**Chevrier, 2013**)

1.5.3. Traitements biologiques : La nécessité de dépolluer les sites contaminés a conduit au développement de nouvelles technologies de l'environnement qui ont pour objectif de détruire les composés xénobiotiques plutôt que de les accumuler dans les décharges. La nature fournit plusieurs services essentiels que l'on appelle des services écosystémiques.⁶ Les activités humaines peuvent mettre en péril certains de ces services. Les plantes fournissent plusieurs de ces services.

- Décontamination utilisant les bactéries, champignons (mycorhizes, saprotrophes), levures, enzymes, ou plantes dans des technologies in situ (bioventilation, bioremédiation, phytoremédiation, atténuation naturelle contrôlée) ou ex situ (biopiles, compostage, bioréacteurs).

- On utilise la bioventilation pour les hydrocarbures pétroliers, les solvants non chlorés, quelques pesticides ou d'autres contaminants organiques(**Chevrier, 2013**).

- La bioremédiation, typiquement associée aux microorganismes, est parfois complémentaire à la phytoremédiation, où les plantes jouent un rôle clé. Les méthodes biologiques peuvent être complémentaires aux méthodes non-biologiques. Par exemple, la décontamination peut miser sur l'excavation des portions de terre plus contaminées et la phytoremédiation pour le polissage.

1.6. Les méthodes de traitement biologiques

1.6.1. Bioremédiation :La bioremédiation est définie comme le processus par lequel les déchets organiques sont biologiquement dégradés, c'est l'utilisation d'organismes vivants, principalement des micro-organismes, pour dégrader les contaminants environnementaux en des formes moins toxiques. Il utilise des bactéries, des champignons ou des plantes d'origine naturelle pour dégrader ou détoxifier des substances dangereuses pour la santé humaine et/ou l'environnement. Les micro-organismes peuvent être indigènes à une zone contaminée ou ils peuvent être isolés d'ailleurs et amenés sur le site contaminé.

La bioremédiation est une option qui offre la possibilité de détruire ou de rendre inoffensifs divers contaminants. En tant que tel, il utilise des techniques à faible coût et à faible technologie, qui sont généralement bien acceptées par le public (**Dakar, 2001**)

1.6.1.1. Les avantages : parmi les avantages nous pouvons citer :

- Adaptée aux sols hétérogènes
- Ne nécessite ni excavation des sols, ni transport
- Les techniques de bioremédiation sont généralement plus économiques que les méthodes traditionnelles telles que l'incinération.
- Certains polluants peuvent être traités sur place, réduisant ainsi les risques d'exposition pour le personnel de nettoyage, ou une exposition potentiellement plus large à la suite d'accidents de transport.
 - La bioremédiation étant basée sur l'atténuation naturelle, le public la considère plus acceptable que d'autres technologies.

1.6.1.2. Les inconvénients : Comme d'autres technologies, la bioremédiation a ses limites.

- Certains contaminants, tels que les hydrocarbures organiques chlorés ou hautement aromatiques, sont résistants aux attaques microbiennes. Ils se dégradent lentement ou pas du tout, il n'est donc pas facile de prédire les taux de nettoyage pour un exercice de bioremédiation.
- Il n'y a pas de règles pour prédire si un contaminant peut être dégradé.

1.6.2. Phytoremédiation

Avant tout, précisons que c'est une technique assez récente et que par conséquent, le vocabulaire qui lui est associé n'est pas toujours approuvé par l'ensemble des disciplines concernées. Mais nous pouvons nous accorder sur le fait que la phytoremédiation reste un terme général qui regroupe plusieurs sous-techniques comme la rhizofiltration, la phytostabilisation, la phytodégradation, la rhizodégradation et la phytovolatilisation, Celles-ci seront détaillées plus précisément dans la suite de ce mémoire

C'est en réalité un mélange entre le grec « phyto » signifiant « plante » et le latin « remedium », signifiant « corriger un méfait »(Smits, 2005).

La phytoremédiation est considérée comme une méthode simple mais efficace pour le traitement des sites pollués qui nécessite une consommation d'énergie moindre.

La phytoremédiation est une technologie basée sur les plantes pour le nettoyage des contaminants environnementaux, y compris les métaux et la restauration *in situ* du site contaminé. La technologie a été développée vers les années 1980 et a gagné en importance et en popularité au fil des ans. C'est une technologie à faible coût car les plantes n'ont besoin que de l'énergie solaire et des ressources naturelles pour leur croissance. Cependant, la remédiation à base de plantes est un processus qui prend du temps car cela dépend du potentiel de croissance et de la production de biomasse des plantes ainsi que de la tolérance des plantes et de la forte accumulation de métaux (Vanobberghen *et al*, 2011).

C'est donc un ensemble de techniques *in situ* (pouvant être implantées directement sur le site contaminé) misant sur les plantes pour extraire, dégrader ou immobiliser les contaminants dans les sols, les sédiments, les boues ainsi que dans l'eau de surface ou souterraine et dans l'air (Vanobberghen *et al*, 2011).

1.6.2.1. Principe de la technique

- La dépollution des sites pollués par les plantes peut se faire aussi bien sur de petites surfaces que sur des grandes
- La durée de dépollution est fonction de la croissance des plantes. Elle peut varier entre 2 ans (pour les sols peu pollués) à 10 ans (pour les métaux lourds).
- Un certain nombre de végétaux, algues ou champignons sont utilisés comme dépolluants, qui Ils peuvent également les métaboliser et favoriser ainsi leur détoxification et leur élimination. (on emploie des plantes capables de se développe dans des sites fortement pollués, là où les autres n'aurait aucune chance de survie.

1.6.2.2. Les avantages

- Joue un rôle important dans le système de traitement des eaux usées, avec des stratégies telles que les zones humides artificielles.
- C'est une méthode conforme à de vastes surfaces (sites industriels ou miniers...)
- Dépolluer et gérer le risque de contamination du sol
- C'est une démarche profitable : dans de nombreux cas, l'ensemble de la matière organique produit sur des sites pollués peut être exploité (pour donner de l'énergie...)
- C'est un moyen de préserver ou de rétablir certains de ces services pour les plantes : Photosynthèse, Séquestration de carbone, Production de biomasse Production de matières organiques, Régulation du cycle de l'eau, Amélioration de la qualité de l'eau, Réduction de la pollution aérienne et sonore, Mitigation des îlots de chaleur urbains, Fourniture de nourriture et d'habitats pour la biodiversité , Rôle dans la production, la stabilisation et l'extraction des nutriments, Protection des sols, Valeur esthétique (*Société québécoise de phytotechnologie, 2016*).

1.6.2.3. Les inconvénients

- La phytoremédiation est un mécanisme long (peut prendre plusieurs années).
- Les plantes employées doivent être adaptées à la température de la zone géographique.
- Le risque pour l'homme et les écosystèmes face à une contamination et/ou une pollution.

1.2.6.4. Les techniques de la phytoremédiation : Dans la section qui suit, nous décrirons les diverses techniques de phytoremédiation, qui sont basées sur différents principes

d'action (extraction, stabilisation, dégradation, biosorption ou accumulation)(**Conesa, 2012**).

- **Biosorption** : La biosorption est un processus physicochimique qui se produit naturellement dans certaines biomasses, ce qui lui permet de se concentrer passivement et de lier les contaminants sur sa structure cellulaire (Volesky, Bohumil, 1990).

La biosorption peut être définie comme la capacité des matériaux biologiques à accumuler des métaux lourds à partir des eaux usées par des voies d'absorption à médiation métabolique ou physico-chimique (**Fard et al, 2011**).

- **Phyto-extraction,phyto-accumulation** : Dans la phyto-extraction et phyto-accumulation,(Fig I.2) les plantes retirent du sol les contaminants, comme les éléments traces métalliques ETM et métalloïdes bio-disponibles, ainsi que certains types de contaminants organiques et les accumulent dans leurs parties aériennes que l'on peut par la suite récolter. C'est les méthodes de phytoremédiation les plus utilisées(**Ghosh, M, 2005**).

La phyto-extraction peut être améliorée par l'ajout de chélateurs (par exemple l'EDTA) dans le sol pour faciliter l'absorption des contaminants ou bien être plus naturelle (dépendant uniquement des capacités physiologiques ou génétiques des plantes).

Pour solubiliser les éléments-traces métalliques, les plantes peuvent acidifier la rhizosphère ou encore sécréter des ligands capables de chélater les ions métalliques (**Peer et al, 2005**).

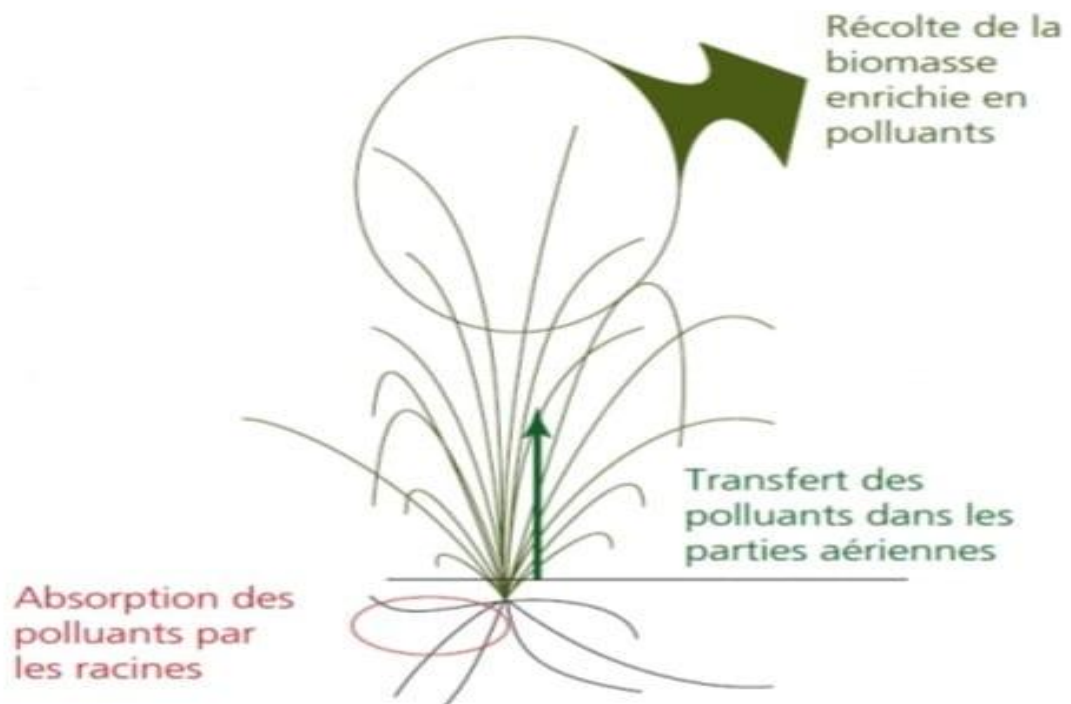


Figure I.2 : Schéma du fonctionnement de la phyto-extraction

- **Phyto-dégradation, phyto-stabilisation :** Dans la phyto-dégradation (Fig. I.3), aussi appelée phyto-transformation, les plantes absorbent et dégradent les polluants organiques dans leurs tissus ou sécrètent des enzymes liées à la dégradation dans la rhizosphère (Smits, 2005).

La dégradation des composés organiques peut être complète (généralant des éléments inorganiques comme le CO₂, l'eau ou le Cl₂), mais elle peut aussi être incomplète, entraînant la formation d'intermédiaires stables (appelés métabolites) qui peuvent être entreposés dans la plante (Smits, 2005).

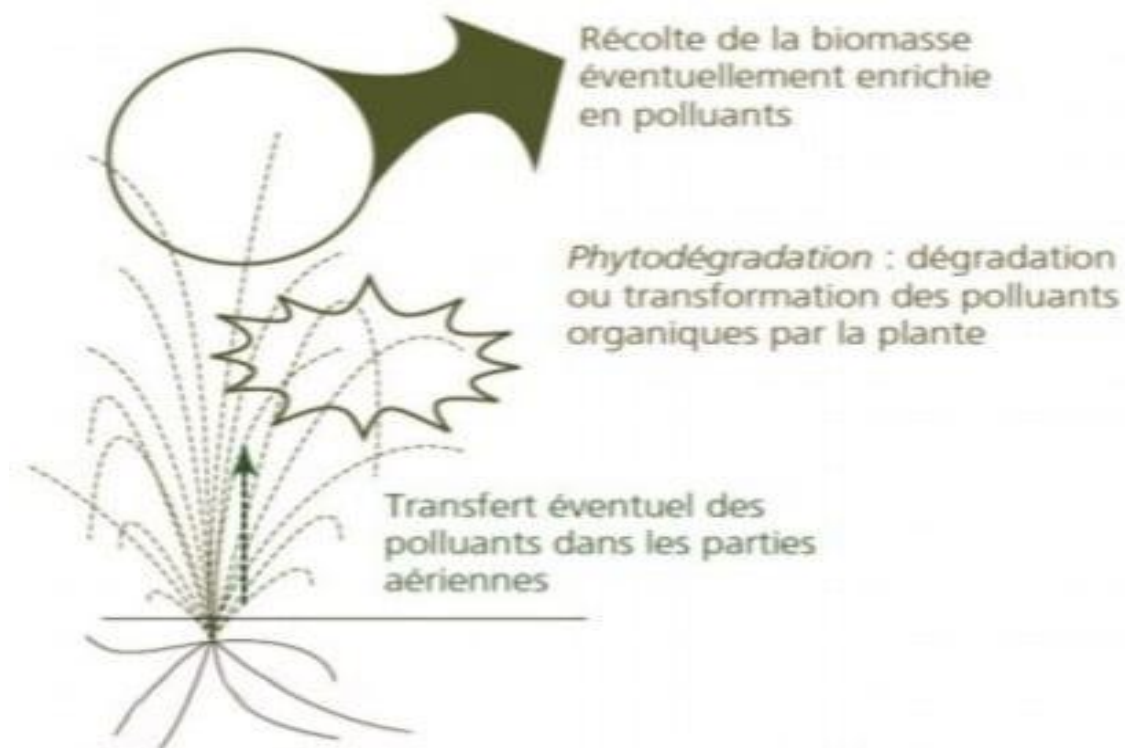


Figure I.3 : Schéma du fonctionnement de la phyto-dégradation

Dans la phyto-stabilisation (Fig. I.4), les plantes réduisent la mobilité et la biodisponibilité des contaminants dans le sol ou la rhizosphère, par immobilisation chimique (précipitation, stabilisation, absorption ou piégeage) ou prévention des mouvements latéraux ou en profondeur via l'érosion ou le lessivage. La phyto-stabilisation empêche ainsi la dispersion des contaminants dans les eaux de surface et souterraines (**Grath, 1998**).

Durant la phytos-tabilisation, il peut y avoir conversion des polluants sous des formes moins bio-disponibles, par exemple, lorsque ceux-ci précipitent dans la rhizosphère (**Smits, 2005**).

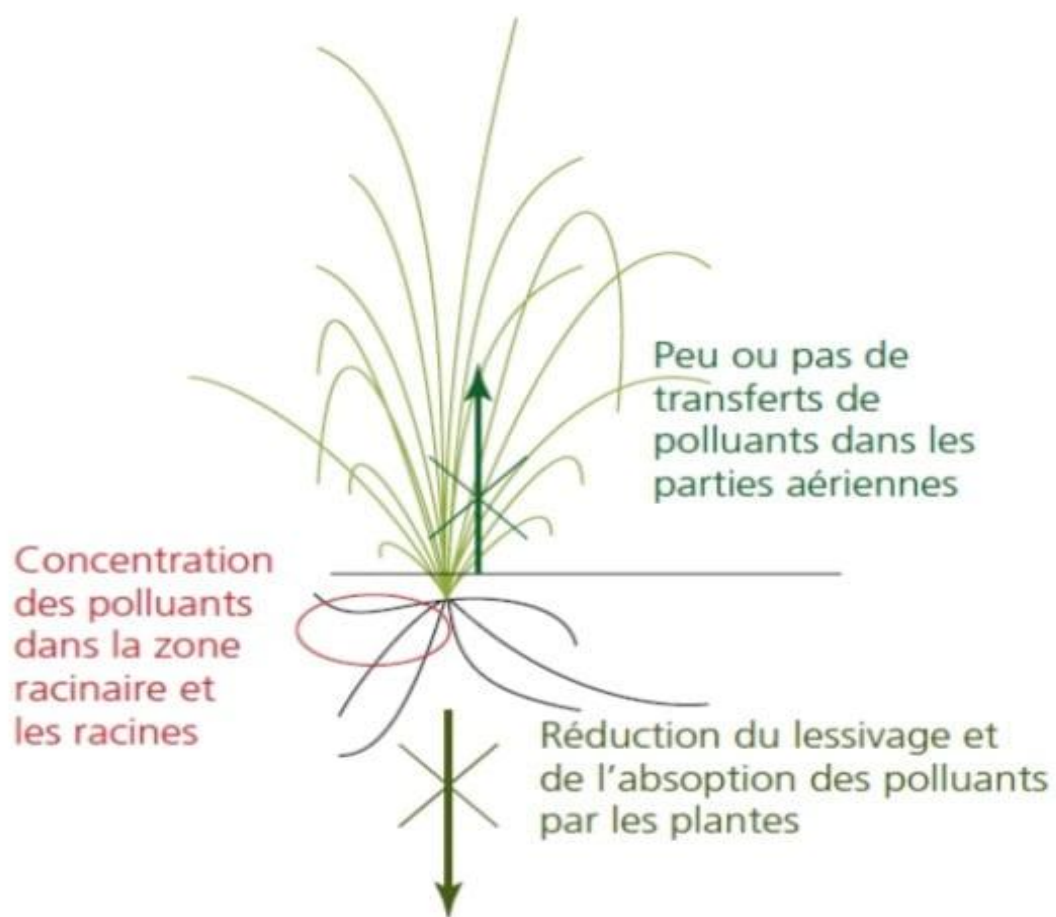


Figure I.4: Schéma du fonctionnement de la phyto-stabilisation



CHAPITRE II
MATERIEL & METHODES

Pour répondre à notre objectif, à savoir l'inventaire et la création d'une base de données de la flore remédiate, nous avons consulté plusieurs travaux dont des thèses, des articles scientifiques et livres spécialisés, citons :

- Air Pollution and Plant Biotechnology: Prospects for Phytomonitoring and Phytoremediation(**Springer Verlag, Japan, 2002**).
- Phytoremediation: transformation and control of contaminants (McCutcheon Steven C., Schnoor Jerald, 2003),
- Bioremediation and Phytoremediation: Chlorinated and Recalcitrant Compounds (Battelle Press, U.S., 1998).
- Phytoremediation : A Strategy to Clean Up Environment(Daya Publishing House, New Delhi, 2016).
- Brownfields Technology Primer Selecting and Using Phytoremediation for Site Cleanup - Scholar's Choice Edition (Paperback) (Scholar's Choice, United States, 2015).
- Phytoremediation Methods and Reviews(view affiliations, 2007).
- Phytoremediation: Transformation and Control of Contaminants (Wiley, 2003).
- Phytoremediation in reed plants treat and clean up polluted environment by petroleum produced water (Grin , 2011).

Aussi, nous avons consulté plusieurs moteurs et systèmes de recherches qui nous ont permis d'étoffer notre recherche. Pour mieux rentabiliser ces moteurs de recherche et pour une meilleure efficacité nous nous sommes focalisés sur mots-clés suivants :

- La dépollution par la phytoremédiation,
- La phytoremédiation
- Les plantes phytoremédiatrices
- Bioremédiation+ Algérie + Afrique du nord

Notons que la plupart des papiers consultés traitent un à deux plantes ayant la capacité d'absorber, de dégrader et parfois d'accumuler les polluants quel que soit leur type.

II. 1. Les systèmes et moteurs de recherche utilisés

Les moteurs de recherches utilisés dans le cadre de cette étude sont cités ci-dessous.

II.1.1. Google Scholar : C'est un moteur de recherche Web librement accessible, gratuit qui indexe le texte intégral ou les métadonnées de la littérature savante dans un éventail de formats et de disciplines de publication. Publié en version bêta en novembre 2004.

L'index Google Scholar comprend la plupart des revues et livres universitaires en ligne à comité de lecture, des articles de conférence, des thèses et des dissertations par lequel on a trouvé des articles scientifiques pour le thème de la phytoremédiation.



Figure II.1: Le moteur de recherche Google Scholar

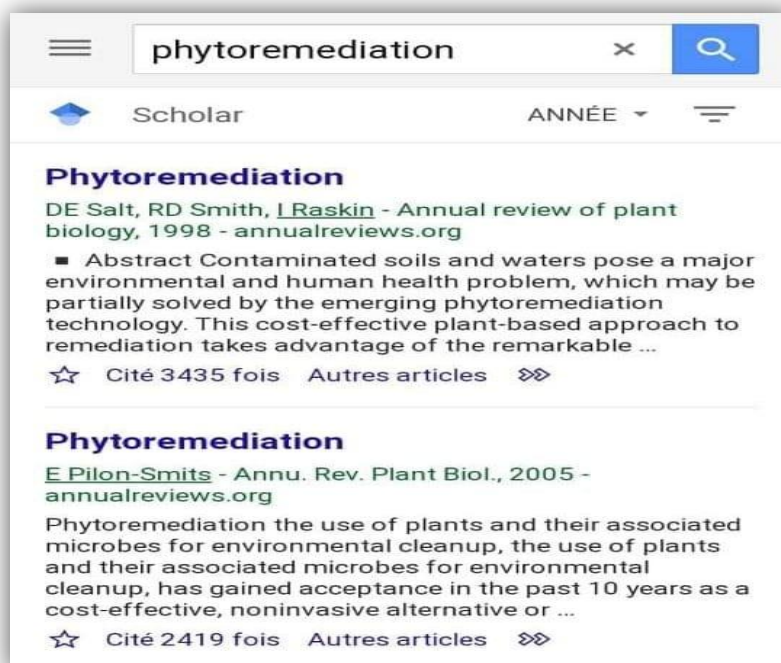


Figure II.2: Résultats des recherches Google Scholar

II.1.2. SNDL : C'est un système national permettant l'accès à une documentation électronique nationale et internationale très riche et très variée, couvrant tous les domaines de l'enseignement et de la recherche scientifique.



Figure II.3 : Le système national de documentation en ligne

SNDL est un acronyme qui signifie : Système National de Documentation en Ligne, ce dernier renferme plusieurs bases de données, comme nous pouvons le visualiser dans la figure suivante.



Figure II.4: Les différentes bases de données que renferme le moteur SNDL

Pour les besoins de cette étude, nous avons utilisé essentiellement deux bases de données, ScienceDirect et Scopus. Le choix de ce dernier est motivé par le fait qu'il publie les chapitres de livres, les conférences et les protocoles expérimentaux.



Figure II.5 : Logos des deux bases de données consultées

Cette base de données contient plusieurs articles scientifiques qui nous ont permis de trouver les différentes espèces ainsi que leurs caractéristiques.

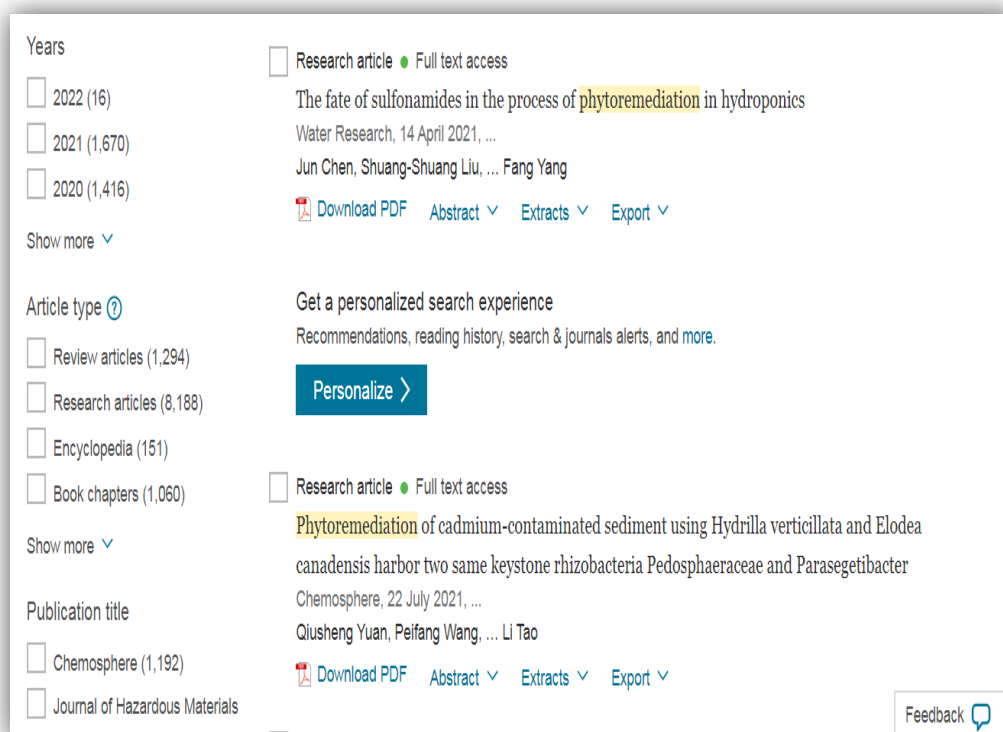


Figure II.6 : Résultats des recherches SNDL

II.2. Sélection des articles scientifiques

Après avoir trouvé les articles scientifiques nécessaires et les avoir discutés et compris, nous avons identifié les espèces utilisées pour la dépollution dans une région (site) spécifique.

Sachant qu'un article peut contenir plus d'une plante car le traitement ou la méthode de traitement ou la qualité du site à étudier est très mauvaise. Dans ce cas-là il peut y avoir besoin de plus d'une espèce afin d'assurer le succès de l'opération.

D'après les articles consultés ; 32% des articles sont réalisés sur le continent européen et Asiatique, 21% sont réalisés en Amérique, 10% en Océanie et enfin 5% sont réalisés en Afrique. Chaque article est spécialisé dans un domaine spécifique et a un rédacteur spécialisé.

II.2.1. Le choix des espèces : selon la littérature un nombre important d'espèces végétales ayant la capacité de dépolluer l'environnement sont décrites ces dernières décennies. Pour les besoins de cette étude, nous avons retenues une centaine d'espèces les plus étudiées et les plus répandues dans le monde.

Si la phytoremédiation est la solution choisie, il faudra sélectionner des plantes qui ont des qualités exceptionnelles pour tolérer ou concentrer des polluants qui pourraient être toxiques pour d'autres types de plantes. En effet, La sélection des plantes porte principalement sur la capacité de ces plantes à résister à toutes les conditions défavorables et à s'adapter aux environnements pollués, ainsi que leur capacité à dégrader les polluants de toute nature et en raison de leur biomasse importante et le pouvoir d'accumulation des polluants.

La technique choisie est celle d'utiliser des plantes ayant la capacité de s'adapter à des sites perturbés où la concentration en certains éléments dépasse la moyenne. Elles sont plus souvent séparées en trois catégories :

Les plantes hyper accumulatrices, qui produisent une quantité de biomasse limitée, comme le tabouret bleu (*Thlaspi caerulescens*).

Les plantes accumulatrices à forte biomasse comme le maïs (*Zea mays*), et enfin les plantes génétiquement modifiées qui peuvent combiner l'accumulation et la production de biomasse (Evlard, et al, 2011).

II.3. Création d'une base de données :

Après avoir trouvé plusieurs plantes dont chacune est différente de l'autre, il nous a été difficile de toutes les décrire. Donc on a eu recours à la création d'une base de données.

Il existe plusieurs programmes de base de données qui nous permettent de classer et d'organiser les informations concernant n'importe quelle espèce. Certains tamponnent même automatiquement la date et l'heure auxquelles nous avons saisi la note.

Nous sommes probablement habitués à utiliser Microsoft Excel pour des informations sur les cent espèces trouvées. Cependant, Excel est beaucoup plus puissant que cela. C'est une base de données Excel.

II.3.1. Logiciel Excel : C'est un logiciel créé par Microsoft qui utilise des feuilles de calcul pour organiser les nombres et les données avec des formules et des fonctions.

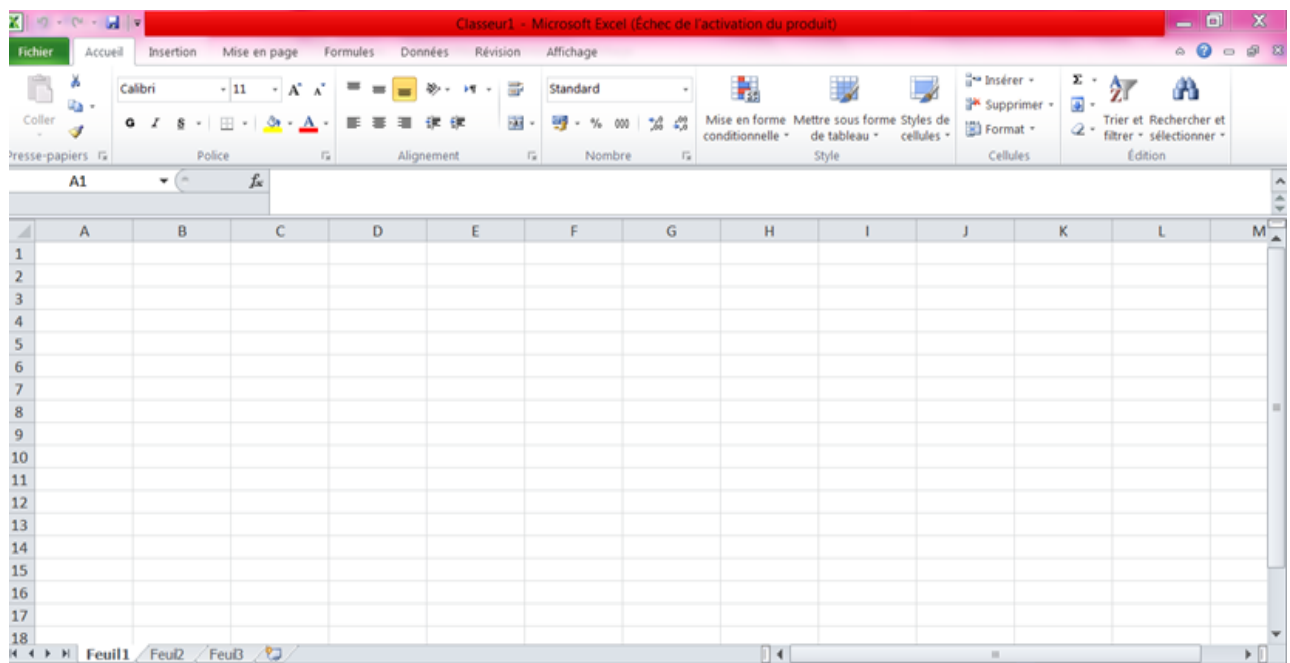


Figure II.7 : logiciel Excel de Microsoft

- Les fichiers de base de données Excel facilite la saisie, le stockage et la recherche d'informations spécifiques. Qu'il s'agisse d'une liste des plantes remédiatrice
- Toutes les caractéristiques de nos plantes sont converties en tableau.

II.4. Étude de la Flore de la présente étude

II.4.1. Composition systématique : La flore du présent travail a été étudié en l'intégrant dans un groupe systématique qui est la famille. Notons que pour cette étude

nous avons adopté la classification d'APG III de 2009, (Angiosperme Phylogénie Groupe III). En effet le système de cette classification est un système hiérarchique, nous avons cité le genre, l'espèce et famille. Pour identifier ces derniers, on a consulté les sites de flore suivants :

- **Tela Botanica (Fig. II.8) :** C'est un réseau collaboratif de botanistes francophones dont 80 % résident en France (environ 47 000 inscrits au total en 2020). Le réseau *Tela Botanica* a été créé et est géré par une association loi de 1901 : l'*Association Tela Botanica*. Ce réseau s'adresse à toutes les personnes, physiques ou morales, intéressées par la connaissance et la protection du monde végétal, dans une éthique de respecter la nature de l'homme et son environnement.



Figure II.7 : Le site des flores Tela Botanica

- **Flora of North America (Fig. II.9):** Flora of North America (FNA) présente des informations sur les noms, les relations taxonomiques, les distributions à l'échelle du continent et les caractéristiques morphologiques de toutes les plantes indigènes et naturalisées trouvées en Amérique du Nord au nord du Mexique.

Afin d'en savoir plus sur les espèces, le susmentionné et de développer la base de données, nous avons ajouté les synonymes et le nom vernaculaire de chacune



Figure II.8 : Le site de la flore de l'Amérique du nord

II.3.1.2. Caractérisation biologique des plantes remédiatrices de la présente étude

Le type biologique conduit à la forme naturelle de la plante. C'est l'aspect précis de la forme obtenue et est dépendante des variations de l'environnement. Les 100 espèces recensées dans cette étude ont été caractérisées au point de vue biologique en utilisant la classification de **Raunkiaer (1934)** amendée par **Ellenberget Muller-Dombois (1967)**, pour deux raisons, sa simplicité et son intérêt pratique. Cette classification se base sur la position des bourgeons de rénovation à partir desquels se forment les nouveaux organes aériens après le passage de la mauvaise saison ; ainsi cinq formes de vie ont été déterminées (Fig. 10).

- Phanérophytes (Ph) : végétaux ligneux, arbres ou arbustes, dont les bourgeons de rénovation se situent à plus de 50 cm du sol.
- Chamaephytes (Ch) : végétaux ligneux bas ou des herbacés vivaces dont la hauteur moyenne des bourgeons de rénovation est inférieure ou égale à 50 cm.
- Hémicryptophytes (He) : végétaux herbacés vivaces dont les bourgeons de rénovation se trouvent à la surface du sol ou n'excédant pas 10 cm de haut.
- Géophytes (Ge) : végétaux herbacés vivaces dont les bourgeons de rénovation se situent dans le sol, à l'apex des organes souterrains de réserve.
- Thérophytes (Th) : végétaux herbacés annuels qui passent la mauvaise saison sous forme de graines et qui réalisent leur cycle entier en une année au maximum.

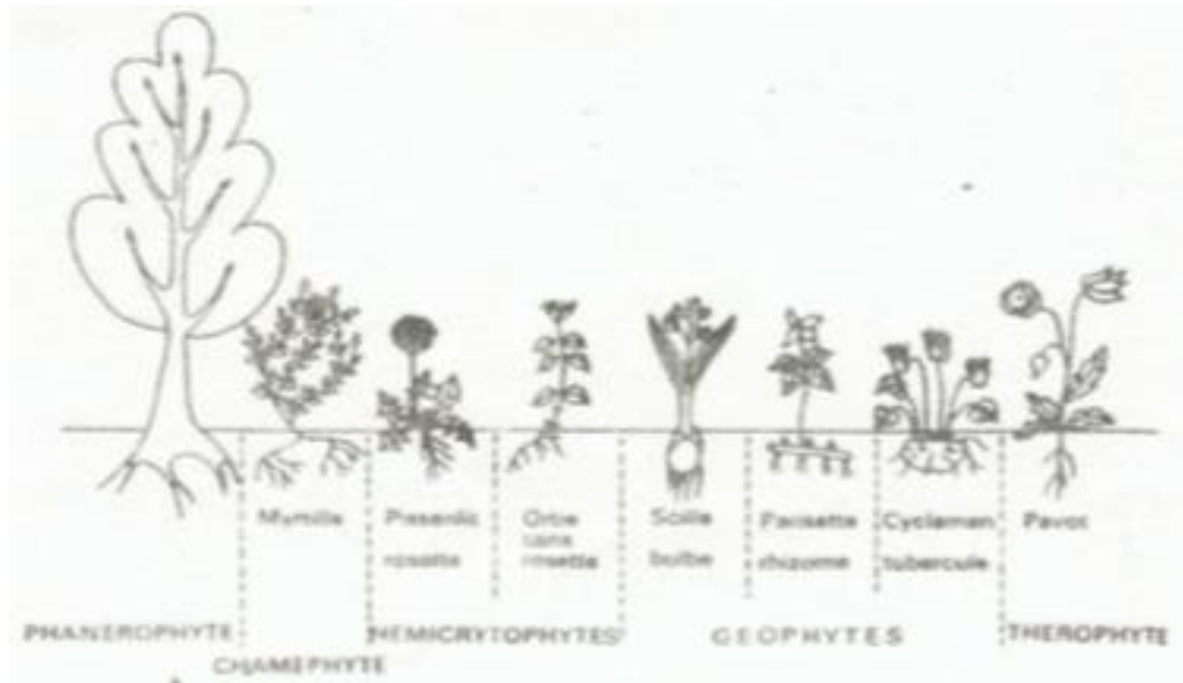


Figure II.9 : les types biologiques selon Loiseau in Ozenda 1982

II.3.1.3. Caractérisation phytochorique des espèces remédiatrices de la présente étude (Tab II.11)

La mise en place des flores actuelles sur le pourtour méditerranéen a suscité l'intérêt de plusieurs auteurs. Parmi les travaux consacrés à cette question nous citons **Walter et Straka (1970 in Quezel, 1998)**, **Axelrod (1973)**, **Pignatti (1978)**, **Quezel (1978, 1985, 1995)**. Nous avons renseigné la répartition de chaque plante inventoriée dans le cadre de cette étude en se référant à de nombreuses flores.

On sait que la végétation est, en effet, loin d'être la même dans toutes les contrées et qu'elle y est au contraire très diversifiée. C'est pourquoi nous avons déterminé le type phytogéographique de chacune de nos plantes importantes en utilisant plusieurs flores notamment, la flore de l'Algérie (Pierre Quézel et Sébastien Santa, 1962), la flore de la France : Flora gallica (Coord. Jean-Marc Tison, Bruno de Foucault, 25 septembre 2014), la flore de l'Allemagne (Kessinger Publishing, 10 septembre 2010), la flore de la Belgique (Jacques Lambinon, Léon Delvosalle et Jacques Duvifneaus, 2012), la flore de la Suisse (Christ et George, 1883), la flore de la Tunisie (Edouard Le Floch, Loutfy Boulos et Errol Vela, 2010), la flore de la Chine (Wu Zhengyi, Peter Hamilton Raven, De Yuan Hong, 1926-2012).

Type Phytogéographique
l'aise, Afrique tropicale et Madagascar.
en Europe en altitude uniquement, les espaces ouverts, En Amérique du Nord
originaire des régions tropicales et tempérées d'Asie
Afrique et Australie
Floride, Mexique, Amérique centrale, aux Antilles, Amérique du Sud, Afrique occidentale, les Antilles françaises
l'origine de l'Asie, dans Europe centrale et du Sud, Amérique du Nord, en Italie
grandes régions d'Europe, d'Asie et d'Afrique du Nord de la Libye au Maroc, la Russie d'Europe du Nord et de l'Islande, l'Asie centrale jusqu'à du Xinjiang en Chine et du nord de l'Asie
Originaire de l'Amérique du Sud.
Europe méridionale ; Asie ; Afrique ; introduit en Amérique et en Australie.
Italie, France, NO VA BG BZ BS VR
du Canada, des États-Unis, de l'Amérique centrale, de l'Amérique du Sud et des Antilles, à l'Europe, l'Asie, l'Afrique, l'Australie et les îles polynésiennes.
bassin amazonien du Brésil, dans les régions tropicales et subtropicales du monde
l'Afrique de sud
toute l'Europe centrale, d'Asie et du nord-ouest de l'Afrique.
l'hémisphère nord. s'étendant à l'hémisphère sud en Afrique et en Amérique du Sud. étant le plus diversifié en Méditerranée. en Amérique centrale. en Himalaya et E. Asie - Chine or

Figure II.10 : Le type phytogéographique de chaque espèce

II.3.1.4. Écologie des plantes (Tab. II.12).

Nous avons retenu les mêmes flores que celles utilisées pour la biogéographie pour renseigner l'écologie de nos plantes en se penchant sur :

- Les caractéristiques de la zone favorisée et sa hauteur
- Le type et la qualité du sol
- Le climat favorable : température, humidité, sécheresse...
- Le PH du sol

Des informations capitales pour la suite de notre étude.

Famille	Ecologie
Cyperaceae	milieu humide, que ce soit en bassin
Brassicaceae	milieu humide , les régions continen
Fabaceae	zones côtières, souvent le long des p
Lamiaceae	les arbres dans les bois ouverts secs
Rhizophoraceae	littoraux vaseux ou vaso-sableux , d
Brassicaceae	dans les champs et rudérati, des enc
Poaceae	, les prairies, les marais salés et les s
Poaceae	Cultivé partout
Poaceae	Lieux sablonneux du Midi : Provence
Asteraceae	les zones aux jardins (humains culti
Poaceae	des terres humides et inondéesou l
Pontederiaceae	les eaux douces,
Asteraceae	les jardins.
Brassicaceae	les clairières, lisières et éboulis eur
Crassulaceae	Roches humides ombragées sur les p
Fabaceae	Prés et pelouses, dans toute la Franc
Pinaceae	les forêts boréales, les zones de trar
Araceae	grimpant sur les troncs d'arbres et d

Figure II.12. Écologie des plantes

II.3.2. Les mécanismes de remédiation adoptée par nos plantes (Tab III. 4)

Pour apprécier l'activité de remédiation de nos plantes, nous avons identifié pour chaque plante le mécanisme adopté pour dépolluer l'environnement.

Une fois les plantes renseignées nous les avons regroupées par famille dans le but de distinguer les familles les plus dépolluantes. Pour ce travail nous avons consulté plusieurs travaux dont des articles, thèses, livres et des rapports.



**CHAPITRE III:
RESULTATS ET
DISCUSSIONS**

III.1. Répartition des articles consultés par continents : La répartition des articles est résumée dans la figure III.1. La visualisation de la figure ci-dessous montre que les européens et les asiatiques publient le plus dans cette thématique, ceci est probablement lié au niveau de pollution que connaissent ces deux continents ces dernières décennies, qui trouve origine dans le développement de l'industrie et de l'agriculture qui nécessite de plus en plus des quantités considérables d'engrais, de pesticide et d'herbicide. La troisième, quatrième et cinquième position reviennent respectivement au continent américain, australien et africain.

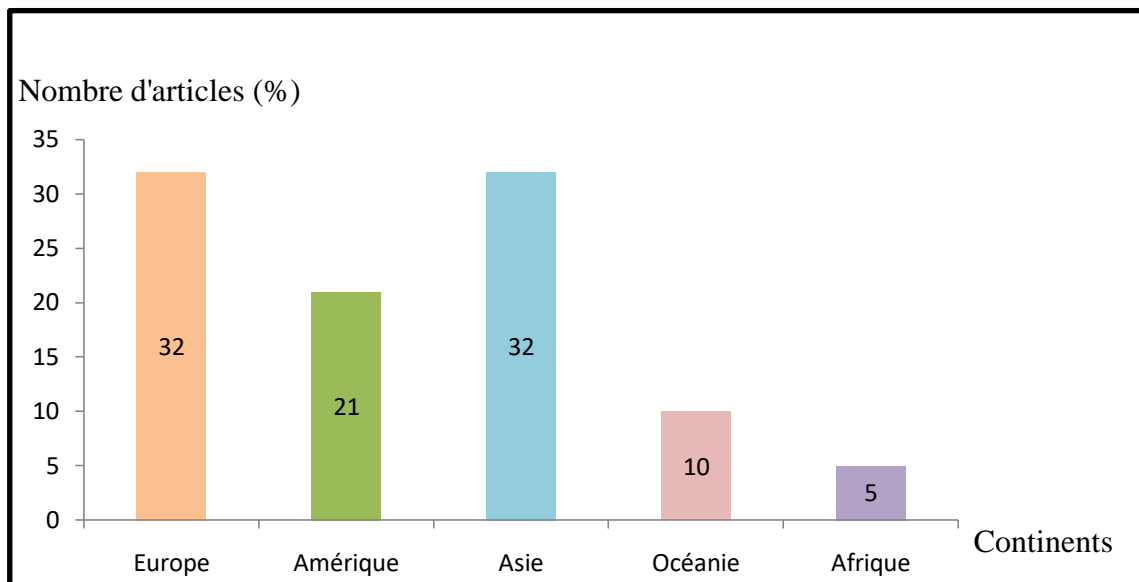


Figure III.1 répartition des travaux consultés par continent exprimée en pourcent

Mis à part le continent africain où la législation est très souple en ce qui concerne la pollution. Les autres continents sont régis par une législation très rigide où les normes de pollution sont identifiées ce qui peut expliquer le nombre d'étude qui a trait à la phytoremédiation.

III.2. Composition par famille

La flore de la présente étude a été étudiée en l'intégrant dans un groupe systématique qui est la famille. Notons que pour cette étude nous avons adopté la classification d'APG III de 2009, (Angiosperme Phylogénie Groupe III).

Les 100 espèces recensées dans le cadre de cette étude représentent 0,04 % de la flore mondiale. En effet, La planète compte à ce jour plus de 230.000 espèces de plantes à fleurs. Les espèces identifiées comme remédiatrices, selon la bibliographie consultée, sont réparties sus 47 familles (Fig. III.2)

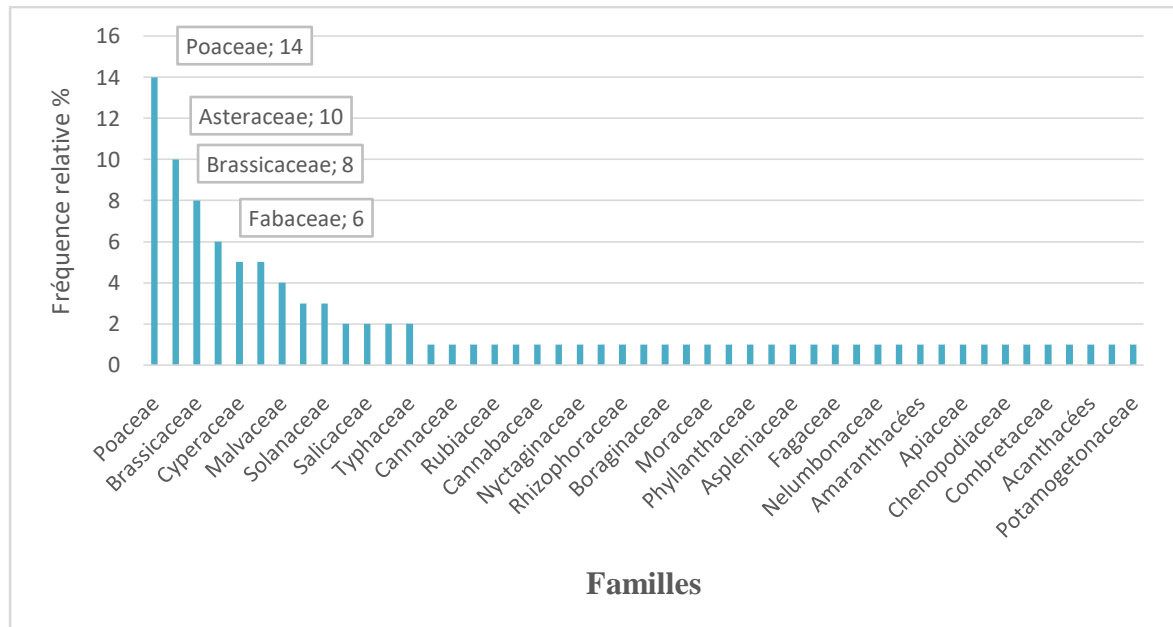


Figure III.2 : répartition des espèces remédiatrices par famille

13 des 47 familles identifiées dans cette étude sont plurispécifiques et renferme plus de 2 genres, le reste à savoir 34 familles sont monospécifiques et monogénériques.

Les 4 familles les plus représentées dans cette étude renferment 38 espèces (38 %) et 28 genres soit 31.82 %, ces familles sont respectivement les Poaceae, les Asteraceae, les Brassicaceae et les Fabaceae. La prédominance des Poaceae en genres et en espèces sur les autres familles, suivies par les Asteraceae, les Brassicaceae et les Fabaceae qui sont selon Good (1974) et Ozenda (1977), des familles de répartition cosmopolite ou sub-cosmopolite.

III.2. Spectre biologique brut de la flore remédiatrice

La visualisation de la figure suivante montre la prépondérance des hémicryptophytes avec 32% suivi par les thérophytes, les phanérophytes, les géophytes et les chamaephytes avec respectivement 26%, 22%, 12% et 8%.

Cela est dû à la diversité de la flore remédiateuse de toutes types biologiques des végétaux, Cela confirme la possibilité d'utiliser des plantes de toute type biologique pour la dépollution d'un site pollué,

De plus, la plante quelle que soit son type, est capable d'éliminer un polluant, mais la possibilité de trouver à l'aide de plantes du type Hémicryptophytes reste nombreuse, car

Une Hémicryptophyte est une plante vivace dont les organes permettant de passer la mauvaise saison (sécheresse ou hiver) , dont les bourgeons persistent durant la mauvaise saison au niveau du sol. Ainsi elle préfère les milieux humides ou il y a plus de l'eau par contre les chamaephytes sont des plantes cultivées dans des milieux ouverts, éclairés et arides.

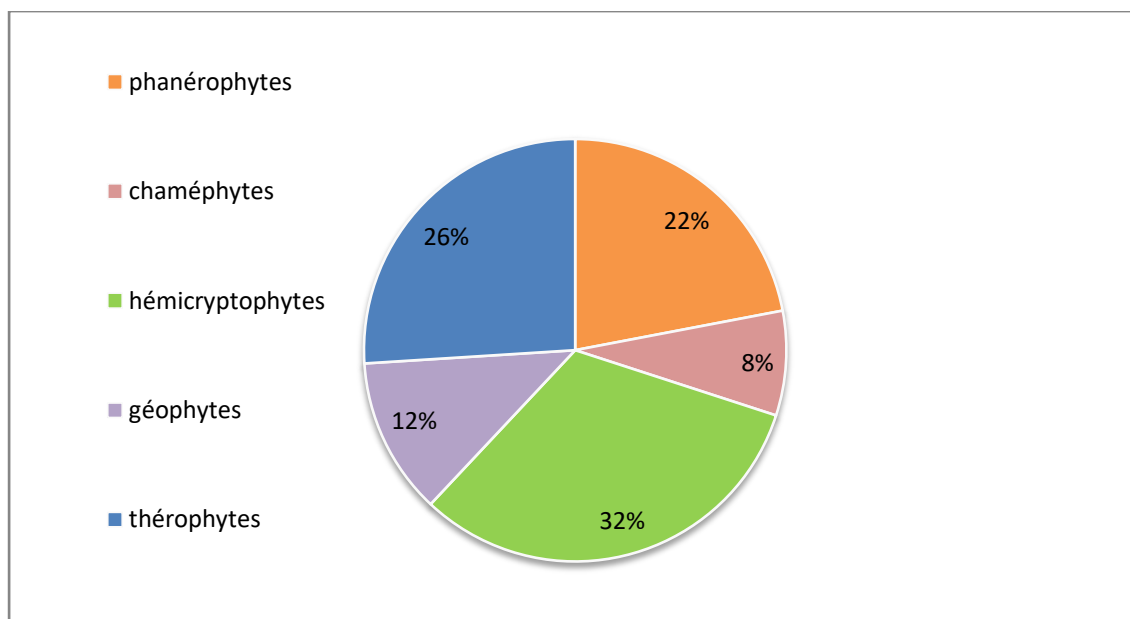


Figure III.3 : Résultats des types biologiques des espèces phyto-rémediatrices

III.3. Mécanismes de remédiation adoptée par chaque famille

Pour compléter notre travail nous avons jugé utile de renseigner l'ensemble de nos espèces au point de vue mécanisme adopté pour dépolluer l'environnement et ceci dans le but d'avoir une base de données aussi complète que possible. Rappelons qu'il existe principalement la phytoextraction, phytoaccumulation, Phytodégradation, phytostabilisation, biosorption.

D'après les résultats précédents, il a été montré qu'il existe 47 familles, où toutes les familles participent à la remédiation des environnements contaminés, Sachant que chaque famille a une ou plusieurs stratégies de dépollution sur lesquelles elle s'appuie afin l'éliminer les polluants dans les sites perturbés.

- On montre que les familles (Poaceae, Asteraceae et les brassicaceae) phytoaccumulation, phytodégradation, biosorption, phytoextraction

Les plantes de ces trois familles sont les plus dépolluantes, utilisées pour l'élimination des contaminants car elles ont la capacité d'absorbées, d'accumulées, d'extraire et de dégradées les contaminants.

- Les Poaceae sont une famille de plantes monocotylédones qui partagent des caractéristiques morphologiques qui les distinguent nettement des autres familles végétales : tiges (chaumes) cylindriques aux entrenœuds creux, feuilles alternes à disposition distique, elles ont diverses adaptations aux milieux extrêmes, vastes biomes naturels dominés par les graminées se sont développés dans le monde , tous ces caractéristiques permet à la plante de capter le maximum de polluants et les dégrader. Par exemple plante *Phragmites australis* de la famille des Poaceae qui se montre très efficace pour transformer la matière organique, mais aussi absorber les métaux lourds, le phosphore ou encore l'azote
- Les Asteraceae sont des plantes agricoles et possèdent un système racinaire pivotant, qui permet d'aller en profondeur et capter le maximum de polluants Elles ont su s'adapter à tous les milieux de vie, c'est ainsi qu'on rencontre des Astéracées à travers le monde. Cette caractéristique d'adaptation permet aux plantes appartenant à cette famille de dégrader les différents polluants.
- Les Brassicaceae est une famille dont le cycle biochimique est de type C3 et C4 qui leur confère la capacité de s'adapter à différent type de milieu avec une capacité de dépollution non négligeable (Anjum et al, 2012). En effet, les Brassicaceae contiennent différents cocktails de dizaines de glucosinolates. Ils contiennent également des enzymes appelées myrosinases , qui convertissent les glucosinolates en isothiocyanates, thiocyanates et nitriles, qui sont toxiques pour de nombreux organismes, et aident ainsi à se prémunir contre l'herbivorie (Arthur, 2004).

Les plantes de ces familles peuvent dégrader, s'accumuler et extraire les polluants.

En prenant l'exemple de (*Brassica juncea*) qui est une espèce très bien décrite dans notre base de données. Cette dernière est capable d'absorber jusqu'à quatre fois plus de sélénium qu'une plante normale grâce à de fortes expressions de la sélénocystéine lyase et de la sélénocystéine méthyltransférase qui lui permettent d'accumuler le sélénium sous forme non toxique de méthylsélénocystéine (**Peplow, 2005**). En ce qui concerne le Plomb et le Cadmium il s'agit là encore surtout des Brassicaceae (exp : moutardes)

- Cyperaceae, Fabaceae : les plantes de ces deux familles peuvent être utilisées dans plusieurs mécanismes de la phytoremédiation (phytoaccumulation, phytodégradation, biosorption, phytoextraction)
- La phytoaccumulation est utilisée comme processus par les Araceae, Potamogetonaceae, Aceraceae, Acanthacées, Combretaceae, Nelumbonaceae, Euphorbiaceae, Aspleniaceae, Boraginaceae, Rubiaceae, Caryophyllaceae, Cannaceae, Hydrocharitaceae, Araceae, Pinaceae, Crassulaceae et Solanaceae. Les plantes appartenant à ces familles sont reconnues comme étant hyper-accumulatrices car elles ont une grande capacité d'accumuler les contaminants tels que les éléments traces métalliques et métalloïdes bio-disponibles, ainsi que certains types de contaminants organiques et dans leurs parties aériennes. C'est la méthode de phytoremédiation la plus utilisée. On a vu que ces végétaux avaient la particularité d'accumuler une très grande quantité des polluants toxiques tels que les métaux lourds, à des concentrations cent fois plus élevées que chez les autres. On peut citer la moutarde brune (*Alysum bertolonii*), le tabouret bleuâtre (*Thlaspi caerulescens*), le colza, le tournesol. Notons que les Caryophyllaceae est parmi les familles la plus utilisée pour l'accumulation du Zinc.
- Phyllanthaceae, Polygonaceae, Cannabaceae, Lamiaceae, Malvaceae) utilisent 2 processus qui sont la phytoaccumulation et phytoextraction.

Ces derniers processus ressemblent beaucoup aux précédents, de plus les plantes de ces familles peuvent s'accumuler et extraire les polluants.

En ce qui concerne le Plomb et le Cadmium il s'agit là encore surtout des Brassicacées (exp: moutardes)

Les espèces hyper-accumulant le Cuivre et le Cobalt sont peu nombreuses. Ce sont les Lamiacées

- (Moraceae, Pteridaceae, Nyctaginaceae, Pontederiaceae, Rhizophoraceae, Typhaceae, Convolvulaceae) utilisent la phytoextraction :

Les plantes de ces familles retirent du site les contaminants, et les stockent dans leurs parties aériennes et dans les organes récoltables, que l'on peut par la suite récolter. Les polluants ne sont pas stockés dans les vacuoles de l'appareil racinaire, mais bien dans d'autres parties de la plante. Les cas peuvent varier, mais nous noterons trois principaux organes de stockages : les feuilles, la tige et le bois (pour les végétaux ligneux).

- (Fagaceae, Melastomataceae, Scrofulariacées, Myrtaceae, Chenopodiaceae) ils ont utilisé pour éliminer les polluants par processus de la phytoremédiation et ce dernier regroupe tous les sous-techniques mentionnées précédemment.

Les plantes appartiennent de ces familles utilisées pour une protection générale de l'environnement

- (Acoracées, Juncaceae, Arecaceae, Marantaceae) utilisées la phytodégradation
Les plantes utilisées dans cette technique n'ont pas la capacité de stocker les polluants dans leurs organismes. Cependant, elles sont capables de dégrader les polluants organiques à l'intérieur des cellules de leurs appareils aériens et racinaires. Il y a Des plantes favorisent l'activité de micro-organismes dépolluants ou éliminent elles-mêmes les composés nocifs, tel que le maïs (*Zea mays*) est ainsi capable de dégrader les hydrocarbures dans la partie du sol pénétrée par ses racines.
- Portulacaceae, Asparagacées et Amaranthacées : utilisent dans le mécanisme de la phytostabilisation. Les plantes de ces trois familles sont capables de se développer dans des sols fortement pollués, là où les autres n'auraient aucune chance de survie, et capables de stabiliser le polluant dans les racines. Ils ont la capacité de piéger les polluants au niveau des racines, les plantes vont immobiliser les contaminants dans la zone racinaire par l'exsudation de composés chimiques et par le stockage des contaminants dans les vacuoles des cellules racinaires.
- Apiaceae : utilisent dans le mécanisme de la biosorption ; Les espèces appartenant à la famille des Apiaceae ont la capacité d'accumuler les polluants à partir des eaux usées par des voies d'absorption à médiation métabolique ou physico-chimique, elles sont un

potentiel d'absorption racinaire important (racines développées, transporteurs efficaces,...).

- Salicaceae : utilisent dans les deux mécanismes la phytoaccumulation et la phytodégradation ; Les plantes de la famille de Salicaceae sont capables d'accumuler et de dégrader les polluants selon les deux processus : Phytoaccumulation et phytodégradation.

Tableau III.1 :Les mécanismes adoptée par chaque famille

Familles	Techniques
Poaceae	phytoaccumulation, phytodégradation, biosorption, phytoextraction
Asteraceae	phytoaccumulation, phytodégradation, biosorption, phytoextraction
Brassicaceae	phytoaccumulation, phytodégradation, biosorption, phytoextraction
Fabaceae	phytoaccumulation, phytodégradation, biosorption, phytoextraction
Cyperaceae	phytoaccumulation, phytodégradation, biosorption, phytoextraction
Araceae	phytoextraction,phytoaccumulation, biosorption, phytodégradation
Malvaceae	phytoaccumulation, phytodégradation, biosorption, phytoextraction
Lamiaceae	Phytoextraction
Crassulaceae	Phytoaccumulation
Pinaceae	Phytoaccumulation
Rhizophoraceae	Phytoaccumulation
Arecaceae	Phytodégradation
Hydrocharitaceae	Phytoaccumulation
Myrtaceae	Phytoremédiation
Cannaceae	Phytoaccumulation
Caryophyllaceae	Phytoaccumulation
Rubiaceae	Phytoaccumulation
Salicaceae	Phytoaccumulation, phytodégradation
Cannabaceae	Phytoaccumulation, phytoextraction
Solanaceae	Phytoaccumulation
Nyctaginaceae	Phytoextraction
Scrofulariacées	Phytoremédiation
Malvaceae	phytoaccumulation, phytoextraction
Pteridaceae	Phytoextraction
Boraginaceae	Phytoaccumulation
Melastomataceae	Phytoremédiation
Moraceae	Phytoextraction
Polygonaceae	phytoaccumulation, phytoextraction
Phyllanthaceae	phytoaccumulation, phytoextraction
Portulacaceae	Phytostabilisation
Aspleniaceae	Phytoaccumulation
Typhaceae	Phytoextraction
Fagaceae	Phytoremédiation
Euphorbiaceae	Phytoaccumulation
Nelumbonaceae	Phytoaccumulation
Asparagacées	Phytostabilisation

III.4. Les plantes dépolluant les sols

Grâce à leurs racines, certaines plantes permettent de dépolluer les sols. Elles peuvent entre autres éviter la dispersion de produits nocifs, consommer et dégrader certains polluants (hydrocarbures aromatiques polycycliques, solvants chlorés, trichloréthylène, sélénium, mercure etc.).Dépolluer un sol relève du cas particulier, et la plante à choisir devra être adaptée à la zone géographique concernée, et aux éléments du sol à dépolluer. Néanmoins, Voici notre sélection de 5 plantes qui permettent d’avoir une protection qui soit le plus large possible contre les différents types de polluants que l’on peut retrouver dans sol :

- Alyssum murale
- Les saules : *Salix atrocinerea*
- Peuplier de l'Euphrate : *Populus euphratica*
- *Alcea rosea*
- *Brassica napus*

III.5. Les plantes dépolluant les eaux : (Phytoépuration)

Parmi les plantes les plus connues pour cela, on retrouve notamment les roseaux, ou le bambou, très efficace contre les phosphates.Voici quelques plantes très efficaces qui absorbent les polluants, notamment les métaux lourds :

- *Cyperus longus*
- *Glyceria maxima*
- *Lolium perenne*
- *Oenanthe aquatica variegata*
- *Phragmites australis*
- Plantes flottantes :
 - *Eichhornia crassipes*,
 - *Pistia stratiotes*,
 - *Lemna minor*
 - *Thalia dealbata*
- *Chasmanthe aethiopica*
- *Scirpus lacustris*
- *Zizania latifolia*
- *Gazania rigens*

A graphic of a scroll with a black outline and a light gray fill. The scroll is partially unrolled, with the top edge curled up. The word "Conclusion" is written in a bold, black, serif font in the center of the unrolled portion. The scroll is positioned horizontally, with the unrolled part extending from the left side towards the right.

Conclusion

Notre étude s'intéresse à la connaissance de la flore remédiateurice et ses caractéristiques ainsi que les techniques de phytoremédiation

La phytoremédiation, c'est donc le fait de dépolluer les sols, l'eau ou l'air grâce aux plantes. Pour cela, les plantes agissent de différentes manières sur les polluants, ils peuvent être stockés, bloqués ou détoxifiés. Il y a donc une très forte interaction entre les plantes, le sol, et les microorganismes.

Ce travail nous a permis de découvrir l'existence de 100 espèces utilisées pour la dépollution des sites contaminés dont 32% en Europe et en Asie, 21% en Amérique, 10% en Océanie et 5% en Afrique.

Ces espèces sont classées par famille. Nous avons trouvé 47 familles et les 4 familles les plus représentées sont respectivement les Poaceae, les Asteraceae, les Brassicaceae et les Fabaceae, avec la présence de 5 types biologiques qui sont : les Hémicryptophytes avec 32% , les Thérophytes, les Phanérophytes, les Géophytes, les Chamaephytes respectivement avec 26%, 22% ,12% et 8 %.

Les différentes techniques de phytoremédiation sont : la phyto-accumulation, la phyto-extraction, phyto-stabilisation, la phyto-dégradation, la bio-sorption.

Pour résumer, la phytoremédiation est un moyen de dépollution complexe, mais très avantageux, qui, grâce aux avancées scientifiques, pourrait se révéler la technique pour un développement durable

En perspective, La phytoremédiation est encore une science nouvelle, et beaucoup de mécanismes sont encore mal compris ou inconnus. Des chercheurs travaillent donc activement sur ce sujet pour pouvoir l'exploiter au maximum, et rendre ce mode de dépollution incontournable. Dans le futur, remplacer tous ses traitements physico-chimiques par la phytoremédiation sera une solution durable pour un monde meilleur.

Une vue objective de la place qu'occupera à l'avenir la phytoremédiation dans le marché de la dépollution des sols et des eaux ne pourra être dressée que lorsque les expériences auront été menées à terme.

Références bibliographiques

Anjum. A, Iqbal Ahmad ; M. Eduarda Pereira ; Armando C. Duarte ; Shahid Umar ; Nafees A. Khan, (2012). La famille végétale des Brassicacées : contribution à la phytoremédiation . Pollution environnementale. Springer Science & Business Media. ISBN 9789400739123.

Arthur Harry, 2004 Physiologie écologique et environnementale des insectes. Série de physiologie écologique et environnementale. Biologie d'Oxford.

Bliefert et Perraud., 2001. chimie de l'environnement 1, Ed. De Boek , 447p

Berrada G.M, 2007. Assainissement non collectif dans la province de Kenitra, Institut Agronomique et Vétérinaire et de l'Environnement de Strasbourg Hassan II Rabat.

Charbonneau., 1997. Encyclopédie de l'écologie, le présent en question Ed ; Librairie Larousse, 487p.

Chevrier, É. La phytoremédiation, une solution d'avenir pour le Québec. Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Canada, 2013

Conesa, H. M.; Evangelou, M. W.; Robinson, B. H.; Schulin, R., A critical view of current state of phytotechnologies to remediate soils: still a promising tool The Scientific World Journal 2012, 10.

Daily, Alexander, S.; Ehrlich, P. R.; Goulder, L.; Lubchenco, J.; Matson, P. A.; Mooney, H. A.; Postel, S.; Schneider, S. H.; Tilman, 1997D., Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. Ecological Society of America Washington (DC);; Vol. 2.)

Dakar, 2001. The 8th International Chemistry Conference in Africa (8th ICCA), 30 July– 4 Au Sénégal

Fouladi Fard, Reza, Azimi, AA., Nabi Bidhendi, GR. 2011. Cinétique de lot et isothermes pour la biosorption du cadmium sur les biosolides". Dessalement et traitement de l'eau. 28 (1–3): 69–74. Loi : 10.5004/dwt.2011.2203

Genin B., 2003. Cours d'eau et indices biologiques Ed. Educagri édition, Dijon, 2^{ème} édition, 221p.

- Ghosh, M.; Singh, S., A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of it's by products. *Asian J Energy Environ* 2005, 6, (4), 18.
- Godden,, 2009. La phytoremédiation en Wallonie : Évaluation du potentiel d'assainissement des sols contaminés en métaux lourds
- Grath, S. Phytoextraction for soil remediation. In *Plants that hyper accumulate heavy metals: their role in phytoremediation, microbiology, archaeology, mineral exploration and phytomining*, Brooks, R., Ed. CAB International: New York, 1998; pp 261-288
- Jeffrey, 2007, *Flowering plants: Eudicots; asterales*, Vol. 8, p. 61–87
- Loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie).
- Naftal., 2011. Audit Environnement de la station-service de boukhalfa GD 1507, naftal, district tizi ouzou. Elaborée par ECTI : bureau d'étude en environnement cité bajharah, BT34Esc01 N 03, Alger, p61.
- Nsikak Benson, 2008. *Encyclopedia of Global Warming and Climate Change*.Ed. S. Philander. Thousand Oaks. CA: Sage Publications Inc. 3. 813-817.
- Peer, W. A.; Baxter, I. R.; Richards, E. L.; Freeman, J. L.; Murphy, A. S., *Phytoremediation and hyperaccumulator plants*. In *Molecular biology of metal homeostasis and detoxification*, Springer 2005; pp 299-340
- PeplowM.,2005. Nature news doi:10.1038/news050207-17
- Ramade, F. 2000. Dictionnaire encyclopédique des pollutions, les polluants de l'environnementa l'homme.Ed. Science international, paris,690p
- Reynolds. S.G. *Grassland of the world*, 2017).
- Smits, E., *Phytoremediation*. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2005, 56, 15-39
- Société québécoise de phytotechnologie, *Fiches techniques de la SQP*. 2016. La phytoremediation.
- Tuffery C, 1980. *Incidence écologique de pollution*. Edition peson
- Vanobberghen, F., Evlard, A., Campanella, B. & Paul, R., 2011.La phytoremédiation par le saule. Dans : G. U. *Laboratoire de toxicologie environnementale*, éd. Gembloux (Belgique) : s.n., p. 5.

Volesky, Bohumil (1990). Biosorption des métaux lourds. Floride : CRC Press. ISBN 978-0849349171

Les annexes

Annexe 1

Tableau des plantes

<u>Espèce</u>	<u>Famille</u>	<u>phytoremediation</u>	<u>Phyto accumulation</u>	<u>phytoextraction</u>	<u>phytodégradation</u>	<u>Phyto stabilisation</u>	<u>biosorption</u>
<u>Cyperus papyrus</u>	Cyperaceae				×		
<u>Noccaea caerulescens</u>	Brassicaceae		×				
<u>Pongamia pinnata</u>	Fabaceae		×				
<u>Plectranthus neochilus</u>	Lamiaceae			×			
<u>Rhizophora mangle</u>	Rhizophoraceae			×			
<u>Brassica juncea</u>	Brassicaceae		×			×	
<u>Festuca arundinacea</u>	Poaceae		×				
<u>Zea mays</u>	Poaceae						×
<u>Sorghum halepense</u>	Poaceae			×			
<u>Helianthus annuus</u>	Asteraceae			×			
<u>Phragmites karka</u>	Poaceae			×			
<u>Eichhornia crassipes</u>	Pontederiaceae			×			
<u>Gazania rigens</u>	Asteraceae			×			
<u>Arabidopsis halleri</u>	Brassicaceae		×	×			
<u>Sedum alfredii</u>	Crassulaceae		×				
<u>Trifolium repens</u>	Fabaceae	×					×
<u>Pinus banksiana</u>	Pinaceae	×	×				
<u>Epipremnum aureum</u>	Araceae		×				
<u>Howea forsteriana</u>	Arecaceae				×		
<u>Hydrilla verticillata</u>	Hydrocharitaceae		×				
<u>Eucalyptus globulus</u>	Myrtaceae	×					

<u>canna indica</u>	Cannaceae		×				
<u>Minuartia verna</u>	Caryophyllaceae		x				
<u>Alyssum bertholonii</u>	Brassicaceae		x				
<u>Psychotria douarrei</u>	Rubiaceae		×				
<u>Salix atrocinerea</u>	salicaceae		×		x		
<u>Populus euphratica</u>	Salicaceae		x		×	×	
<u>Brassica napus</u>	Brassicaceae			×		×	
<u>Cannabis sativa</u>	Cannabaceae		x	x			
<u>Brassica juncea</u>	Brassicaceae		×				
<u>Helianthus giganteus</u>	Astéracées	×	×				
<u>Phragmites australis</u>	Poaceae		×				×
<u>Glyceria fluitans</u>	Poaceae		×				×
<u>Lemna minor</u>	Araceae		×				×
<u>Lolium perenne</u>	Poaceae				×		
<u>Nicotiana tabacum</u>	Solanacées		×				
<u>Solanum nigrum</u>	Solanacées		×				
<u>Eleocharis acicularis</u>	Cyperaceae		×				×
<u>Berkheya coddii</u>	Asteraceae		×				
<u>Mirabilis jalapa</u>	Nyctaginaceae			×			
<u>Chrysanthemum indicum</u>	Asteraceae.						×
<u>Antirrhinum majus</u>	Scrofulariacées	x					
<u>Tagetes erecta</u>	Asteraceae			×			×
<u>Salvia splendens</u>	Lamiaceae			×			×
<u>Abelmoschus manihot</u>	Malvaceae		×	×			

<u>Pteris vittata</u>	Pteridaceae			x			
<u>Triticum aestivum</u>	Poaceae		x				
<u>Pisum sativum</u>	Fabaceae	x					
<u>Brassica juncea</u>	Brassicaceae			x			
<u>Arundo donax</u>	Poaceae				x		
<u>Miscanthus sp</u>	Poaceae				x		
<u>Elsholtzia haichowens</u>	Lamiaceae	x	x				
<u>Pistia stratiotes</u>	Araceae	x	x				
<u>Artemisia argyi</u>	Asteraceae		x		x		
<u>Axonopus compressus</u>	Poaceae		x		x		
<u>Borago officinalis</u>	Boraginaceae	x	x				
<u>Clidemia sparsiflora</u>	Melastomataceae	x					
<u>Morus nigra</u>	Moraceae	x		x			
<u>Persicaria lapathifolia</u>	Polygonaceae	x					
<u>Phyllanthus niruri</u>	Phyllanthaceae		x	x			
<u>Portulaca oleracea</u>	Portulacaceae	x				x	
<u>Sonchus arvensis</u>	Asteraceae			x		x	
<u>Trifolium subterraneum</u>	Fabaceae	x			x		
<u>Tilia cordata</u>	Malvaceae		x	x			
<u>Cicer arietinum</u>	Fabaceae			x		x	
<u>Philodendron scandens</u>	Araceae		x				
<u>Asplenium antiquum</u>	Aspleniaceae	x	x				
<u>Chrysopogon</u>	Poaceae				x		

<u>zizanioides</u>							
<u>Spirodela polyrhiza</u>	Araceae	x	x				x
<u>Typha latifolia L</u>	Typhaceae	x		x			
<u>Acer palmatum</u>	Aceraceae		x				
<u>Quercus virginiana</u>	Fagaceae	x					
<u>Vigna unguiculata</u>	Fabaceae						
<u>Jatropha curcas</u>	Euphorbiaceae		x				
<u>Nelumbo nucifera</u>	Nelumbonaceae		x				
<u>Abelmoschus manihot</u>	Malvaceae		x	x			
<u>Cyperus alternifolius</u>	Cyperaceae				x		
<u>Sorghum halepense</u>	Poaceae	x					
<u>Typha angustifolia</u>	Typhaceae	x	x				
<u>Alcea rosea</u>	Malvaceae	x	x	x			
<u>Taraxacum mongolicum</u>	Asteraceae			x			
<u>Calendula officinalis</u>	Asteraceae					x	
<u>Chlorophytum comosum</u>	Asparagacées					x	
<u>Celosia argentea</u>	Amaranthacées					x	
<u>Ipomoea aquatica</u>	Convolvulaceae	x		x			
<u>pontederia cordata</u>	Pontédériacées			x	x		
<u>Oenanthe javanica</u>	Apiaceae						x
<u>juncus effusus</u>	Juncaceae				x		
<u>nasturtium officinale</u>	Brassicaceae		x				
<u>Alternanthera philoxeroides</u>	Chenopodiaceae	x					
<u>Scirpus validus</u>	Cyperaceae		x	x			

<u>Chrysopogon zizanioides</u>	Poaceae		x				
<u>Thalia dealbata</u>	Marantaceae				x		
<u>carex viridula</u>	Cyperaceae						x
<u>Laguncularia racemosa</u>	combretacea		x				
<u>Acorus calamus</u>	Acoracées				x		
<u>Polygonum barbatum</u>	Polygonaceae		x	x			
<u>Datura innoxia</u>	Solanaceae		x				
<u>Avicennia shaueriana</u>	Acanthacées		x				
<u>Potamogeton crispus</u>	Potamogetonaceae		x				

Annexe 2

Espèce	Nom vernaculaire	Genre	Famille
<u>Cyperus papyrus</u>	papyrus	Cyperus	Cyperaceae
<u>Noccaea caerulescens</u>	Thlaspi caerulescens	Noccaea	Brassicaceae
<u>Pongamia pinnata</u>	Millettia pinnata	Millettia	Fabaceae
<u>Plectranthus neochilus</u>	fleur d'éperon	Plectranthus	Lamiaceae
<u>Rhizophora mangle</u>	Palétuvier rouge	Rhizophora	Rhizophoraceae
<u>Brassica juncea</u>	India mustard	Brassica	Brassicaceae
<u>Festuca arundinacea</u>	Fétuque faux roseau	Festuca	Poaceae
<u>Zea mays</u>	Maïs	Zea	Poaceae
<u>Sorghum halepense</u>	Houlque d'Alep	Sorghum	Poaceae
<u>Helianthus annuus</u>	Tournesol	Helianthus	Asteraceae
<u>Phragmites karka</u>	Roseau asiatique panaché	Phragmites	Poaceae
<u>Eichhornia crassipes</u>	Jacinthe d'eau	Eichhornia	Pontederiaceae
<u>Gazania rigens</u>	Gazanie	Gazania	Asteraceae
<u>Arabidopsis halleri</u>	Arabette de Haller	Arabidopsis	Brassicaceae
<u>Sedum alfredii</u>	Sedum alfredii	Sedum	Crassulaceae
<u>Trifolium repens</u>	Trèfle blanc	Trifolium	Fabaceae
<u>Pinus banksiana</u>	Le pin gris	Pinus	Pinaceae
<u>Epipremnum aureum</u>	Lierre du diable	Epipremnum	Araceae
<u>Howea forsteriana</u>	Kentia, Palm, Paradise Palm, Foster's Howea, Foster's Kentia,	Howea	Arecaceae
<u>Hydrilla verticillata</u>	Hydrille verticillée	Hydrilla	Hydrocharitaceae
<u>Eucalyptus globulus</u>	Eucalyptus	Eucalyptus	Myrtaceae
<u>canna indica</u>	Canna des Indes	Canna	Cannaceae
<u>Minuartia verna</u>	Minuartia verna	Minuartia	Caryophyllaceae

<u>Alyssum bertholonii</u>	Alyssum bertholonii	Alyssum	Brassicaceae
<u>Psychotria douarrei</u>	Plante à bisous	Psychotria	Rubiaceae
<u>Salix atrocinnerea</u>	le Saule roux, Saule à feuilles d'olivier.	Salix	salicaceae
<u>Populus euphratica</u>	Peuplier de l'Euphrate	Populus	Salicaceae
<u>Brassica napus</u>	Brassica napus	Brassica napus L	Brassicaceae
<u>Cannabis sativa</u>	Chanvre	cannabis	Cannabaceae
<u>Brassica juncea</u>	Chou faux jonc	Brassica	Brassicaceae
<u>Helianthus giganteus</u>	tournesol géant	Helianthus	Astéracées
<u>Phragmites australis</u>	Roseau à balais	Phragmites Adans	Poaceae
<u>Glyceria fluitans</u>	Glyceria fluitans , Herbe à la manne	Glyceria	Poaceae
<u>Lemna minor</u>	Petite Lentille-d'eau	Lemna	Araceae
<u>Lolium perenne</u>	Lolium perenne	Lolium	Poaceae
<u>Nicotiana tabacum</u>	Tabac cultivé	Nicotiana	Solanacées
<u>Solanum nigrum</u>	Morelle noire	Solanum	Solanacées
<u>Eleocharis acicularis</u>	spikerush d'aiguille	Eleocharis	Cyperaceae
<u>Berkheya coddii</u>	Berkheya coddii	berkheya	Asteraceae
<u>Mirabilis jalapa</u>	Belle-de-nuit	Mirabilis	Nyctaginaceae
<u>Chrysanthemum indicum</u>	Chrysanthème d'Inde	Chrysanthemum	Asteraceae.
<u>Antirrhinum majus</u>	Grand Muflier	Antirrhinum	Scrofulariacées
<u>Tagetes erecta</u>	d'œillet maure	Tagetes	Asteraceae
<u>Salvia splendens</u>	La sauge rouge	Salvia	Lamiaceae
<u>Abelmoschus manihot</u>	Abelmoschus manihot , Aibika	Abelmoschus	Malvaceae
<u>Pteris vittata</u>	Ptéris rubané, Fougère à feuilles longues	Pteris	Pteridaceae
<u>Triticum aestivum</u>	Blé tendre	Triticum	Poaceae

<u>Pisum sativum</u>	Pois cultivé	Pisum	Fabaceae
<u>Brassica juncea</u>	Moutarde brune	Brassica	Brassicaceae
<u>Arundo donax</u>	Canne de Provence , Roseau à quenouilles	Arundo	Poaceae
<u>Miscanthus sp</u>	Miscanthus	Miscanthus	Poaceae
<u>Elsholtzia haichowens</u>	Pavot de Californie	Elsholtzia	Lamiaceae
<u>Pistia stratiotes</u>	Laitue d'eau	Pistia	Araceae
<u>Artemisia argyi</u>	Armoise chinoise	Artemisia	Asteraceae
<u>Axonopus compressus</u>	Axonope comprimé, herbe à tapis à feuilles larges	Axonopus	Poaceae
<u>Borago officinalis</u>	Bourrache officinale	Borago	Boraginaceae
<u>Clidemia sparsiflora</u>	Clidemia	Clidemia	Melastomataceae
<u>Morus nigra</u>	Le mûrier noir	Morus	Moraceae
<u>Persicaria lapathifolia</u>	Persicaria pâle	Persicaria	Polygonaceae
<u>Phyllanthus niruri</u>	Phyllanthus amaru	Phyllanthus	Phyllanthaceae
<u>Portulaca oleracea</u>	Le Pourpier	Portulaca	Portulacaceae
<u>Sonchus arvensis</u>	Laiteron des champs	Sonchus	Asteraceae
<u>Trifolium subterraneum</u>	Le trèfle souterrain	Trifolium	Fabaceae
<u>Tilia cordata</u>	Tilleul à petites feuilles	Tilia	Malvaceae
<u>Cicer arietinum</u>	Pois chiche	Cicer	Fabaceae
<u>Philodendron scandens</u>	Philodendron scandens	Philodendron	Araceae
<u>Asplenium antiquum</u>	Asplenium antiquum	Asplenium	Aspleniaceae
<u>Chrysopogon zizanioides</u>	Le vétiver	Chrysopogon	Poaceae

<u>Spirodela polyrhiza</u>	Lentille d'eau géante	Spirodela	Araceae
<u>Typha latifolia L</u>	La massette à larges feuilles	Typha	Typhaceae
<u>Acer palmatum</u>	Érable palmé	Acer	Aceraceae
<u>Quercus virginiana</u>	Quercus virginiana	Quercus	Fagaceae
<u>Vigna unguiculata</u>	Vigna	Vigna	Fabaceae
<u>Jatropha curcas</u>	Pourghère	Jatropha	Euphorbiaceae
<u>Nelumbo nucifera</u>	Lotus sacré	Nelumbo	Nelumbonaceae
<u>Abelmoschus manihot</u>	Aibika	Abelmoschus	Malvaceae
<u>Cyperus alternifolius</u>	Cyperus alternifolius	Cyperus	Cyperaceae
<u>Sorghum halepense</u>	le sorgho d'Alep	Sorghum	Poaceae
<u>Typha angustifolia</u>	quenouille à feuilles étroites	Typha	Typhaceae
<u>Alcea rosea</u>	Passe-rose	Alcea	Malvaceae
<u>Taraxacum mongolicum</u>	Taraxacum mongolicum	Taraxacum	Asteraceae
<u>Calendula officinalis</u>	le souci officinal	Calendula	Asteraceae
<u>Chlorophytum comosum</u>	lierre araignée	Chlorophytum	Asparagacées
<u>Celosia argentea</u>	Les célosies	Celosia	Amaranthacées
<u>Ipomoea aquatica</u>	water spinach	Ipomoea	Convolvulaceae
<u>pontederia cordata</u>	langue du boeuf	pontederia	Pontédériacées
<u>Oenanthe javanica</u>	céleri chinois	Oenanthe javanica	Apiaceae
<u>juncus effusus</u>	juncus effusus	juncus	Juncaceae
<u>nasturtium officinale</u>	Le Cresson de fontaine	nasturtium	Brassicaceae
<u>Alternanthera philoxeroides</u>	Alligatorweed	Alternanthera	Chenopodiaceae

<u>Scirpus validus</u>	scirpe des étangs	Scirpus	Cyperaceae
<u>Chrysopogon zizanioides</u>	Vétiver	Chrysopogon	Poaceae
<u>Thalia dealbata</u>	Thalie poudreuse	Thalia	Marantaceae
<u>carex viridula</u>	carex viridula	carex	Cyperaceae
<u>Laguncularia racemosa</u>	Buttonwood blanc	Laguncularia	combretacea
<u>Acorus calamus</u>	Acorus calamus	Acorus	Acoracées
<u>Polygonum barbatum</u>	Rabbitfoot grass	Polygonum	Polygonaceae
<u>Datura innoxia</u>	stramoine inoffensive	datura	Solanaceae
<u>Avicennia shaueriana</u>	palétuvier noir	Avicennia	Acanthacées
<u>Potamogeton crispus</u>	Potamot à feuilles crépues	Potamogeton	Potamogetonaceae

Annexe 3

Espèce2	Ecologie
<u>Cyperus papyrus</u>	milieu humide, que ce soit en bassin, au bord d'une rivière ou en bac avec un fond d'eau
<u>Noccaea caerulescens</u>	milieu humide , les régions continentales
<u>Pongamia pinnata</u>	zones côtières, souvent le long des plages ou des rivières et dans les fourrés près du niveau de la mer.
<u>Plectranthus neochilus</u>	les arbres dans les bois ouverts secs ou sur les affleurements rocheux
<u>Rhizophora mangle</u>	littoraux vaseux ou vaso-sableux , des environnements salins
<u>Brassica juncea</u>	dans les champs et rudérati, des endroits humides de 0 à 500 m
<u>Festuca arundinacea</u>	, les prairies, les marais salés et les sommets des falaises , les lisières des forêts et les endroits humides
<u>Zea mays</u>	Cultivé partout
<u>Sorghum halepense</u>	Lieux sablonneux du Midi : Provence, Languedoc, Roussillon, Sud-Ouest, Indre-et-Loire ; Corse.
<u>Helianthus annuus</u>	les zones aux jardins , les zones rudérales, les routes rurales et des digues, milieu humide dans un sol calcaire avec PH neutre
<u>Phragmites karka</u>	des terres humides et inondées ou les marécages, sur les rives des étangs, des lagunes et des fossés, même dans les champs cultivés
<u>Eichhornia crassipes</u>	les eaux douces,
<u>Gazania rigens</u>	les jardins.
<u>Arabidopsis halleri</u>	les clairières, lisières et éboulis européens
<u>Sedum alfredii</u>	Roches humides ombragées sur les pentes boisées ; à des altitudes de 2 000 à 3 000 mètres
<u>Trifolium repens</u>	Prés et pelouses, dans toute la France et en Corse.
<u>Pinus banksiana</u>	les forêts boréales, les zones de transition de la toundra, les plaines sèches et les collines, et sur les sols sablonneux;
<u>Epipremnum aureum</u>	grimpant sur les troncs d'arbres et dans la canopée, principalement dans les zones perturbées et le long des routes ; à des altitudes allant jusqu'à 350 mètres
<u>Howea forsteriana</u>	les sables coralliens, les montagnes sur des sols basaltiques

<u>Hydrilla verticillata</u>	dans les rivières, les sédiments sableux, rocheux et organiques.
<u>Eucalyptus globulus</u>	dans les zones de montagne et de plateau entre le plateau , t dans les basses terres
<u>canna indica</u>	. Bords de marécages et de zones humides, berges et autres zones humides.dans les vieux jardins, les sites perturbés et les zones incultes.
<u>Minuartia verna</u>	des régions calcaires, les prairies courtes, des roches volcaniques riches, des sols riches en métaux
<u>Alyssum bertholonii</u>	Anthropiques (habitats artificiels ou perturbés), prairies et champs
<u>Psychotria douarrei</u>	forêt dense humide sur substrat ultramafique à une altitude comprise entre 0 et 1 200 m d'altitude.
<u>Salix atrocinerea</u>	le bord des eaux et des tourbières, dans des lieux humides, des lisières forestières, des prairies humides, des haies, des fructicées
<u>Populus euphratica</u>	poussant le plus souvent près des cours d'eau, mais résistant à la sécheresse et la salinité
<u>Brassica napus</u>	dans toutes les régions
<u>Cannabis sativa</u>	les rochers et les pentes caillouteuses, terrain vague, des sols riches en azote
<u>Brassica juncea</u>	prairies et champs, les zones non humides
<u>Helianthus giganteus</u>	a clairière forestière ou le long des zones ouvertes le long des ruisseaux.
<u>Phragmites australis</u>	les hautes terres et les zones humides non marécageuses
<u>Glyceria fluitans</u>	Mares, fossés, rivières, dans toute la France et en Corse.
<u>Lemna minor</u>	Mares, fossés, eaux stagnantes, dans toute la France et en Corse.
<u>Lolium perenne</u>	Prés, pâturages, chemins, dans toute la France et la Corse.
<u>Nicotiana tabacum</u>	en grand dans plusieurs régions
<u>Solanum nigrum</u>	Lieux cultivés, chemins, décombres, dans toute la France et la Corse.
<u>Eleocharis acicularis</u>	Bords vaseux des étangs et des rivières, dans une grande partie de la France ; nul dans la région méditerranéenne.
<u>Berkheya coddii</u>	le long des cours d'eaux, en climat froid et ponctuellement chaud et secmontagnards ou de bord de mer
<u>Mirabilis jalapa</u>	les jardins côtiers chauds et protégés , sol parfois humide
<u>Chrysanthemum indicum</u>	la zone tempérée, tropicales , sol humide avec ph 6,5

<u>Antirrhinum majus</u>	Rochers et coteaux arides du Midi, jusque dans la Lozère et l'Aveyron ; naturalisé sur les vieux murs çà et là.
<u>Tagetes erecta</u>	les sols humides, neutre, supporter la sécheresse et le froid
<u>Salvia splendens</u>	prairies et champs
<u>Abelmoschus manihot</u>	Friches et coteaux rocheux humides, Prairies, près des ruisseaux et marges des terres agricoles
<u>Pteris vittata</u>	habitats calcaires , la vieille maçonnerie, les trottoirs, les crevasses des bâtiments
<u>Triticum aestivum</u>	Cultivé partout sous un grand nombre de variétés.
<u>Pisum sativum</u>	des zones rocheuses, les régions tempérées
<u>Brassica juncea</u>	les terrains pauvres ou secs, apprécie le calcaire, Bords de routes , zones perturbées, terrains vagues , champs cultivés et abandonnés, jardin échappé
<u>Arundo donax</u>	Lieux sablonneux humides du Midi : Provence, Languedoc, Roussillon ; naturalisé dans le Sud-Ouest et le bas Dauphiné ; Corse.
<u>Miscanthus sp</u>	Cultivé comme fourrage et subspontané çà et là
<u>Elsholtzia haichowens</u>	flancs de ruisseaux de vallée, montagnes rocheuses, coteaux secs, 700-1600m
<u>Pistia stratiotes</u>	ruisseaux, canaux, fossés de drainage, étangs, lacs et sources à faible débit Altitude : 0 à 10 m
<u>Artemisia argyi</u>	les habitats perturbés comme les friches, les terrains agricoles, les bords de routes et de voies ferrées
<u>Axonopus compressus</u>	les habitats humides et perturbés.
<u>Borago officinalis</u>	Terrains vagues ou cultivés, bords des allées, lieux ensoleillés assez secs
<u>Clidemia sparsiflora</u>	des sols plus riches dans les forêts primaires et perturbées, dans les fonds de vallée, sur les pentes inférieures et les alluvions riveraines
<u>Morus nigra</u>	les régions tropicales humides, au-dessus de 1000 m et jusqu'à 2000 m d'altitude sur des sols riches et bien drainés avec un pH neutre ou légèrement alcalin
<u>Persicaria</u>	Lieux humides, bords de routes, plaines inondables, terrains vagues , champs cultivés Altitude : 0-1500(-

<u>lapathifolia</u>	1800) m
<u>Phyllanthus niruri</u>	Sites ouverts dans les zones de forêt sempervirente de basse montagne, à des altitudes de 1 000 à 2 500 mètres
<u>Portulaca oleracea</u>	Lieux cultivés et incultes, dans toute la France et en Corse.
<u>Sonchus arvensis</u>	Champs, lieux cultivés dans toute la France ; manque çà et là dans le Sud et sur le littoral méditerranéen occidental.
<u>Trifolium subterraneum</u>	Pelouses et coteaux siliceux, dans presque toute la France ; rare dans l'Est ; Corse.
<u>Tilia cordata</u>	Bois, dans presque toute la France et en Corse. Souvent planté.
<u>Cicer arietinum</u>	Subspontané dans les moissons et les champs, dans la Provence, le Languedoc, le Roussillon, les Cévennes jusqu'en Auvergne
<u>Philodendron scandens</u>	les forêts tropicales humides humides, mais elles se trouvent également dans les marécages et les berges des rivières.
<u>Asplenium antiquum</u>	Fourrés secs aux Philippines
<u>Chrysopogon zizanioides</u>	Les plaines inondables et les rives des ruisseaux et des rivières, Sols riches et humides, souvent le long des cours d'eau
<u>Spirodela polyrhiza</u>	les eaux calmes à stagnantes,
<u>Typha latifolia L</u>	Mares, étangs, rivières, dans presque toute la France et en Corse.
<u>Acer palmatum</u>	pousse aux latitudes tempérées, lisières de forêts, forêts, prairies et champs
<u>Quercus virginiana</u>	Plaine côtière, forêts claires sempervirentes, garrigues et buttes sur loam, argile et rarement sur sable sur la côte immédiate
<u>Vigna unguiculata</u>	les zones tropicales de basse altitude
<u>Jatropha curcas</u>	Prairie de Sandveld ; marges de casserole peu profondes; prairie boisée à Acacia et Combretum ; à des altitudes de 900 à 1 400 mètres Sites perturbés.
<u>Nelumbo nucifera</u>	Trouvé dans les grands lacs à des altitudes allant jusqu'à 1 400 mètres dans l'Himalaya
<u>Abelmoschus manihot</u>	Friches et coteaux rocheux humides Au Népal, il pousse à des altitudes de 700 à 1700 mètres dans des endroits rocheux avec des arbustes, Prairies, près des cours d'eau et marges des terres agricoles

<u>Cyperus alternifolius</u>	Sols humides et perturbés, fossés, berges de cours d'eau et bords de ruisseaux
<u>Sorghum halepense</u>	Lieux sablonneux du Midi : Provence, Languedoc, Roussillon, Sud-Ouest, Indre-et-Loire ; Corse
<u>Typha angustifolia</u> *	Souvent eau un peu saumâtre ou subsaline ou sol humide
<u>Alcea rosea</u>	Sites perturbés, bords de routes, terrains vagues intolérant à la salinité du sol, ils ne devraient pas pousser aussi bien en bord de mer,
<u>Taraxacum mongolicum</u>	En périphérie de village, talus et bords de routes humides.
<u>Calendula officinalis</u>	Lieux perturbés
<u>Chlorophytum comosum</u>	le niveau de la mer jusqu'à des altitudes de plus de 1 000 m. dans les sous-bois des vallées fluviales boisées, des régions montagneuses et des fourrés, sur des talus escarpés, des terrains plats et des falaises.
<u>Celosia argentea</u>	Déchets, zones
<u>Ipomoea aquatica</u>	lacs, zones riveraines, cours d'eau, milieux humides, les habitats aquatiques d'eau douce, les canaux et les fossés,
<u>pontederia cordata</u>	Bords des étangs et des lacs
<u>Oenanthe javanica</u>	les zones humides, le long des ruisseaux et sur les bords des étangs
<u>juncus effusus</u>	Écologie Lieux humides, dans toute la France et en Corse.
<u>nasturtium officinale</u>	Sources, fontaines, ruisseaux, dans toute la France et en Corse
<u>Alternanthera philoxeroides</u>	Etangs, fossés, ruisseaux, bayous
<u>Scirpus validus</u>	Marais frais à saumâtres, fens, tourbières, lacs, berges et barres de cours d'eau, pionnier dans les endroits perturbés,
<u>Chrysopogon zizanioides</u>	des rives des rivières et des plaines inondables
<u>Thalia dealbata</u>	plaine côtière dans les marécages, les bords de ruisseaux, les fossés en bord de route et les étangs
<u>carex viridula</u>	Marécages siliceux, dans presque toute la France et en Corse

<u>Laguncularia racemosa</u>	la frange intérieure des végétations de mangrove, les sites perturbés où il peut former des peuplements purs
<u>Acorus calamus</u>	Mares, étangs, rivières, dans l'Est, des Ardennes à l'Isère, et çà et là naturalisé ailleurs
<u>Polygonum barbatum</u>	les sols rocheux dans les lits de rivières asséchés et les vasières asséchées le long des lacs et dans les champs
<u>Datura innoxia</u>	Endroits ouverts sablonneux ou graveleux à des altitudes inférieures à 1 200 mètres en Californie
<u>Avicennia shaueriana</u>	près de la mer, au niveau des basses eaux, supportent un degré élevé de salinité
<u>Potamogeton crispus</u>	Mares, étangs, lacs, rivières, dans toute la France.

Annexe 4

<u>Espèce22</u>	<u>Type Phytogéographique</u>
<u>Cyperus papyrus</u>	l'aise, Afrique tropicale et Madagascar.
<u>Noccaea caeruleas</u>	en Europe en altitude uniquement, les espaces ouverts, En Amérique du Nord
<u>Pongamia pinnata</u>	originaire des régions tropicales et tempérées d'Asie
<u>Plectranthus neochilus</u>	Afrique et Australie
<u>Rhizophora mangle</u>	Floride, Mexique, Amérique centrale, aux Antilles, Amérique du Sud, Afrique occidentale, les Antilles françaises
<u>Brassica juncea</u>	l'origine de 'Asie, dans Europe centrale et du Sud, Amérique du Nord, en Italie
<u>Festuca arundinacea</u>	grandes régions d'Europe, d'Asie et d'Afrique du Nord de la Libye au Maroc. , la Russie d'Europe du Nord et de l'Islande, l'Asie centrale jusqu'à du Xinjiang en Chine et du nord de l'Asie
<u>Zea mays</u>	Originnaire de l'Amérique du Sud.
<u>Sorghum halepense</u>	Europe méridionale ; Asie ; Afrique ; introduit en Amérique et en Australie.
<u>Helianthus annuus</u>	Italie, France , NO VA BG BZ BS VR
<u>Phragmites karka</u>	du Canada, des États-Unis, de l'Amérique centrale, de l'Amérique du Sud et des Antilles, à l'Europe, l'Asie, l'Afrique, l'Australie et les îles polynésiennes.
<u>Eichhornia crassipes</u>	bassin amazonien du Brésil, dans les régions tropicales et subtropicales du monde
<u>Gazania</u>	'Afrique de sud

<u>rigens</u>	
<u>Arabidops is halleri</u>	toute l'Europe centrale, d'Asie et du nord-ouest de l'Afrique.
<u>Sedum alfredii</u>	l'hémisphère nord, s'étendant à l'hémisphère sud en Afrique et en Amérique du Sud, étant le plus diversifié en Méditerranée, en Amérique centrale, en Himalaya et E. Asie - Chine orientale et méridionale, Japon, Corée
<u>Trifolium repens</u>	Europe ; Asie ; Afrique et Amérique septentrionales.
<u>Pinus banksiana</u>	Canada: North West Territories, British Columbia, Alberta, Saskatchewan, Manitoba, Ontario, Québec,
<u>Epipremn um aureum</u>	Bangladesh, India, Myanmar, Thailand, Vietnam, Malaysia, Singapore, Indonesia, Australia
<u>Howea forsterian a</u>	Australie, sur l'île Lord Howe
<u>Hydrilla verticillat a</u>	en Afrique, en Europe, en Asie, en Australie, en Nouvelle-Zélande, dans les îles du Pacifique, en Amérique du Sud et en Amérique du Nord
<u>Eucalyptu s globulus</u>	dans les forêts de la Nouvelle-Galles du Sud, de Victoria et de Tasmanie, Espagne et au Portugal , sud de l' Europe, Chypre , Afrique australe , Nouvelle-Zélande , ouest des États-Unis (Californie), Hawaï , Macaronésie , [et Chili .
<u>canna indica</u>	l'Amérique du Sud, de l'Amérique centrale, des Antilles et du Mexique.
<u>Minuartia verna</u>	le nord du Pays de Galles et du basalte en Irlande du Nord, îles de la mer Égée nord, Grèce centrale nord, Pinde nord, Péloponnèse, Sterea Ellas
<u>Alyssum bertholoni i</u>	d'Europe, d'Asie et d'Afrique du Nord,
<u>Psychotri a douarrei</u>	Terre du Kaala au Nord au Mont Dore au Sud de la Nouvelle-Calédonie.
<u>Salix atrocineri</u>	canada

<u>a</u>	
<u>Populus euphratica</u>	Asie centrale, du Moyen-Orient et du nord du Maghreb.
<u>Brassica napus</u>	europe , luxembourg, bruxelle
<u>Cannabis sativa</u>	se trouve pratiquement partout dans le monde , l'origine d'Asie centrale au nord de l'Himalaya
<u>Brassica juncea</u>	amérique du nord
<u>Helianthus</u>	
<u>s giganteus</u>	d'Amérique du Nord, des États de l'Est et du Canada, l'Arkansas
<u>Phragmites australis</u>	d'Amérique du Nord, l'est des États-Unis, Australie
<u>Glyceria fluitans</u>	Europe ; Asie ; Afrique ; Amérique.
<u>Lemna minor</u>	Tout le globe.
<u>Lolium perenne</u>	Europe et presque tout le globe.
<u>Nicotiana tabacum</u>	originaire de l'Amérique tropicale
<u>Solanum nigrum</u>	Toute l'Europe et presque tout le globe.
<u>Eleocharis</u>	
<u>s acicularis</u>	toute l' Europe , l' Asie centrale et du sud- est , l'Amérique du Nord et le nord - est de l'Amérique du Sud jusqu'en Équateur et Australie
<u>Berkheya coddii</u>	Afrique tropicale, en Afrique du Sud
<u>Mirabilis jalapa</u>	Du Mexique à l'Amérique centrale

<u>Chrysanthemum indicum</u>	Asie du Sud-Est
<u>Antirrhinum majus</u>	Europe méridionale ; Asie occidentale ; Afrique septentrionale.
<u>Tagetes erecta</u>	Mexique et du Guatemala, en Amérique du Nord et du Sud, dans les Caraïbes, en Afrique, en Asie, en Europe et en Océanie
<u>Salvia splendens</u>	Texas ou du nord-est du Mexique.
<u>Abelmoschus manihot</u>	E. Asie - Asie du Sud-Est jusqu'au nord de l'Australie
<u>Pteris vittata</u>	Afrique australe, Asie tempérée et tropicale, l' Australie , Queensland , Victoria et Australie occidentale
<u>Triticum aestivum</u>	Floride , Wyo. , Porto Rico , NJ , N. Mex. , Texas , La. , Nébr. , Tenn. , NC , SC , Pennsylvanie , NY , Okla., Alaska , Nev. , Va. , Colorado , Md. , Californie , Ala. , Ark. , Ill. , Ga. , Ind.
<u>Pisum sativum</u>	des régions méditerranéennes orientales. Issu des régions de l'est à Syrie, Irak, et L'Iran
<u>Brassica juncea</u>	L' Europe , l' Asie , l' Afrique , introduit également au Mexique , Antilles , Amérique Centrale , Amérique du Sud , en Australie. Qué. , Saskatchewan. , Ala. , Alaska , Floride , Géorgie , Idaho , Ill. , Ind. , Iowa, Kans. , Ky. , La. , Maine , Md. , Mass. , Mich. , Minn. , Miss. , Mo. , Mont. , Nébr. , Nevada , NH , NJ , N.Mex. , NY , Caroline du Nord ,
<u>Arundo donax</u>	le sud de la France depuis la région du sud de la mer Caspienne et de la vallée de l'Indus
<u>Miscanthus sp</u>	Asie : Chine , Japon , Corée , Indonésie et Philippines plante envahissante .
<u>Elsholtzia haichowensis</u>	la Californie et du Sud-Ouest des États-Unis à proximité des forêts de séquoias
<u>Pistia stratiotes</u>	Floride , La. , Tex. , Mexique , Antilles , Amérique Centrale , Amérique du Sud , Asie , Afrique , des îles du Pacifique , l' Australie.

<u>Artemisia argyi</u>	Qué. , Saskatchewan. , Alaska , Arizona , Ark. , Californie , Colorado , Connecticut , Floride , Idaho , Ill. , Ind. , Iowa , Kans. , Maine , Massachusetts , Michigan , Minn. , Mississippi ,texas
<u>Axonopus compressus</u>	Texas , La. , Porto Rico , Îles Vierges , Ala. , Ark. , Ga. , SC , Floride
<u>Borago officinalis</u>	ud de la Grande-Bretagne, la région méditerranéenne du sud de l'Europe, l' Algarve au Portugal
<u>Clidemia sparsiflora</u>	Asie du Sud-Est - Bornéo.
<u>Morus nigra</u>	les régions tempérées et tropicales , Amérique du Nord , l' Europe , et en Asie.
<u>Persicaria lapathifolia</u>	Groenland , Saint-Pierre-et-Miquelon , Alta.Mexique , Amérique du Sud , l' Europe , l' Asie , l' Afrique , des îles du Pacifique (Nouvelle - Zélande).
<u>Phyllanthus niruri</u>	les contrées tropicales
<u>Portulaca oleracea</u>	la France et les régions chaudes et tempérées de la Terre, Europe , Asie, Amérique ou Australie.
<u>Sonchus arvensis</u>	Europe, d'Afrique du Nord et d'Asie de l'Ouest, la plante s'est propagée avec l'activité humaine dans la plupart des régions tempérées
<u>Trifolium subterraneum</u>	au bassin méditerranéen et aux régions périphériques. Cette aire comprend les pays suivant : Albanie, Algérie, Azerbaïdjan, Belgique, Bulgarie, Chypre, Espagne, France, Grèce, Hongrie, Irak, Irlande, Italie, Liban, Malte, Maroc, Pays-Bas, Portugal, Roumanie, Tunisie, Ukraine. On la trouve presque partout en France métropolitaine (sauf dans l'Est).
<u>Tilia cordata</u>	L'aire naturelle du tilleul à petites feuilles comprend presque toute l'Europe : des îles britanniques à l'Oural, du sud des Pays scandinaves à l'Italie. Il est présent dans toute la France
<u>Cicariarietinum</u>	tous les continents (à l'exception de l'Antarctique), des zones froides aux zones tropicales.
<u>Philodendron</u>	les régions tempérées chaudes, subtropicales et tropicales de l'Asie orientale et méridionale et du sud et de l'est de l'Afrique avec des hivers doux

<u>scandens</u>	
<u>Asplenium antiquum</u>	Asie du Sud-Est - Philippines
<u>Chrysopsis zizanioides</u>	E. Asie - Pakistan, Inde, Sri Lanka, Myanmar, Thaïlande
<u>Spirodela polyrhiza</u>	dans diverses régions d'Europe (France, en Allemagne , en plaine d'Alsace et en Suisse , ainsi qu'en Angleterre , Actuellement présente dans les Îles britanniques, en Belgique, aux Pays-Bas, en Italie, en Allemagne et en France.
<u>Typhalatifolia L</u>	en Europe, Asie et Amérique du Nord , elle tolère les eaux polluées.
<u>Acer palmatum</u>	en Chine, en Corée, au Japon et à Taiwan
<u>Quercus virginiana</u>	du Sud-Est des États-Unis.
<u>Vignanguiculata</u>	au sud des Mandara avec les différents groupes faliet, en plaine, les Moundang et les Toupouri. Elle se termine au sud avec les Mboum à l'est, les Nyem-nyem à l'ouest et les Képéré isolés au sud.
<u>Jatropha curcas</u>	Afrique australe - Namibie, Botswana, Zimbabwe, Afrique du Sud.
<u>Nelumbo nucifera</u>	l'Asie, les régions chaudes, les régions tempérées continentales, Asie de l'Ouest - Iran, Azerbaïdjan ; E. Asie - Sous-continent indien, Chine, Japon, Myanmar, Thaïlande, Vietnam, Malaisie, Indonésie, Philippines à Australie
<u>Abelmoschus manihot</u>	E. Asie - Chine, Pakistan, Inde, Népal, Bhoutan, Myanmar, Thaïlande, Malaisie, Indonésie, Philippines jusqu'à la Nouvelle-Guinée et l'Australie du Nord.
<u>Cyperus alternifolius</u>	Originaire de la majeure partie de l'Afrique subsaharienne et de l'Arabie, la plante est également naturalisée depuis longtemps en Méditerranée, dans certaines parties de l'Asie tropicale et des Amériques
<u>Sorghum halepense</u>	bassin méditerranéen (Europe méridionale, Afrique du Nord et vraisemblablement Asie Mineure et Proche-Orient), dans les régions de climat tempéré chaud et subtropical, en Amérique du Nord, en Europe, en Afrique et en Asie sud-occidentale, ainsi

	qu'en Amérique du Sud (Brésil, Argentine) et dans le nord de l'Australie.
<u>Typha angustifolia</u>	Europe jusqu'à l'Asie Occidentale et Amérique du Nord.
<u>Alcea rosea</u>	Asie (Chine) , introduit également presque dans le monde entier.
<u>Taraxacum mongolicum</u>	Hebei, Shanxi, Sichuan et Xizang. Cependant, les occurrences signalées dans le Gansu, le Qinghai, Taïwan et le Yunnan
<u>Calendula officinalis</u>	Californie , Connecticut , Maine , Massachusetts , Michigan , NH , Ohio , Pennsylvanie , Eurasie , Afrique , îles de l'Atlantique
<u>Chlorophytum comosum</u>	Afrique tropicale de l'Ouest, Afrique tropicale du centre-ouest, Afrique tropicale du Nord-Est, Afrique tropicale de l'Est, Afrique tropicale du Sud et Afrique du sud
<u>Celosia argentea</u>	Antilles , Amérique du Sud , originaire d'Asie (Inde).
<u>Ipomoea aquatica</u>	Asie, Afrique, Australie, îles du Pacifique et Amérique du Sud, sud de la Chine
<u>pontederica cordata</u>	Amérique du Sud - Argentine, Uruguay, Paraguay, Brésil, Bolivie, Colombie, Venezuela ; C. Amérique - Honduras, Belize ; Caraïbes - Cuba ; Amérique du Nord à E. Can
<u>Oenanthe javanica</u>	en Asie tempérée et en Asie tropicale , et est également originaire du Queensland , en Australie
<u>juncus effusus</u>	Europe ; Asie ; Afrique et Amérique boréales ; Australie.
<u>nasturtium officinale</u>	Europe ; Asie ; Afrique ; Amérique ; Nouvelle-Zélande
<u>Alternanthera</u>	Texas , Va. , Antilles , originaire d'Amérique du Sud.

<u>philoxeroi</u> <u>des</u>	
<u>Scirpus</u> <u>validus</u>	Pennsylvanie , Mexique , Antilles , Amérique Centrale , s Amérique du Sud , Eurasie , Afrique , îles du Pacifique , l' Australie , la Nouvelle Zélande
<u>Chrysopo</u> <u>gon</u> <u>zizanioide</u> <u>s</u>	NC + , Îles du Pacifique (Hawaiï) + , Floride + et Texas +
<u>Thalia</u> <u>dealbata</u>	Ark. , Ga. , Ill. , La. , Miss. , Mo. , Okla. , SC , Tex.
<u>carex</u> <u>viridula</u>	Europe ; Perse ; Amérique boréale.
<u>Laguncul</u> <u>aria</u> <u>racemosa</u>	Zones côtières de l'Afrique occidentale tropicale, des Caraïbes, des côtes orientales et occidentales de l'Amérique tropicale.
<u>Acorus</u> <u>calamus</u>	Europe centrale et boréale ; Asie ; Amérique boréale.
<u>Polygonu</u> <u>m</u> <u>barbatum</u>	les régions tropicales,de l'Afrique à l'Australie en passant par l'Asie et répondu en Qubeque
<u>Datura</u> <u>innoxia</u>	Sud-ouest de l'Amérique du Nord jusqu'à l'Amérique centrale
<u>Avicennia</u> <u>shauerian</u> <u>a</u>	l'Asie du Sud-Est , l'amérique du sud , brésil , l'amérique du nord
<u>Potamoge</u> <u>ton</u> <u>crispus</u>	Presque tout le globe.