

Etude de l'impact paysager des projets de phytoremédiation concernant les friches industrielles

Auteur : Touvron, Valentin

Promoteur(s) : Legrain, Xavier

Faculté : Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

Diplôme : Master architecte paysagiste, à finalité spécialisée

Année académique : 2017-2018

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/5116>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

ETUDE DE L'IMPACT PAYSAGER DES PROJETS DE PHYTOREMEDIATION CONCERNANT LES FRICHES INDUSTRIELLES

VALENTIN TOUVRON

**TRAVAIL DE FIN D'ETUDES PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
MASTER D'ARCHITECTE PAYSAGISTE**

ANNEE ACADEMIQUE 2017-2018

PROMOTEUR : XAVIER LEGRAIN

CO-PROMOTEUR : GILLES COLLINET

Toute reproduction du présent document par quelque procédé que ce soit ne peut être autorisée qu'avec l'autorisation de l'auteur, et du Président du Comité de Gestion de la formation en Architecte paysagiste.

Résumé

Ce mémoire porte sur une technique biologique de gestion de la pollution des sols, nommée phytoremédiation. Elle se base sur une utilisation de végétaux spécifiques, pouvant se développer sur des sols à fortes concentrations en polluants. La technique se développe sur des sites où les contaminations aux polluants peuvent avoir des impacts néfastes pour l'homme, mais aussi pour les écosystèmes en place. Le contexte choisit ici est celui d'anciens sites industriels, abandonnés aujourd'hui. Ces parcelles rentrent donc dans la composition du paysage, avec des dimensions de santé public, mais également économique. La phytoremédiation est alors une réponse à des problématiques territoriales actuelles, sachant qu'elle modifie l'aspect d'un site, par l'apport d'une nouvelle végétation. Ce travail vise donc à s'intéresser à une dimension peu développée de la phytoremédiation : son aspect paysager. En effet, cette modification du paysage aura des impacts sur les populations locales. L'objectif est donc d'enrichir une discipline à la base axée sur des recherches scientifiques, en y apportant le regard du paysagiste, afin de mieux comprendre et d'améliorer la place de la technique sur un territoire.

Abstract

This dissertation is about a biology technic management of soil pollution, called phytoremediation. It is base on the use of spefcicis plants, wich can grow on soils at hight pollutants concentrations. The technic is practice on sites where contaminations can impact negativly humans, and ecosystems. The background of this research is former industries areas wich are deserted today. Those plotes takes an important place in the landscape components, with an impact on publics healths, and on the economy. Phytoremediation is an answer to territory currents problems, because it change the aspect of a site by bringing a new type of vegetation. This dissertation attent to show an unknow side of phytoremediation : his lanscape aspect. Indeed, this modification of landscape will have consequences on the local population. The objectif is to make grow a discipline wich are primarily based on scientifics researchs, by bringing the lanscape architect eye, for facilitate the technic developpement on a territory.

Mots clés : Phytoremédiation ; pollution des sols ; contamination des sols ; polluants ; friche industrielle ; aspect paysager ; bio-dépollution

Keywords : Phytoremediation ; soil pollution ; soil contamination ; pollutants ; industrial wasteland ; landscaping aspect ; bio-remediation

Remerciements

Je souhaite tout d'abord remercier mon promoteur Xavier Legrain d'avoir accepté de m'accompagner tout au long de ce travail de recherche. Son expertise et sa pédagogie m'ont permis de rapidement me familiariser avec un domaine que je ne connaissais que très peu.

Je voudrais ensuite remercier mon co-promoteur Gilles Collinet, pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail, ce qui a généré une association ingénieur/paysagiste très enrichissante. Cela m'a également permis de rencontrer d'autres personnes concernées par mon sujet d'étude, ce qui m'a beaucoup apporté.

Je tiens à remercier Amandine Liénard, pour avoir accepté d'être la lectrice de ce mémoire.

Je remercie également Aricia Evlard, pour la curiosité qu'elle a porté sur ce travail et pour m'avoir donné la possibilité de me rendre sur un site où de la phytoremédiation était pratiquée.

Je voulais aussi remercier Martine Piret, pour sa disponibilité et la vision sociale qu'elle m'a apporté par rapport à un territoire.

Je remercie Thomas Dogot, pour son aide lors de la dernière partie de ce mémoire. Son expertise m'a permis de conserver un cadre pertinent pour l'élaboration de mon exercice de sondage.

Je tiens à remercier également Guillaume Lemoine, pour le temps qu'il m'a consacré, mais aussi pour l'enrichissement de mes connaissances dans le domaine de la pollution des sols sur un territoire.

Je souhaite remercier Ludivine Spyscheart, pour ses explications et pour m'avoir consacré du temps lors de la visite de mon site d'étude.

Je remercie enfin les 286 personnes qui ont accepté de répondre à l'exercice de sondage que j'ai mis en place pour ce mémoire, ainsi que toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail.

Table des matières

Introduction	3
---------------------------	----------

PARTIE 1 : CONSTAT SUR LA PLACE DES FRICHES INDUSTRIELLES DU POINT DE VUE DU PAYSAGE ET SUR LEURS COMPOSANTES SOCIOLOGIQUES POUR LES POPULATIONS LOCALES.....	5
--	----------

1. Définition et évolution du terme « friche »	5
2. Perception générale des friches industrielles : des espaces de nature particuliers dans le paysage urbain.....	8
3. Les bienfaits sociaux apportés par les friches industrielles.....	9
3.1. Définition et avantages des espaces verts	9
3.2. Les friches sont-elles des espaces verts ?	11
3.3. Place des friches dans un cadre de vie en tant qu'espace végétalisé	12
3.4. Les limites des bienfaits de la friche.....	12
3.5. Les services écosystémiques offerts par les friches industrielles	12
4. Conclusion sur la place de la friche industrielle aujourd'hui dans le paysage ...	14

PARTIE 2 : LA PHYTOREMEDIATION : UNE PROPOSITION DE REAFFECTATION DES FRICHES INDUSTRIELLES.....	16
---	-----------

1. Evolution historique de la phytoremédiation.....	17
2. L'état de la pollution des sols	18
2.1. Définitions de termes clés	18
2.2. Principe de bioaccumulation, biodisponibilité et explication du risque de santé publique	22
3. Les techniques de dépollution en phytoremédiation	23
3.1. Risques de santé publique en fonction des expositions	23
3.2. Les principales techniques	25
3.2.1. La phytostabilisation	26
3.2.2. La phytoextraction.....	27

3.2.3.	La phytovolatilisation.....	28
3.2.4.	La phytodégradation.....	29
3.2.5.	La rhizodégradation.....	30
3.3.	Analyses critiques des avantages et inconvénients de ces techniques.....	31
3.3.1.	Aspect durable.....	31
3.3.2.	Aspect économique.....	31
3.3.3.	Aspect social.....	32
3.3.4.	Aspect paysager.....	32
4.	Quelle place pour le paysagiste dans ce domaine ?.....	34
5.	Conclusion de la seconde partie.....	36

PARTIE 3 : POTENTIELS PAYSAGERS ET SOCIOLOGIQUES DES ESPACES EN PHYTOREMEDIATION 37

1.	La qualité paysagère des espaces en phytoremédiation.....	37
2.	Le landscape urbanism : une proposition de mixité des disciplines.....	41
3.	Exercice de sondage sur le ressenti des espaces verts et sur la phytoremédiation.....	42
3.1.	Explication du protocole suivi pour l'exercice.....	42
3.2.	Développement et analyse des données.....	52
3.3.	Elaboration de la grille.....	64
3.4.	Présentation et justification du site d'étude.....	67
3.5.	Application de la grille au site.....	68
3.6.	Discussion.....	69

Conclusion..... 71

Bibliographie..... 73

Figures..... 77

Tableaux..... 78

Annexes..... 79

Introduction

Le développement anthropique s'accompagne le plus souvent d'une consommation de ressource. De ce fait, cette notion a dû être plus étudiée et chiffrée dans une volonté d'optimiser le développement. Si l'on pense dans un premier temps à des notions matérielles comme le commerce de denrées ou des biens physiques, d'autres sphères, moins évidentes à l'origine, sont également touchées par le principe de consommation anthropique. C'est le cas par exemple de l'espace au sol.

Cependant, la gestion de l'espace s'est souvent développée dans un esprit fortement basé sur la consommation excessive de cette ressource. Certains modes de réflexions partent du constat que la majorité des ressources de notre planète est limitée. L'espace n'échappe pas à la règle. Mais que se passe-t-il lorsqu'une ressource arrive à son épuisement et/ou que l'activité d'une zone n'est plus développée par la société ? L'endroit en question est alors souvent délaissé, et le développement se déplace vers de nouveaux espaces. Le paysage ainsi formé reste le cadre de vie de la population locale et de ce fait, a un impact sur son quotidien. Dans ce mémoire, nous nous intéresserons aux espaces exploités par l'industrie, et plus précisément aux surfaces qui ont subi par le passé une activité industrielle et qui sont maintenant abandonnées.

Aujourd'hui, beaucoup de réflexions s'accordent à dire que l'homme doit être conscient de l'aspect limité de ses ressources, et qu'il est vital de réfléchir à leur gestion. La ressource « espace » ayant clairement été définie comme telle, beaucoup de projets cherchent aujourd'hui à savoir comment l'optimiser de manière plus durable.

Les anciennes zones industrielles font souvent l'objet d'une pollution des sols. Or, il sera démontré dans ce mémoire que des risques sanitaires sont bel et bien présents lors de la mise en contact de certaines substances avec l'homme. La question qui se pose alors est : comment concilier le besoin de réutiliser certains espaces tout en limitant le risque de santé publique dans les anciennes zones industrielles ?

La phytoremédiation est une technique qui est actuellement utilisée pour remédier à la pollution des sols. Principalement employée dans les zones qui avaient une vocation industrielle, elle a la particularité de passer par l'utilisation de certaines plantes, qui ont la capacité d'agir sur les polluants présents dans le sol (en les stockant, en les extrayant etc.). Il existe un certain nombre de sous-techniques qui ont chacune leurs spécificités.

Ce mémoire part d'un constat simple. Si les espaces anciennement industrialisés comme les friches ont un impact sur le cadre de vie d'une population, et que les projets de phytoremédiation redonnent une fonction à ces espaces tout en modifiant leur aspect par la présence de nouveaux végétaux, quel paysage est alors produit et quels sont les nouveaux impacts sur les habitants ?

Dans une première partie, nous essayerons de faire un constat sur la place des friches du point de vue du paysage et son impact sociologique sur la population. Dans une seconde partie, nous aborderons la phytoremédiation, avec des détails sur les différentes sous-techniques et l'essor de ces dernières. Enfin, nous essayerons de mesurer l'impact au niveau paysager et sociologique des espaces qui sont en phytoremédiation sur les habitants. En s'appuyant sur une réalisation existante, nous ferons des comparaisons à l'aide d'une grille de critères, réalisée sur base de deux enquêtes inédites.

Explication du schéma d'intention :

1. La phytoremédiation est une technique de biotechnologie qui permet de gérer et/ou de réduire la pollution dans un sol. La première vocation de ce genre de projet est donc scientifique et à des fins de santé publique.
2. Comme nous nous intéressons aux projets de phytoremédiation qui utilisent des plantes, ceux-ci ont un impact visuel dans le paysage d'une population donnée.
3. Dans ces projets, la dimension paysagère n'est pas traitée lors de leur élaboration.
4. L'objectif général est donc de faire évoluer la technique en lui apportant une dimension paysagère, qui vient après la vocation principale de la technique.
5. Pour arriver à cette nouvelle dimension, il faut d'abord savoir :
 - Sur quels types de sites les projets de phytoremédiation sont généralement mise en place. (PARTIE 1)
 - Connaître les détails et les codes de cette technique (PARTIE 2)
 - La place que ces espaces ont dans un paysage (PARTIE 3)

PARTIE 1 : CONSTAT SUR LA PLACE DES FRICHES INDUSTRIELLES DU POINT DE VUE DU PAYSAGE ET SUR LEURS COMPOSANTES SOCIOLOGIQUES POUR LES POPULATIONS LOCALES

Dans cette partie, nous aborderons un type d'espace sur lequel des projets de phytoremédiation sont mis en place : les friches industrielles. Deux raisons justifient le choix de traiter ces espaces : premièrement ces endroits représentent la majorité de ceux sur lesquels la phytoremédiation est développée, deuxièmement beaucoup de ces friches sont présentes dans les milieux urbains, où l'enjeu de santé publique y est important actuellement.

1. Définition et évolution du terme « friche »

Il semble avant tout primordial de bien définir ce qu'est une friche et ce qui ne l'est pas. Selon une définition belge, nous pouvons lire que : « La loi du 27 juin 1978, applicable au territoire wallon, considère comme friche (bien que ce mot ne soit pas employé et que l'on dise plutôt site d'activité économique désaffecté) (Moniteur belge du 24 août 1978, pp. 9421-9430), tous les terrains d'ancienne activité (non seulement industrielle, mais aussi tertiaire), abandonnés depuis au moins cinq ans et dont le maintien est contraire au bon aménagement du territoire. » (Mérenne, 1982). Il s'avère pertinent, au vu de la date de parution de cette définition, de la replacer dans un certain contexte. En effet, si une grande partie des éléments de cette citation sont toujours vérifiables aujourd'hui, certains autres ont évolué.

Nous pouvons dans un premier temps constater qu'ici, le terme « friche » définit avant tout un espace ayant accueilli auparavant une ancienne activité anthropique. Tous les espaces portant naturellement une flore spontanée et n'ayant pas subi d'activités humaines ne rentrent donc pas dans cette définition.

La dernière information de la citation « le maintien est contraire au bon aménagement du territoire » est à retenir. Elle revient à dire que conserver et entretenir une friche va à l'encontre des principes d'aménagement du territoire. Selon l'auteure, ces espaces n'ont pas d'impacts positifs et ralentissent en quelque sorte le développement d'une localité. De plus, cela met en avant le fait qu'il existerait une politique universelle dans l'aménagement du territoire. Selon cette citation, l'entretien des friches est donc à proscrire.

La définition précédente date de plus de 35 ans. Compte tenu du fait que l'aménagement du paysage est en constante évolution, nous pouvons dès lors nous poser la question : la vision des friches de la définition de la loi du 27 juin 1978 est-elle toujours applicable aujourd'hui dans les politiques d'aménagement du territoire ?

Le mot « friche » a eu plusieurs significations au cours de l'histoire. Si actuellement elle tend à désigner une parcelle qui a anciennement accueilli une activité anthropique et qui n'a plus de fonction effective, elle était auparavant plus proche du vocabulaire agricole. En 1982, Bernadette Mérenne emploie les termes de « métaphore empruntée à l'agriculture où elle désigne une terre inculte ». Elle définissait alors l'usage d'une terre en prairie de type pâturée, laissée au repos. Cette technique s'est ensuite développée vers la rotation que nous connaissons actuellement. A l'origine, ce mot était donc bien employé dans l'optique de laisser en attente un terrain, sans lui donner de fonction.

Le terme « friche » a réellement pris un tournant lorsque l'activité de l'ère industrielle a commencé à s'essouffler, pour être remplacée par l'ère pétrolière et nucléaire que nous connaissons aujourd'hui. A l'époque industrielle, une grande partie de l'économie était orientée vers le charbonnage et l'exploitation de minerais similaires ¹. Ces nouvelles sources d'énergies demandaient une consommation considérable d'espace dans les zones concernées. Des pays comme l'Angleterre, mais aussi la Belgique et la France, possédaient par exemple chacune des ensembles urbains où tout était tourné vers l'industrialisation. De nombreux quartiers furent construits par les entreprises, à la fois pour unifier les populations travaillant à l'usine, mais également pour des raisons économiques. Ce phénomène a engendré une densification du bâti autour des zones d'extraction. Ainsi, des éléments paysagers comme les terrils, qui restent des résidus inutilisables des minerais extraits, façonnèrent le paysage minier.

Du point de vue paysager, nous avons assisté à cette époque à un véritable changement de la typologie existante. L'exploitation minière s'accompagnant souvent d'une anthropisation intensive ², l'aspect végétalisé des ensembles concernés fut laissé de côté. Visuellement, cela s'accompagna de beaucoup de verticalité et de rigidité dans l'espace, à la fois par les nombreux bâtiments construits, mais aussi avec les terrils. Actuellement, ces paysages restent très marqués par cette minéralisation ³. Mais avec la faillite des entreprises, beaucoup de surfaces furent abandonnées, ce qui favorisa le retour d'une végétation pionnière, notamment sur les friches industrielles.

Le fait est que, l'industrie s'étant tournée vers d'autres ressources depuis le milieu du 20^e siècle, le départ des grandes entreprises engendra un grand nombre de problèmes, notamment l'abandon de parcelles polluées. Ces zones n'ont pas été prises en charge par les collectivités locales, créant ainsi un paysage de terres délaissées, auquel s'ajoute une augmentation de la pauvreté due à l'abandon du charbon comme ressource principale d'énergie.

Au début des années 1980, la politique d'aménagement du territoire a été reconsidérée. Les villes qui s'étaient développées autour des charbonnages ont formé des ensembles dynamiques au niveau économique et social. Mais supprimer le fond de l'activité d'un paysage ne veut pas forcément dire que l'on en supprime la forme. Si en quelques décennies, la désertification des entreprises a provoqué un changement au niveau législative des fonctions de certaines zones, l'impact visuel et paysager de ces sociétés ne peut s'effacer aussi rapidement.

C'est donc avec ce constat d'un territoire altéré que se sont développées les politiques territoriales au début des années 1980. On s'est alors rendu compte que si la période industrielle avait le plus souvent engendrée des paysages sur de vastes échelles, il était maintenant essentiel de se reconcentrer sur des échelles beaucoup plus locales, plus proches des individus. Selon Mérenne B. : « Après une période marquée par la croissance spectaculaire des espaces urbains [...], il convient peut-être de repenser l'aménagement à un niveau spatial plus restreint – celui du quartier, de l'îlot, de la rue – niveau qui touche davantage l'habitant » (Mérenne, 1982). Les friches industrielles, du fait qu'elles n'aient plus de fonctions, sont alors (psychologiquement et au niveau législatif) extraites de leur contexte industriel, pour être vues non plus comme une composante des compagnies minières, mais bien comme un espace qui fait partie intégrante du cadre de vie d'un riverain. Ce constat va amener les politiques territoriales à reconsidérer ces surfaces abandonnées afin de s'en servir pour soutenir les nouvelles dynamiques urbaines de l'époque.

¹ Le mot « minerais » n'est pas utilisé ici d'un point de vue géologique, mais bien pour désigner des ressources minérales exploitées par l'homme, comme par exemple le charbon ou le pétrole.

² Processus par lequel les populations humaines modifient ou transforment l'environnement naturel. (Larousse)

³ Ce terme appartenant au domaine de la géologie, nous l'utiliserons ici comme vocabulaire paysager, par opposition aux surfaces végétalisées

Pourtant, l'un des points qui va très rapidement apparaître dans la réutilisation des friches industrielles est leur pollution. Comme expliqué précédemment, si le paysage change au niveau de sa fonction, il est parfois bien plus difficile de le modifier au niveau de sa forme, du moins pas dans la même échelle de temps. La pollution des sols est un sujet qui sera développé dans la deuxième partie de ce mémoire, mais on peut d'ores et déjà imaginer que l'intense exploitation des sols et sous-sols de l'ère industrielle dissimule des conséquences qui peuvent être difficilement modifiables.

Avec les éléments apportés ci-dessus, nous pouvons tenter de donner une définition plus actuelle de ce qu'est une friche industrielle. Nous pouvons comparer la première définition avec une autre plus récente. Selon Cabanne C., la friche se définit comme étant : « Un espace bâti ou non, terrain ou local, autrefois occupés par l'industrie et désormais en voie de dégradation par suite de désaffectation, c'est-à-dire de leur abandon total ou partiel par l'activité industrielle.» (Cabanne, 1992). Il est important de constater que l'aspect agricole n'est plus mentionné dans cette définition, et que les friches sont bien considérées comme des parcelles de terre ayant servi à l'industrie. Cette citation nous montre qu'en quelques dizaines d'années, la considération du mot « friche » a été redirigée vers un champ lexical plus proche de la période industrielle. Avec cette modification du terme, c'est la politique d'aménagement du territoire qui a évolué, en empruntant une terminologie à la base agricole pour qualifier un espace qui ne possédait pas de dénomination à proprement parler.

Afin de savoir comment une zone devient une friche industrielle, nous pouvons nous baser sur l'article de Mérenne B. (1982) : « L'aménagement des friches industrielles ». Nous développerons trois principales phases exposées comme formatrices des friches industrielles :

- « *La mortalité de l'entreprise* » reste l'étape numéro une. Il semble en effet logique de constater que si l'activité industrielle d'une compagnie se poursuit, aucun espace ne sera délaissé et formera une friche industrielle.
- « *La stratégie de restructuration ou de redéploiement du groupe auquel appartenait l'établissement* » est présentée comme étant la seconde étape. Comme expliqué dans l'introduction, lorsqu'une ressource s'épuise à un endroit, sa fonction change et l'activité a tendance à migrer vers une nouvelle zone de ressource.
- « *Les impératifs techniques imposant un transport des activités* » sont présentées comme la dernière étape. En effet, le transfert des activités découle directement de la phase précédente.

L'ère industrielle a donc fait évoluer le terme « friche », et il est maintenant préférable de préciser si l'on est en présence de friche « agricole » ou de friche « industrielle ». Ainsi, dans la suite de ce mémoire, et de manière à ne pas créer de confusions avec le domaine agricole, nous utiliserons le terme « friche » pour désigner les sites ayant accueilli une activité industrielle, qui ne sont plus utilisés comme tels aujourd'hui, et qui ne reçoivent plus d'activité depuis plus de 5 ans.

2. Perception générale des friches industrielles : des espaces de nature particuliers dans le paysage urbain

Pour bien comprendre l'impact réel des friches industrielles dans le paysage sur une population, nous pouvons commencer en nous référant à la définition du paysage par la convention européenne de Florence. « C'est une partie de territoire tel que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations » (Conseil de l'Europe, 2000). Le choix du terme « perçue » n'est pas anodin. Il renvoie à une notion subjective de perception qui fait intervenir nos sens. Dans le mémoire de fin d'étude de Puttevils E., il est décrit que : « Le paysage est avant tout caractérisé par une double réalité en perpétuelle évolution : objective et subjective. [...] subjective, car le paysage est perçu par les observateurs en fonction de leurs sens, de leur savoir, de leur vécu et de leur imaginaire. Les éléments qui influencent la perception du paysage chez chacun des observateurs sont également amenés à évoluer au travers d'expériences personnelles [...]).» (Puttevils, 2005). Si l'on croise ces informations avec le domaine des friches industrielles, il est tout à fait possible que ces espaces renvoient des perceptions différentes en fonction des individus.

L'un des premiers sens qui intervient dans la perception d'un paysage est la vue. Cette capacité qui nous permet de mieux nous placer et de nous déplacer dans notre environnement renvoie directement à une vision en trois dimensions de l'espace. Il est d'ailleurs intéressant de constater que, pour la plupart des personnes, un paysage est souvent défini comme une étendue de terre avec une ligne d'horizon, donc quelque chose rentrant dans le domaine du visuel (Brun, et al., 2017).

Si l'on se place dans des paysages urbains et/ou anthropisés, les éléments visuels qui le définissent sont le plus souvent les constructions. De ce fait, dès que le végétal est présent en ville, il a tendance à adoucir les formes du bâti. L'activité humaine a d'ailleurs généralement composé la ville en essayant d'y adapter les végétaux. A titre d'exemple, des alignements d'arbres auront tendance à accentuer les lignes d'une avenue.

Dans les paysages anciennement industrialisés, la part du minéral reste très présente (matériaux de construction des quartiers ouvriers, usines désaffectées ...). Ainsi, le végétal est dans la plupart des cas minoritaire. Les friches industrielles sont le plus souvent recouvertes d'une végétation pionnière, ce qui apparaît alors comme un apport non-négligeable. Mais l'entretien de ces zones reste limité, ce qui renvoie une image plutôt négative. En effet, dans une majorité de cas, une population urbaine apprécie les espaces dits « de nature ». Mais cette « nature » se doit de ne pas être trop sauvage, avec un minimum d'entretien. Dans le cas contraire, la population interprète cela comme déplaisant. (Brun, et al., 2017). Selon Calenge C. : « Pour que le végétal ne soit pas vecteur d'inquiétude, il faut une nature civilisée ». (Calenge, 2003)

Nous pouvons en conclure que c'est l'une des raisons pour laquelle les friches industrielles peinent encore à être acceptées par les populations locales. L'une des difficultés pour intégrer ces sites dans un paysage est principalement due au fait qu'ils ne sont pas entretenus. Cela représente en effet un facteur d'inquiétude pour les populations vivant près des friches industrielles. Les problématiques peuvent s'accumuler si l'on additionne le chômage occasionné par le départ des entreprises, la présence des anciennes structures industrielles et les difficultés des politiques locales à se réinvestir dans ces quartiers. Il y a alors un risque d'apparition d'un sentiment d'abandon de la part de la population, qui peut amener à une déconnexion entre les habitants et leur territoire. Il est toutefois important de ne pas faire de généralité, car selon les perceptions, certains peuvent apprécier un paysage de friche industrielle.

3. Les bienfaits sociaux apportés par les friches industrielles

Comme nous l'avons vu, les friches industrielles sont le support d'une végétation pionnière, peu entretenue. Bien que cette nature soit la plupart du temps interprétée comme déplaisante, nous pourrions nous demander si une comparaison est possible entre les friches industrielles et les espaces catégorisés comme « espaces verts ».

3.1. Définition et avantages des espaces verts

Il n'existe pas de définition proprement scientifique qui qualifie « un espace vert », mais nous pouvons utiliser d'autres domaines pour trouver une définition à ce terme très vaste. Selon l'Agence de développement et d'urbanisme de Lille Métropole, il s'agit de « tout espace public ayant vocation à préserver ou développer les ressources naturelles et humaines et à apporter repos, détente, oxygénation et loisirs. La nomenclature retenue par l'Agence est la suivante : parcs et jardins (parcs, jardins, jardins familiaux) ; espace de loisirs (terrains de sports, golfs, bases de loisirs); cimetières et espaces boisés. » (Delevallee, 2006). On se rend alors vite compte que ce terme regroupe une très grande quantité de lieux dont les fonctions sont différentes. Mais nous pouvons nous accorder à dire que la définition tourne autour du champ lexical du bien-être et de l'agrément ⁴.

Du point de vue du paysagiste, l'utilisation du mot « vert » n'est pas anodine. La classification de ce genre d'espace implique dans la majorité des cas la présence du végétal, sous quelques formes qu'il soit. Mais la première partie de la définition stipule aussi que « ces endroits préservent ou développent les ressources naturelles. ». Il semble donc important de trouver un équilibre entre une vision anthropique (basée sur l'agrément) et la préservation d'une certaine « nature » au sein des espaces verts.

Il a par ailleurs été démontré que la présence d'espaces verts en milieu urbain avait tendance à améliorer le bien-être de la population locale. En 2010, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) éditait un rapport énonçant des conclusions quant aux bienfaits des espaces verts sur la population. Ce rapport indiquait notamment que ces endroits pouvaient agir de manière positive sur l'activité physique, favoriser le bien-être social et psychologique, améliorer la qualité de l'air et réduire la pollution sonore (OMS, 2016). Les avantages sont donc nombreux selon ce rapport, car ils touchent à la fois les relations entre les individus, mais aussi leur psychologie, leur santé physique, etc.

La présence d'espace vert semble donc être une composante du bien-être des habitants de la ville, à tel point que certaines études ont montré que l'on pouvait même parler d'un seuil de surface d'espace vert par habitant (ACTEVI, 2010). D'après les recommandations de l'OMS, les métropoles doivent disposer, au minimum, de 10 à 15 mètres carrés d'espace vert par habitant, répartis de façon équitable en fonction de la densité de population. Il est conseillé que cette proportion atteigne des valeurs de 15 à 20 mètres carrés d'espaces verts utilisables (OMS, 2010).

En étant plus précis sur ce qu'apportent exactement les espaces végétalisés aux individus, nous pourrions penser que c'est la présence même des plantes dans l'environnement qui permet le dégagement de ces différents avantages. Car les bienfaits de la présence des végétaux sont nombreux : baisse du niveau d'anxiété, augmentation du niveau de bien-être, régularisation de la fatigue mentale et augmentation de la capacité de récupération au stress (Sheets V. L., 1991). Et ces constats ont déjà été vérifiés dans des cas concrets. Ainsi, selon l'article « Impacts psycho-sociaux des espaces verts dans

⁴ Pour le cas des cimetières, beaucoup de politiques visent aujourd'hui à ne plus considérer cet espace comme simplement un lieu de deuil, mais bien comme un lieu de promenade à part entière

les espaces urbains », une autre étude nous indique que : « dans le même quartier, les personnes du rez-de-chaussée, des 1^e et 2^e étages ayant une vue sur les arbres avoisinant et donc en lien quotidien avec des arbres, sont des personnes plus ouvertes sur les autres et plus impliquées dans les relations sociales. Ces personnes sont beaucoup plus volontaires à tisser des liens avec les autres habitants que ceux des étages supérieurs » (Kuo F. E., 1998).

Pour terminer sur ce sujet, nous utiliserons un schéma d'un article rédigé par Manusset S. (2012), qui a permis de ressortir 21 résultats scientifiques sur les bienfaits du végétal en ville, repartis chacun en cinq grandes catégories.

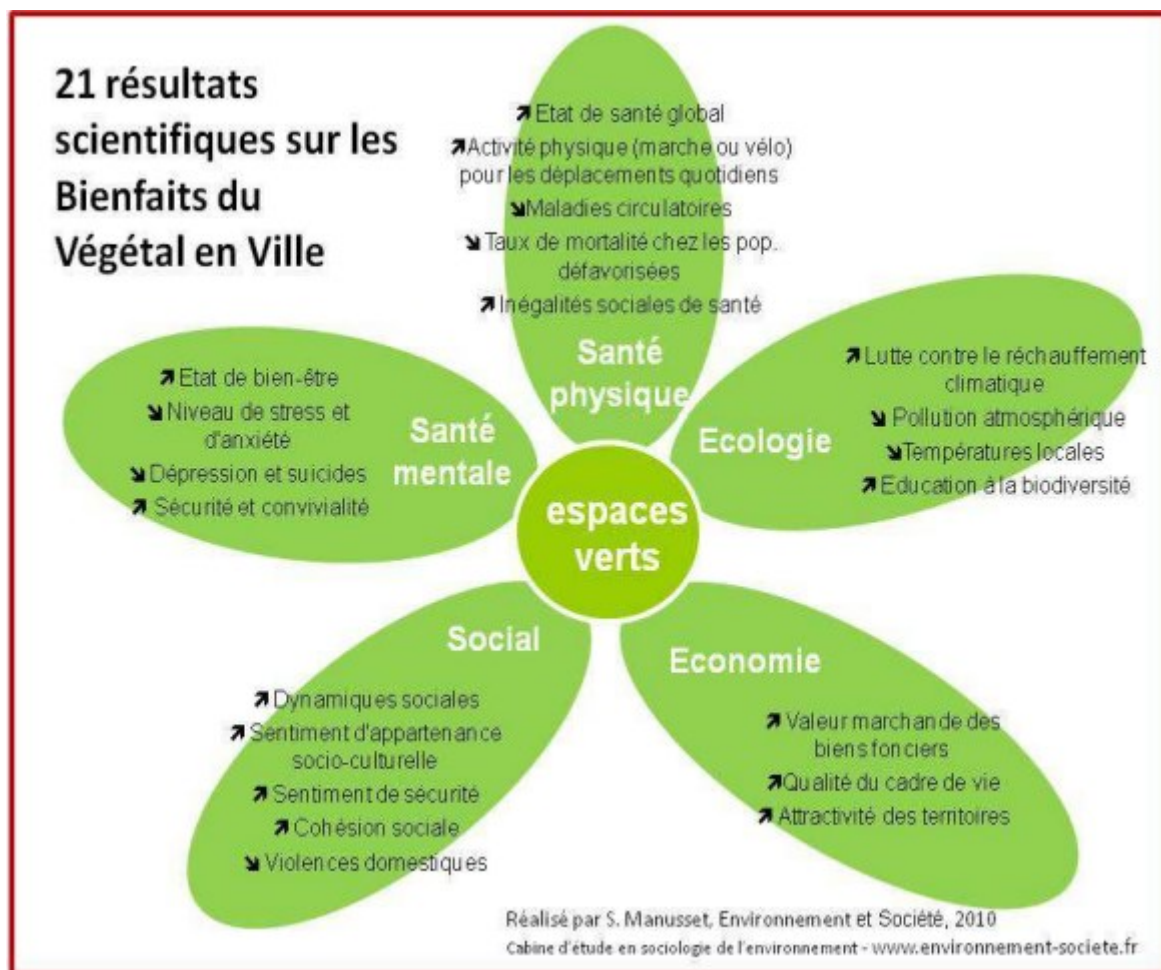


Figure 1 : Une vision globale des « Bienfaits du végétal en Ville » (Manusset, 2012)

Il n'est pas fait mention ici d'une certaine hiérarchie dans les domaines à développer, mais selon cette étude, les auteurs ont choisi de considérer qu'il était important d'accentuer les recherches sur les impacts psycho-sociaux des espaces verts en ville, ce qui correspond aux parties du schéma « santé mentale » et « social ». Même si ce choix d'orientation reste subjectif par les auteurs, il est centré sur l'échelle de l'individu, afin qu'il se sente comme partie intégrante de son territoire.

Plus précisément, dans la partie « Santé mentale » de ce schéma, les auteurs utilisent les termes d'« Etat de bien-être », qui désigne bien une notion générale de l'amélioration de l'environnement d'un individu. Mais nous pouvons aussi souligner la diversité des potentiels que propose ce schéma au sujet des espaces verts. Ainsi, cette figure montre la pluridisciplinarité des domaines qui peuvent tirer profit des espaces végétalisés en milieux urbains (santé public, économie, écologie, social). Ces endroits sont le supports de nombreux avantages, et c'est la raison pour laquelle ils sont actuellement au cœur des discussions dans le domaine de l'aménagement urbain d'aujourd'hui, mais aussi à l'avenir.

Aujourd'hui, nous constatons une valorisation de la nature en ville, initiée à travers la présence des plantes, pour contrer les impacts négatifs de la ville (Long & Tonini, 2012). Les espaces verts sont souvent réservés aux piétons et/ou vélo, avec une minéralisation remplacée par des formes plus organiques, rappelant un cadre plus naturel dans l'esprit de l'habitant. C'est un lieu où sa vision du paysage peut plus facilement se développer, du moins avec une (ré) utilisation de ses sens pour mieux se placer dans son environnement. Le rythme dans ces lieux est aussi en totale contradiction avec ceux de l'activité urbaine et les contacts sociaux sont souvent facilités. Précisons que le monde du végétal et des espaces verts ne peuvent pas à eux seul servir de zone tampon aux pressions précédemment évoquées. Mais ils restent une solution accessible qui apporte des preuves constatables aujourd'hui.

Beaucoup de sources montrent d'ailleurs que le critère « habitation proche d'un espace vert » est un des premiers recherché lors de l'achat d'un nouveau bien. En 2008, l'Union Nationale des Entrepreneurs du Paysage (UNEP) a mené une enquête en collaboration avec l'institut de sondage Ipsos, sur les usages et attentes des français en matière d'espaces verts en milieu urbain et périurbain. Les résultats de cette étude ont montré que le thème de la nature en ville prend une place très importante. Ainsi, « 7 français sur 10 choisissent aujourd'hui leur lieu de vie en fonction de la présence d'espaces verts à proximité de leur habitation » et « 3 français sur 4 fréquentent de façon périodique ou quotidienne, les espaces verts de leur commune » (Long & Tonini, 2012). Bien que cette étude se concentre principalement sur la population urbaine et suburbaine française, les informations fournies vont dans le sens qu'un bon environnement de vie passe par la présence d'espaces végétalisés autour de son habitation

3.2. Les friches sont-elles des espaces verts ?

A ce stade, nous pouvons imaginer qu'il existe un lien, difficilement quantifiable mais bien réel, entre la végétalisation d'un espace et le ressenti d'une population par rapport à celui-ci. Nous serions alors tentés de dire que les friches industrielles peuvent remplir le rôle d'espace vert. Pourtant, ces deux termes sont bien différents, car la friche n'a pas de fonction d'agrément. De plus, les cas de figures sont trop variés pour faire cette comparaison. Nous noterons cependant que de par leur présence végétale pionnière, il existe un impact paysager certain des friches sur le cadre de vie d'une population. Pour la suite de ce mémoire, nous parlerons donc des friches comme des « espaces végétalisés » et non comme des espaces verts.

En réalité, c'est le type de végétation qui va déterminer l'opinion d'une population par rapport à la friche. Si la strate de végétation principale existante est intermédiaire entre pelouse et buissons, la friche est alors plus souvent assimilée à un aspect naturel et plus souvent apprécié (Brun, et al., 2017). De par son ancienne fonction, il semble alors logique qu'une population rencontre des difficultés à considérer une friche industrielle comme un espace naturel. Rappelons que la complexité du lien entre présence végétale et lien social n'étant pas universelle, et qu'il est prudent de ne pas faire de généralités. Un quartier se trouvant près d'une friche industrielle faiblement végétalisée peut tout à fait avoir en son sein des habitants volontaires à tisser des liens avec leurs voisins.

3.3. Place des friches dans un cadre de vie en tant qu'espace végétalisé

Un autre aspect à prendre en compte lorsque l'on parle des friches industrielles, c'est le fait que ces espaces ne possèdent pas de fonction du point de vue anthropique. On parle aussi parfois de « terrains vagues ». Une population ressent le besoin de pouvoir assimiler une zone à une fonction, quelle qu'elle soit. Selon Brun M. : « Ceci est à mettre en parallèle avec la difficulté d'identifier, voire de nommer les délaissés ⁵, ces derniers n'ayant a priori pas de fonction propre. » (Brun, et al., 2017). La friche prend alors l'image d'un lieu abandonné et ne permet pas aux habitants de pouvoir s'y identifier. Bien qu'elles remplissent d'autres fonctions (l'accueil d'une flore pionnière et une diversification du paysage), une population remet souvent en question l'utilité, et donc l'existence, de quelque chose dont elle ne saisit pas la fonction. A l'échelle du paysage urbain et semi-urbain, l'image des friches industrielles ainsi produite accentue leurs ruptures avec les parcelles qui les entourent. Sans fonctions, elles sont déconnectées du tissu urbain environnant (Brun, et al., 2017).

3.4. Les limites des bienfaits de la friche

Si les friches représentent un potentiel d'amélioration du bien-être des habitants par l'intermédiaire de leur végétation, elles peuvent aussi s'accompagner d'inconvénients. En partant du constat que ces zones sont un vestige de l'ère industrielle, elles peuvent aujourd'hui avoir une image assimilée au chômage et à un aspect inesthétique de par leur délaissement. Une étude réalisée par le LEMA (2008) de l'université de Liège a analysé le ressenti des habitants de 6 quartiers wallons face à leur patrimoine industriel. Pour deux d'entre eux, la pollution industrielle est toujours présente dans les villes, ce qui impacte le cadre de vie de la population. Une analogie est donc faite entre les marques du passé et leur mal être quotidien (Ruelle, 2008). La question de la qualité de vie est donc pleinement mise en avant dans cette étude. Que cela soit au niveau sanitaire, car les habitants sont conscients des taux de pollution se trouvant dans leur environnement, ou par l'aspect inesthétique donné par les friches industrielles. Il existe donc des limites aux bienfaits des friches, car certains voient ces endroits comme des sites pollués et donc néfastes dans leur cadre de vie.

3.5. Les services écosystémiques offerts par les friches industrielles

Nous avons vu précédemment que les friches avaient un impact sur le cadre de vie des individus, mais que l'on ne pouvait pas les qualifier d'espaces verts à proprement parler. Nous allons maintenant essayer de comprendre quels sont les avantages qu'une population peut tirer des friches au sein de leur territoire par l'intermédiaire de services écosystémiques. Ces services sont définis comme étant « les biens et les services réalisés par la biodiversité, les processus écologiques, les écosystèmes et le support de l'activité humaine pour améliorer le bien-être de l'humanité. » (CICES, s.d.) Cette classification se présente le plus souvent sous forme de trois catégories : les services d'approvisionnement ou de production, les services de régulation, les services culturels. (Wal-es, s.d.)

Rappelons que chaque cas de friche peut avoir des potentiels différents et que cela dépendra d'un certain nombre de facteurs. Nous pouvons cependant faire ressortir des points similaires. Nous prendrons comme base ici la typologie Wal-ES, étant construite à partir d'une typologie définie à l'échelle belge (CICES, s.d.) elle-même dérivée d'une interprétation de la typologie CICES de référence. Parmi les 61 services présents au sein des trois catégories citées précédemment, certains sont tout à fait exploitables sur une friche.

⁵ Ce terme est utilisé ici comme un synonyme du mot « friche », donc comme un espace n'ayant pas de fonctions et étant abandonné.

- ➔ La catégorie des « services de production » n'est pas exploitable, car elle implique une fonction de production, or nous avons détaillé plus haut dans ce mémoire que la friche était souvent un délaissé sans fonction purement anthropique.

- ➔ La catégorie des « services de régulation » est en revanche exploitable.
 - Le service « Protection contre les inondations », illustre que les friches industrielles permettent, grâce à leur couvert végétal, de limiter le ruissellement. C'est d'ailleurs un service qu'elle partage avec les surfaces d'espaces verts « classiques » comme les parcs.
 - Le service « Bioremédiation des sols pollués » est aussi exploitable, en lien direct avec le sujet de ce mémoire. Nous aborderons plus en détail la pollution des sols en deuxième partie de ce mémoire, mais les écosystèmes présents dans les friches, interviennent dans la dépollution des sols en stockant, diluant, filtrant et dégradant les polluants. Ces phénomènes peuvent être mesurés de plusieurs manières : respiration microbienne, quantité de polluants séquestrés dans les végétaux ou évaluation de la qualité des sols ...
 - Enfin, nous pouvons aborder le service « Mitigation du bruit et des impacts visuels ». Grâce à la végétalisation de ces espaces, les friches altèrent le son en le réfléchissant ou en l'absorbant et constituent des barrières visuelles. « Ce service contribue à améliorer notre environnement sonore et visuel et donc notre confort de vie et notre santé » (CICES, s.d.). Nous sommes bien dans une diminution d'une nuisance anthropique par un service écosystémique.

- ➔ La catégorie des « services culturels » est également exploitable. Nous pouvons retenir deux de ces services potentiellement produits par les friches.
 - Le premier est « Espace naturel et biodiversité sources de valeurs patrimoniales et sentimentales ». Selon la typologie utilisée, le service se définit comme « Espaces naturels ou semi-naturels, éléments de la biodiversité emblèmes d'un patrimoine collectif, familial ou individuel ayant une valeur sentimentale et affective ». Dans de nombreux cas, ces parcelles restent des vestiges du patrimoine industriel d'un territoire. Le côté sentimental sera donc plus mis en avant dans ce service avec des espaces semi-naturels, comme le sont les friches industrielles.
 - Le second service potentiellement développable est « Environnement biologique des lieux de vie, de travail ou d'études ». Nous nous porterons ici sur l'aspect lieux de vie. Le détail de la typologie utilisée indique « Proximité d'espaces ou d'éléments naturels par rapport au bâti, permettant une perspective sur ceux-ci, une expérience visuelle ou sonore, sans utilisation ou occupation directe de l'espace naturel en question. ». Cette précision indique que l'espace n'a pas besoin d'être occupé directement pour produire un service. De ce fait, les friches correspondent à la partie de la citation « expérience visuelle ou sonore ». Cette idée renvoie au fait que ces endroits apportent une diversification des formes souvent trop rectilignes du bâti en place.

Les friches industrielles sont donc des sources potentielles de nombreux services écosystémiques. Les avantages que peuvent fournir ces sites, tels que leur image de nature alternatif, sont à valoriser. (Rupprecht & Byrne, 2014).

Mais comme tout espace ou ressource faisant l'objet de services écosystémiques, il est important de veiller à ce que les friches ne développent pas de disservices. Un disservice écosystémique est une notion qui vient en miroir du service écosystémique. Selon une définition de Shackleton et al. : « Les disservices sont entendus comme les fonctions, processus et attributs générés par les écosystèmes qui donnent lieu à des impacts négatifs, perçus ou réels sur le bien-être humain » (Shackleton, et al., 2016). Nous pouvons en effet trouver bon nombre de disservices induits par les friches industrielles, comme le fait qu'elles puissent servir de décharges sauvages à ciel ouvert ou qu'elles représentent un risque sanitaire du à la pollution des sols. Dans ce cas, le facteur de diversification du paysage et « d'expérience visuelle et sonore » précédemment développés ne fonctionnent plus. Il peut également être ajouté que si l'entretien de la parcelle en question n'est vraiment pas tenu, la strate arbustive pourrait alors prédominer, remplaçant ainsi la végétation intermédiaire entre pelouse et buissons.

4. Conclusion sur la place de la friche industrielle aujourd'hui dans le paysage

Les éléments développés dans cette première partie nous permettent de conclure que la friche industrielle est une typologie paysagère relativement nouvelle, conséquence d'une activité anthropique à grande échelle, l'ère industrielle. Même si cette période est aujourd'hui révolue en Europe, son impact dans les différentes couches du paysage est encore très présent, à la fois au niveau visuel, mais aussi au niveau psychologique, social et patrimonial.

Avec les politiques de développement urbain actuelles, de nombreux projets sont mis en place afin de réutiliser l'espace au sol, occupé par les friches industrielles. Cependant, l'impact de l'industrialisation sur le paysage ne peut changer sur des échelles de temps courtes. S'il est possible dans certains cas d'appliquer une politique de « tabula rasa », en aménageant de nouvelles structures sur les zones en question, d'autres font face à des problématiques bien plus difficiles à résoudre comme la pollution de leur sol.

Quoiqu'il en soit, il est avéré que ces surfaces délaissées représentent un potentiel prometteur dans le développement urbain actuel. Pour cela, il est nécessaire de fournir des études pour chaque cas, afin de connaître l'état du sol en question, mais aussi pour connaître les dynamiques urbaines propres à chaque zone traitée. Cela permettra de donner plus de cohérence aux projets de réaffectation des friches, qui, prises dans un contexte global de réaménagement de l'espace urbain, peuvent permettre d'apporter une unité du tissu bâti. Selon Bernard C. : « Ainsi donc leur réhabilitation constitue un acte de planification urbaine viable, qui est en opposition totale avec l'étalement urbain auquel on assiste depuis de nombreuses décennies. » (Bernard, 2012).

Nous pouvons tenter de résumer la situation ainsi : la difficulté de la réintégration des friches industrielles dans le paysage aujourd'hui réside dans le fait qu'elles restent des vestiges d'un passé, s'accompagnant des inconvénients qui lui sont propres. L'objectif consiste donc à intégrer des espaces témoins d'une période passée, mais qui possèdent des caractéristiques apparaissant comme des potentiels dans le paysage actuel.

Parmi les problèmes rencontrés par les politiques locales dans le réaménagement des friches industrielles, nous pouvons premièrement exposer l'aspect temps. La planification et la mise en œuvre d'un projet d'aménagement urbain sur un espace abandonné peuvent s'étendre dans le temps et durer plusieurs années. De ce fait, la population vivant aux abords d'une friche peut ressentir une certaine frustration ou impatience durant cette période (Sabbar, 2009). Le dialogue entre politique d'aménagement et usagers fait souvent défaut. Pourtant, comme il a déjà été dit dans ce mémoire, il est primordial aujourd'hui de recentrer l'aménagement des friches à des échelles beaucoup plus locales, celles de l'individu.

Ces surfaces font partie le plus souvent d'anciens ensembles miniers, dont les habitations sont toujours présentes aujourd'hui. Une base est alors déjà propice au développement d'une vie de quartier en adéquation avec l'échelle locale. La vraie difficulté va maintenant être de déduire quels sont les projets les plus pertinents pour chaque cas, car bien qu'il existe des ressemblances entre ces types d'espaces, faire une généralité de plan d'aménagement ne serait pas conseillé.

Dans ce mémoire, nous nous intéressons aux friches industrielles pouvant faire l'objet de projet basés sur la phytoremédiation. Ce domaine répond à un certain nombre de problématiques déjà énoncées, mais avant tout à une question de risque pour la santé publique. Nous verrons dans la seconde partie les détails de cette technique et ses potentiels en terme de réhabilitation des friches industrielles.

PARTIE 2 : LA PHYTOREMEDIATION : UNE PROPOSITION DE REAFFECTATION DES FRICHES INDUSTRIELLES

Nous avons vu en première partie de ce mémoire que les friches représentaient une surface non négligeable dans les anciennes zones industrielles, mais également qu'elles s'accompagnaient de problématiques assimilées à des échelles de temps longs comme la modification de l'aspect du paysage ou la pollution des sols. Dans cette partie, nous allons développer une des solutions de réaffectation des friches, la 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 (Origo, et al., 2012). Celles-ci seront détaillées plus précisément dans la suite de ce mémoire.

Dans le terme général de la phytoremédiation, nous pouvons distinguer deux sous-ensembles selon la nature des sites et le but recherché. Selon Charnet F. : « Le premier regroupe la protection et la restauration des écosystèmes à l'égard des pollutions diffuses. Le second concerne des sites et sols pollués d'origine souvent industrielle, et recouvre le concept de phytoremédiation pris dans une acception étroite, sachant que certains auteurs l'utilisent aussi pour désigner le premier cas. » (Charnet, 2009). Selon cette citation, la technique développée dans ce mémoire appartient au second sous-ensemble. Ce qui le différencie du premier, c'est qu'ici, nous travaillons sur des espaces ciblés et délimités précisément, au sol. Il semble donc important à ce stade du mémoire de bien préciser que, partant d'un constat basé sur les friches, nous n'aborderons pas les zones aquatiques faisant l'objet de phytoremédiation.

Si l'on se penche plus précisément sur le mot « phytoremédiation », nous pouvons détailler son étymologie. C'est en réalité un mélange entre le grec « phyto » signifiant « plante » et le latin « remedium », signifiant « corriger un méfait » (Evlard, et al., 2011). Nous sommes donc bien sur une notion qui vise à pallier un problème, ici la pollution des sols, par l'intermédiaire du monde végétal.

Trois grands objectifs de la phytoremédiation seront considérés pour la suite de ce mémoire, présentés selon leur ordre d'importance.

- **Objectif numéro 1 : dépolluer et gérer le risque de contamination du sol.** C'est la raison principale de la mise en place des projets de phytoremédiation. La toxicité des polluants présents sur les friches industrielles sont un réel risque sanitaire pour les populations environnantes. Il est donc primordial de veiller à ce que ce point soit toujours privilégié aux autres.
- **Objectif numéro 2 : obtenir un rendement économique du terrain recevant la technique.** Dans un contexte d'optimisation de la consommation de l'espace, la phytoremédiation apparaît comme un outil intéressant pour rendre de nouveau possible l'aménagement des zones concernées. Les futures utilisations peuvent être variées et dépendront des volontés qui guident le projet à la base. Bien que les temps de dépollution soient parfois très longs par rapport aux rythmes du développement humain, l'investissement à moyen ou long terme reste possible.

- **Objectif numéro 3 : intérêt social et paysager.** Agissant sur une partie de territoire et composante d'un paysage, la phytoremédiation a un impact direct sur le cadre de vie d'une population. Le fait de passer d'une friche à un espace recevant cette technique engendre des modifications variées dans le comportement des habitants, mais également sur la vision qu'ils ont de leur paysage et de leur environnement. Cet objectif sera principalement développé dans la troisième partie de ce mémoire.

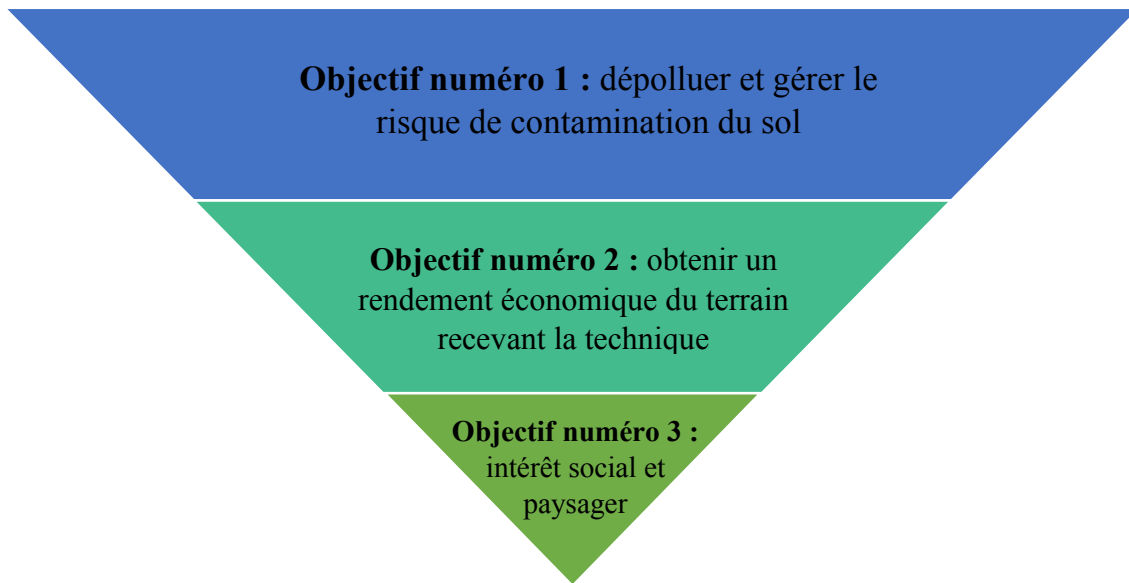


Figure 2 : représentation schématique en pyramide inversée de la hiérarchisation des objectifs de la phytoremédiation (Réalisation : Touvron V.)

Ce schéma sera le fil rouge pour le reste de ce mémoire. Nous partirons du principe que si l'on souhaite parler de phytoremédiation, suivre la hiérarchisation de cette pyramide d'objectifs est nécessaire. Nous ne pourrions répondre à un niveau sans répondre à celui du dessus. Cette logique nous permettra de toujours répondre à l'objectif principal de santé publique, tout en l'enrichissant de nouvelles dimensions, ici économique puis paysagère et sociale.

1. Evolution historique de la phytoremédiation

Comme nous l'avons vu dans la première partie, les friches industrielles sont apparues après l'abandon de certaines parcelles par les compagnies industrielles. Avec l'extension des villes, les politiques locales des zones anciennement concernées par l'ère industrielle se sont vues confrontées à un problème massif : devoir redynamiser leur territoire, mais avec des parcelles où la pollution présente un risque sanitaire pour les populations locales. Les premières techniques de réaménagement furent drastiques et basées sur l'excavation des terres contaminées, c'est-à-dire en décapant la couche polluée afin de l'exporter vers une autre zone géographique pour qu'elle soit stockée et/ou traitée. Cette technique est encore utilisée aujourd'hui, car elle permet une réutilisation rapide du terrain contaminé. Mais les inconvénients sont nombreux. Nous noterons dans un premier temps que cette technique est très coûteuse et que les centres de traitements sont parfois très éloignés de la zone d'excavation. De plus,

il arrive souvent que les terres en question soient contaminées non pas par un seul polluant, mais bien par plusieurs, tous à des concentrations différentes et répartis de manière hétérogène. Ceci accentue encore la difficulté du travail de décontamination quand il est réalisé. Enfin, les filières de revalorisation des polluants ne sont que très peu développées, ce qui limite le recyclage des éventuels éléments récupérés.

Depuis la fin des années 1990, le concept de développement durable s'est répandu dans les différentes franges de la société. Le fond de ce courant vise principalement à reconsidérer nos modes de consommation en général, de manière à ce que les ressources que nous exploitons aujourd'hui soient encore exploitables par les générations futures. C'est donc dans ce contexte plus durable que les politiques environnementales vont orienter leurs décisions, avec une prise de conscience du risque sanitaire. Selon Bert V. (2009) : « Ainsi, la gestion des sols contaminés par les éléments traces doit être économiquement viable, faisable, efficace et pérenne. ». Comme l'espace au sol est considéré aujourd'hui comme une ressource à part entière, dans les villes possédant des friches industrielles polluées, les politiques locales se lancent depuis une dizaine d'années dans des projets de réutilisation de ces parcelles.

Nous pouvons donc avancer que la phytoremédiation est une technique récente qui a vu le jour afin de résoudre un problème existant : réutiliser des parcelles polluées après leur abandon par les entreprises, dans des optiques de développement durable.

2. L'état de la pollution des sols

2.1. Définitions de termes clés

Avant de détailler plus précisément les différentes techniques de phytoremédiation existantes, précisons le terme « pollution ». Selon la directive européenne : « Il s'agit de l'introduction directe ou indirecte, par suite de l'activité humaine, de substances ou de chaleur dans l'air, l'eau ou le sol, susceptibles de porter atteinte à la santé humaine ou à la qualité des écosystèmes aquatiques ou des écosystèmes terrestres, qui entraînent des détériorations aux biens matériels, une détérioration ou une entrave à l'agrément de l'environnement ou à d'autres utilisations légitimes de ce dernier » (Conseil de l'Europe, 2000). Dans le cadre de ce mémoire, les zones qui nous intéressent seront des parcelles au sol, connues, référencées et où il a été constaté une concentration en certains éléments présentant un risque de santé publique, mais également un risque de dégradation des écosystèmes en place.

Une première différence semble donc importante à faire entre « contamination » et « pollution ». Il est difficile aujourd'hui de trouver dans la littérature scientifique des définitions universelles, car selon les sources, ces termes n'ont pas les mêmes sens. Dans le cadre de ce mémoire, nous procéderons donc ainsi : nous parlerons de contamination lorsque le risque a une origine naturelle, et de pollution lorsque le risque a une origine anthropique. Il est à préciser ici que le degré de dangerosité ne permet pas de faire une différence entre ces deux termes, et qu'on l'on peut se retrouver avec une pollution légère et une contamination dangereuse et inversement.

Le terme « polluant » est directement rencontré lorsque l'on aborde ce domaine. Ce mot reste général et est souvent utilisé pour désigner les éléments et les molécules responsables d'une pollution ou d'une contamination. Pour faciliter cette explication, nous partirons des deux grandes catégories d'éléments chimiques : les éléments traces et les éléments majeurs. Selon une définition de Baize D. (1997) : « Conventionnellement, les éléments traces sont les 68 éléments minéraux constituant la croûte terrestre, dont la concentration est pour chacun d'entre eux inférieure à 0,1% (ex : Cuivre, Plomb, Cadmium ...). Ils ne représentent à eux tous que 0,6% du total, alors que les 12 éléments majeurs interviennent pour 99,4%. (Oxygène, Calcium, Fer ...) ». Les éléments traces sont donc bien plus rares

sur le globe que les éléments majeurs. Précisons que ces explications viennent du domaine géochimique et que les éléments de ces deux catégories seront interprétés comme polluants à partir du moment où ils représenteront un risque de santé publique.

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) (Robert, 1996).

La pollution organique se caractérise par une concentration en molécules complexes dans le sol, elles-mêmes composées en partie d'éléments majeurs. Si cette concentration est trop élevée à un endroit et à un moment donné, et qu'elle représente un risque sanitaire pour l'homme et les écosystèmes, l'état de pollution peut être diagnostiqué. Mais bien qu'elle représente des risques parfois graves, elle peut être dégradée par les microorganismes du sol, améliorant ainsi la résilience des écosystèmes ⁶. Plus précisément, ces microorganismes détruisent ou transforment des liaisons entre les éléments de base qui composent un polluant. Nous pouvons donc avancer que la pollution organique peut être dégradée naturellement à des échelles variées. Cette capacité dépendra alors de l'importance de la vie microbienne du sol en question. Un sol pauvre en matière organique, asphyxiant ou saturé ne permettra pas le développement de la faune et microfaune qui participent à la dégradation de la matière et régulent les cycles (Le Goff & Viaud, 2015).

La pollution minérale est quant à elle définie par les éléments traces. Ils ne sont pas assimilables en grande quantité par les organismes vivants en général. De ce fait, le taux de concentration de ces éléments doit rester faible pour limiter les risques sanitaires chez les individus d'un écosystème.

Dans la catégorie des éléments traces, on rencontre aussi fréquemment le terme « éléments traces métalliques » ou E.T.M.. Ce terme est simplement une sous-catégorie d'éléments traces comportant des éléments considérés comme des métaux, comme par exemple le Mercure (Hg) ou le Nickel (Ni).

La grande différence avec la pollution minérale par rapport à l'organique, c'est que de par les éléments qui la définissent, elle n'est pas dégradée par les écosystèmes pour réintégrer les cycles naturels. En ce qui concerne les E.T.M., ce sont des composés non-biodégradables et qui font partie des plus nocifs. Certains d'entre eux sont pourtant utiles à nos organismes mais à des seuils très faibles (comme cofacteurs d'enzyme ⁷, biocatalyseurs ⁸ ou constituants de molécules essentielles). (Grison & Bès, 2013). Cette citation nous permet de déduire qu'il est souvent plus simple de lutter contre une pollution organique qu'une pollution aux E.T.M..

⁶ La résilience est la capacité d'un écosystème à résister et à survivre à des altérations ou à des perturbations affectant sa structure ou son fonctionnement, et à trouver, à terme, un nouvel équilibre. (Dictionnaire environnement)

⁷ Un cofacteur est un composé chimique non protéique ou un ion métallique nécessaire à l'activité biologique d'une protéine (Aquaportail)

⁸ Un biocatalyseur désigne une macromolécule naturelle qui accélère une réaction biochimique (Aquaportail)

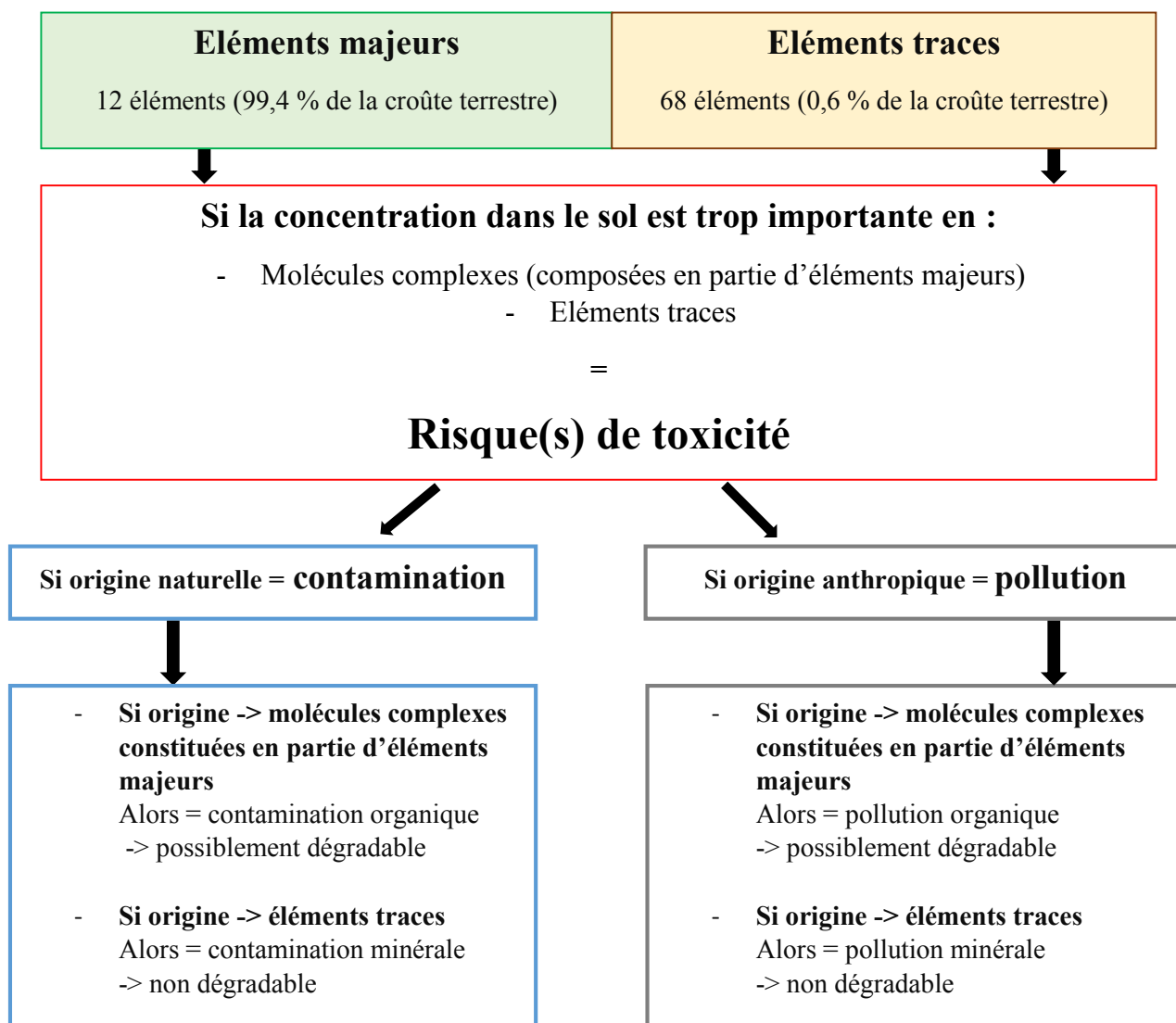


Figure 3 : Bilan des différentes pollutions et contaminations présentées (Réalisation : Touvron V.)

En faisant un parallèle avec les friches industrielles, il est possible d'y retrouver ces deux types de pollutions, ce qui rend les phases de dépollutions plus délicates. En effet, l'ère industrielle a engendré des rejets d'origine anthropique très importants en éléments traces, mais aussi en molécules complexes dans l'atmosphère, les eaux et bien sûr dans les sols en place.

Une dernière notion est importante à définir lorsque l'on traite du domaine de la pollution et de la contamination en général : le diffus et le local. Ces deux notions sont applicables à la fois à la pollution comme à la contamination. La localisation des éléments toxiques sur une parcelle va varier en fonction d'un certain nombre de facteurs (la structure et la texture du sol, la nature de l'ancienne activité industrielle etc.). Nous prendrons ici l'exemple de la pollution anthropique.

Faire un diagnostic sur l'aspect local ou diffus d'une pollution nécessite deux informations capitales : sa surface et son origine. D'après l'état de l'environnement wallon : « la pollution locale touche une aire relativement faible et est due à une ou plusieurs source(s) bien identifiée(s) et souvent très proche(s) (quelques mètres à quelques kilomètres) » (Pereira & Sonnet, 2007). Les cas les plus fréquents dans le milieu anthropique restent des endroits qui ont subi des apports massifs d'éléments toxiques. Nous retrouverons par exemple les exploitations minières et industrielles, qu'elles soient encore en fonction ou désaffectées.

Toujours en citant l'état de l'environnement wallon : « la pollution diffuse affecte tous les sols, plus ou moins faiblement mais de manière généralisée. » (Pereira & Sonnet, 2007). Cette pollution trouve son origine dans plusieurs sources, comme par exemple les traitements phytosanitaires, les boues de stations d'épuration ou encore des amendements. Sa particularité réside dans le fait qu'elle est liée à des apports classés comme involontaires. Dans un paysage industriel, l'activité anthropique développée rend les rejets atmosphériques globalement difficiles à éviter.

La mise en place d'un projet de phytoremédiation nécessite donc de tenir compte d'un certain nombre de paramètres, comme l'état du sol et les taux de pollutions en présence. Toujours en respectant la hiérarchisation des objectifs, nous nous baserons sur la première partie d'un arbre décisionnel réalisé par Bert V. (2013) dans l'ouvrage « Les phytotechnologies appliquées aux sites et sols pollués ». Cet arbre est utilisé pour déterminer les démarches les plus pertinentes à suivre lorsqu'un projet de phytoremédiation est envisagé.

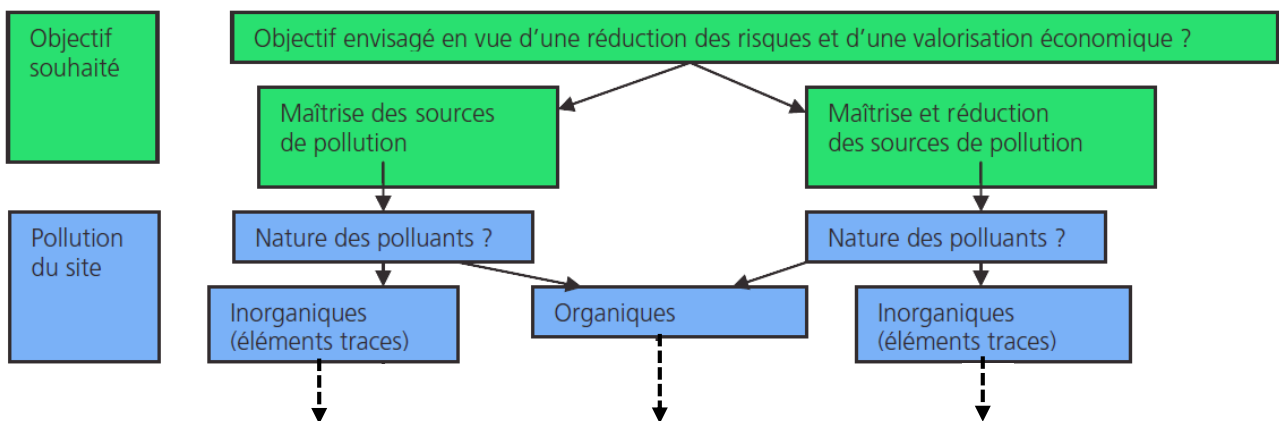


Figure 4 : Arbre de décision montrant les étapes préconisées lors de volonté de mettre en place un projet de phytoremédiation (Bert, et al., 2013)

Nous pouvons constater sur cette figure que la première étape reste la définition précise des objectifs présentés face à la pollution d'un site. Ces objectifs vont ensuite s'affiner avec le constat des éléments présents dans le sol (respectivement des polluants organiques ou des éléments traces). Rappelons que pour une majorité de site, il est très fréquent de retrouver ces deux types de polluants. L'étape « Pollution du site » permettra alors de s'orienter vers la sous-technique de phytoremédiation la plus adaptée.

Notons que cet arbre respecte la hiérarchie des objectifs fixés dans ce mémoire. Lors de la toute première étape de cet arbre décisionnel, il est d'abord mention « d'une réduction des risques » puis « d'une valorisation économique ».

2.2. Principe de bioaccumulation, biodisponibilité et explication du risque de santé publique

Lorsque l'on parle du thème général de la dépollution, le premier point qu'il est primordial de respecter est la gestion du risque. En effet, nous avons montré que les concentrations qui sont définies comme toxiques pour l'homme et les écosystèmes, dépendent d'un seuil établi par nos capacités à réagir à ces éléments. Nous allons ici détailler deux notions importantes dans le domaine de la pollution : la bioaccumulation et la biodisponibilité.

Commençons par aborder la bioaccumulation avec une définition : « La bioaccumulation désigne la capacité de certains organismes (végétaux, animaux, fongiques, microbiens) à absorber et concentrer dans tout ou une partie de leur organisme (partie vivante ou inerte) certaines substances chimiques, éventuellement rares dans l'environnement (oligoéléments utiles ou indispensables, ou toxiques indésirables) » (ISIGE, 2018) . C'est donc un processus qui permet d'évaluer le taux d'un élément dans un organisme. Dans notre cas d'étude, il est le plus souvent utilisé pour les éléments catégorisés comme toxiques pour l'homme afin de prévenir des risques sanitaires. Lorsque l'on pratique la phytoremédiation, c'est donc une composante essentielle, puisqu'elle permet d'évaluer le risque de la pollution.

Pour le cas de la biodisponibilité, elle concerne plus directement les éléments chimiques en eux-mêmes et les molécules complexes des polluants organiques. Il s'agit de la capacité d'un élément trace ou d'une molécule complexe à passer d'un compartiment du sol, quel qu'il soit, vers une bactérie, un animal ou un végétal vivant dans ce dernier (Juste, 1988). Ainsi, en analysant le comportement d'un polluant dans un sol en fonction de ses paramètres physiques, chimiques et biologiques, il sera possible de savoir dans quel(s) compartiment(s) il se trouve, donc s'il est plus ou moins biodisponible. Pour le sujet de ce mémoire, nous nous focaliserons principalement sur les végétaux présents sur le sol, car ce sont les organismes les plus ciblés dans notre étude des friches. Précisons ici que l'homme pourrait être une cible secondaire indirecte, par exemple en consommant des végétaux de parcelles polluées.

La biodisponibilité est donc une notion primordiale dans l'étude de la pollution d'une friche industrielle et sera directement en lien avec l'étude de la texture du sol, sa structure ainsi que d'autres facteurs (comme le pH). Si nous devons illustrer cela à l'aide d'un exemple, nous pourrions citer le pKa, qui est un indice permettant de connaître le degré de solubilité d'un élément en fonction du pH du sol. Suite aux valeurs relevées, il est ensuite possible de connaître l'état de l'aluminium dans le sol.

Nous précisons une dernière chose, c'est que les éléments polluants se retrouvent dans un organisme végétal par l'intermédiaire de la solution du sol en place⁹ (Grifoni, et al., 2017). Cela renforce les propos précédents, disant que l'étude d'un sol est nécessaire afin d'évaluer la biodisponibilité des polluants dans une friche.

⁹ Eau occupant la porosité du sol, contenant divers éléments dissous, principalement des sels minéraux en équilibre avec le complexe argilo-humique (Pasquier)

3. Les techniques de dépollution en phytoremédiation

Maintenant que nous avons défini les différents types de pollutions et de contaminations, nous pouvons nous pencher sur la phytoremédiation. Il existe à la base un vaste panel de techniques de dépollutions, qui sont le plus souvent regroupées en trois classes non-exclusives : les techniques physiques, les techniques chimiques et les techniques thermiques. Elles permettent, soit d'éliminer les E.T.M. du sol (avec le lavage des terres, électrocinétique ¹⁰, désorption thermique ¹¹), ou de limiter leur mobilité (par stabilisation physico-chimique) (Evlard, et al., 2011). Pour ce qui est de la technique développée dans ce mémoire, comme nous étudions des zones en friches industrielles abritant des pollutions minérales et organiques, et que nous travaillons in situ avec des plantes en génie écologique, nous nous trouvons dans une autre catégorie, les dépollutions biologiques.

3.1. Risques de santé publique en fonction des expositions

Avant de détailler les différentes sous-techniques de phytoremédiation, nous pouvons étudier la question : quel est le risque pour l'homme et les écosystèmes face à une contamination et/ou une pollution ?

Il existe des risques différents lorsque l'on parle de sites pollués au niveau des sols. Le tableau suivant a été tiré du décret wallon relatif à la gestion et à l'assainissement des sols (2018) . Nous avons choisi ici de présenter une partie du tableau total, car elle concerne directement les valeurs seuils d'éléments considérés comme des métaux, dans le sol, en fonction des usages. Rappelons que selon le décret, la valeur seuil est définie comme : « concentration en polluants présente dans le sol correspondant à un niveau au-delà duquel :

- une étude de caractérisation est entreprise;
- un assainissement est entrepris en cas de pollution nouvelle;
- un assainissement est entrepris lorsqu'il s'agit d'un cas de menace grave dans le cadre d'une pollution historique; ».

¹⁰ Ensemble des phénomènes et des lois relatifs aux charges électriques en mouvement (J.-P. Mathieu, A. Kastler et P. Fleury, Dictionnaire de physique, 1991, Éditions Masson et Eyrolles)

¹¹ La désorption est le phénomène inverse de l'adsorption : les liaisons ioniques entre ions, molécules et substrat se brisent et les ions ou molécules précédemment adsorbés se détachent du substrat. (Futura Science)

Type d'usage	Sol (mg/kg _{matière sèche})					
	I naturel	II agricole	III résidentiel	IV récréatif ou commercial	V industriel	
Métaux/métalloïdes						
arsenic	VS	30	30	40	40	65
cadmium	VS	1	1	3	10	20
chrome total ⁽¹⁾	VS	60	85	125	140	288
chrome VI ⁽²⁾	VS	4	4	4	13	13
cuivre	VS	40	50	110	490	600
mercure	VS	1	1	1	5	5
nickel	VS	60	65	150	350	350
plomb	VS	120	200	200	390	1840
zinc	VS	120	155	230	3000	3000

Tableau 1 : Normes concernant les valeurs seuils des métaux dans un sol en fonction des usages, établies par le décret relatif à la gestion et à l'assainissement des sols de Wallonie (Parlement, 2018)

Nous pouvons constater que d'après ce tableau, les valeurs seuils sont différentes en fonction des éléments détectés, mais aussi en fonction des usages du sol. Précisons que le type d'usage « naturel » définit les seuils au-delà desquelles des actions devront être entreprises si l'usage (actuel ou futur) de la parcelle est un usage « naturel ». Autrement dit, l'usage d'une parcelle va déterminer le niveau d'exigence, donc les valeurs du seuil à ne pas dépasser. A titre d'exemple, la valeur seuil « naturel » du cuivre est de 40 mg/kg de matière sèche, alors que dans un type d'usage « industriel », cette valeur monte à 600 mg/kg de matière sèche.

En ce qui concerne les éléments traces, rappelons que ce sont des éléments rares dans l'environnement et que les organismes vivants ne peuvent pas les synthétiser. Avec des concentrations trop élevées dans l'environnement, des risques de maladies potentiellement mortelles, comme le cancer et des maladies cardiovasculaires, peuvent apparaître (Houston, 2007). Les types d'expositions à ces éléments peuvent aussi être divers (aérienne par inhalation, physique par ingestion, etc.). La fréquence d'exposition jouera également un rôle. Les personnes habitant près des friches représentent alors une population potentielle plus souvent exposée à ces risques. Il existe évidemment des seuils au-dessus desquels la santé de l'individu va être immédiatement touchée. Mais il est souvent moins grave pour un individu d'être exposé une fois à un taux élevé, plutôt que d'être quotidiennement exposé à un taux plutôt faible, car la bioaccumulation est alors accentuée. Bien que les échelles varient en fonction de la dangerosité du polluants, ces taux se mesurent toujours en masse par mètre cube d'air en fonction du temps d'exposition.

3.2. Les principales techniques

Afin de rester dans notre sphère d'étude, nous allons nous intéresser aux sous-techniques qui peuvent être appliquées aux friches industrielles. Rappelons qu'il existe principalement : la phytoextraction, la rhizofiltration, la phytostabilisation, la phytodégradation, la rhizodégradation et la phytovolatilisation. Nous ne traiterons pas la rhizofiltration, car elle rentre dans le domaine de la dépollution des eaux. Dans cette partie, nous allons donc aborder cinq sous-techniques de phytoremédiation faisant intervenir des plantes, mais ayant chacune leurs particularités.

Les techniques choisies ont en commun l'utilisation de plantes ayant la capacité de s'adapter à des sols où la concentration en certains éléments dépasse la moyenne. Elles sont plus souvent séparées en trois catégories : les plantes hyperaccumulatrices, qui produisent une quantité de biomasse limitée, comme le tabouret bleu (*Thlaspi caerulescens*), les plantes accumulatrices à forte biomasse comme le maïs (*Zea maïs*), et enfin les plantes génétiquement modifiées qui peuvent combiner l'accumulation et la production de biomasse (Evlard, et al., 2011). Ces différentes caractéristiques seront utilisées en fonction des informations tirées de l'analyse du sol, comme par exemple la biodisponibilité. Le type de plantes utilisées dépendra également de la technique préconisée dans le traitement de la pollution.

3.2.1. La phytostabilisation

Selon Evlard (2011) : « ce sont les capacités qu'ont d'autres plantes à piéger les polluants [...] au niveau des racines [...] Les plantes vont immobiliser les contaminants dans la zone racinaire par l'exsudation¹² de composés chimiques [...] et par le stockage des contaminants dans les vacuoles¹³ des cellules racinaires. ». Cette technique répond à l'objectif principal de gestion du risque, car son but est de piéger les éléments toxiques dans les plantes en augmentant leur bioaccumulation. Comme détaillé dans la définition, cela est possible car les plantes en question développent la capacité de stocker les éléments polluants dans les vacuoles de certaines de leurs cellules racinaires, au niveau de la zone de contact avec la solution du sol. Ainsi, au sein d'une friche qui accueille cette technique, la plantation de sujets faisant de la phytostabilisation formera un couvert végétal dense et limitera les risques que les polluants quittent la zone par le biais de poussières (risque d'inhalation) ou par lessivage (dans les eaux d'infiltrations). Nous pouvons citer quelques noms de plantes reconnues comme ayant un pouvoir phytostabilisateur, comme *Thlaspi caerulescens* ou *Arabidopsis halleri* (Bert, et al., 2013).

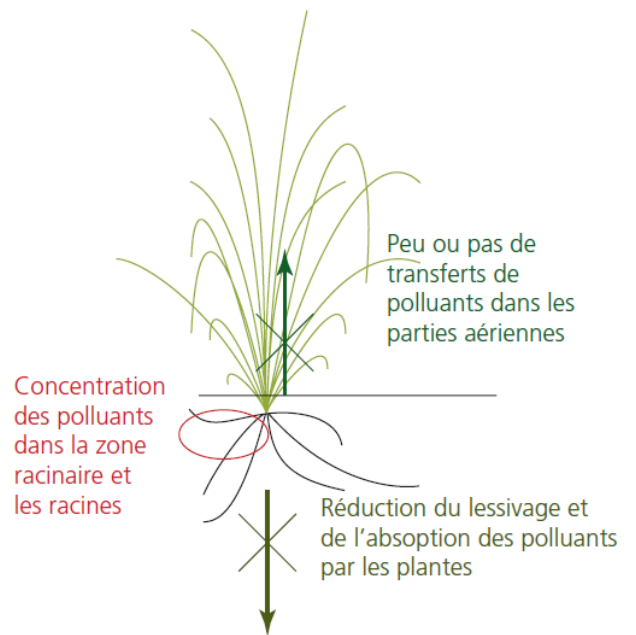


Figure 5 : Schéma de fonctionnement de la phytostabilisation (Bert, et al., 2013)



Figure 6 : Photographie de *Thlaspi caerulescens* (Hamblin, 2015)



Figure 7 : Photographie d'*Arabidopsis halleri* (Moro, s.d.)

¹² Emission de liquide à l'extérieur du corps de la plante (CNRTL)

¹³ Enclave inerte se formant dans le cytoplasme de la cellule. (Dans les cellules végétales adultes, les vacuoles sont de grande taille ; parfois une grande vacuole unique occupe la majeure partie de la cellule.) (Larousse)

3.2.2. La phytoextraction

La phytoextraction diffère de la phytostabilisation dans le fait que 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). Il est à préciser que les végétaux pouvant réaliser de la phytoextraction ne stockent pas tous des polluants dans ces deux endroits (certains les stockant dans les feuilles ou/et dans leur bois). De plus, et ceci est une notion importante à comprendre pour le domaine général de la phytoremédiation, les plantes de chaque sous-techniques ne peuvent pas stocker tous les éléments traces. Par exemple, certaines se sont spécialisées dans des sols à fortes concentrations en plomb, mais ne toléreront pas le cadmium.

L'une des particularités de la phytoextraction reste que les métaux stockés ont vocation à être extraits des végétaux utilisés. On exploite donc la capacité des plantes à concentrer les polluants du sol (en particulier les métaux) dans une partie récoltable du végétal (Grifoni, et al., 2017). La gestion du risque prend alors une autre forme, car on diminue concrètement la pollution des terres contaminées pour la stocker « hors-sol ». Des végétaux comme *Alyssum murale* sont utilisés dans cette technique (Bert, et al., 2013).

Cependant, rappelons que les éléments traces ne sont pas dégradables. Il ne faut donc surtout pas oublier que si la plante possède la capacité d'extraire ces éléments de la solution du sol, ceux-ci n'en sont pas pour autant détruits.

Avec ces capacités d'extraction, nous nous retrouvons donc avec une bioaccumulation inhabituelle de polluants au sein d'un être vivant. Les végétaux étant producteurs de matière organique (et si l'on souhaite respecter les principes de la phytoremédiation), il est important de veiller à ce que certaines parties de ces végétaux (comme les feuilles) ne soient pas disséminées à d'autres endroits, et de limiter leurs éventuels contacts avec une population. En effet, en ce qui concerne les friches industrielles, il est fréquent de croiser des habitations aux abords des parcelles contaminées.

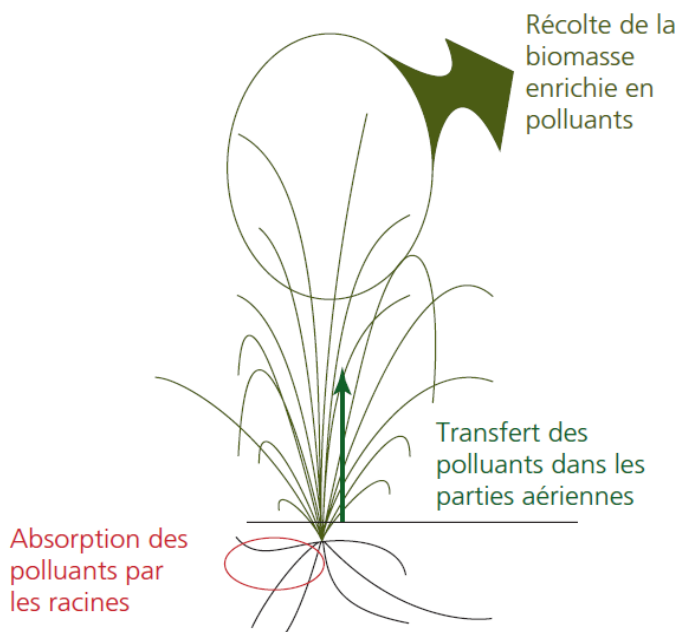


Figure 8 : Schéma de fonctionnement de la phytoextraction (Bert, et al., 2013)



Figure 9 : Photographie d'*Alyssum murale* (Guillaume Echevaria) in (Bert, et al., 2013)

Une partie de la phytoextraction va donc consister à récolter les végétaux accumulateurs, à broyer la matière végétale, et à en extraire les polluants par la suite. Ces opérations très longues et onéreuses se réalisent au sein de centres spécialisés. Nous arrivons alors à des cycles de récoltes qui varient en fonction des plantes utilisées, mais qui permettent, sur plusieurs exercices, de diminuer les concentrations en polluants du sol.

Nous préciserons que de tels résultats s'obtiennent à des échelles de temps longues en les comparant à l'échelle humaine. En effet, une récolte ne suffit souvent pas à régler le problème. La technique implique donc des cycles de récoltes répétés afin d'abaisser la concentration des éléments dans le sol à des niveaux acceptables (Grifoni, et al., 2017). Chaque parcelle ayant des facteurs différents (type d'éléments détectés, structure du sol, biodisponibilité etc.), il est difficile de fournir des échelles de temps précises quant à la dépollution finale de chaque projet. Notons qu'il serait encore moins conseillé de réaliser un modèle universel d'actions à mener. Nous pouvons cependant avancer qu'une période minimum de dix ans est nécessaire pour observer une diminution de la teneur en métaux lourds d'un sol (pouvant aller jusqu'à une centaine d'année). Selon Grifoni M. : « Lorsque le pool de métaux biodisponibles est épuisé, l'efficacité de la phytoextraction est progressivement réduite et le processus peut être considéré comme terminé. » (Grifoni, et al., 2017). Cette citation est à prendre avec du recul, car elle s'applique à un contexte général, et lorsque l'on parle de « processus considéré comme terminé », le temps nécessaire avant d'y arriver est très variable.

3.2.3. La phytovolatilisation

Cette technique reprend les principes de celle précédemment développée. Ici, nous nous basons toujours sur l'utilisation de plantes ayant la capacité d'extraire les polluants du sol. La différence réside dans le fait qu'elles ne stockent pas les polluants dans certains de leurs tissus, mais qu'elles les renvoient dans l'environnement par évapotranspiration¹⁴ via leurs feuilles. Par conséquent, nous nous retrouvons avec une baisse de la part biodisponible dans les sols, mais avec une augmentation de leur concentration dans l'air.

Si l'objectif de diminuer la concentration en polluants d'un sol est atteint, celui définissant la phytoremédiation est légèrement plus confus. En effet, en partant du but de gérer le risque sanitaire que représente une parcelle polluée, il semble important de prendre en compte la qualité de l'air autour des parcelles concernées. Le risque d'inhalation des éléments peut donc augmenter pour les personnes vivant aux environs des zones concernées. Nous pouvons alors considérer que la phytovolatilisation présente de nets avantages, mais également des points discutables, si les parcelles recevant la technique sont proches d'habitations, à cause du manque de traçabilité des éléments. Des expériences ont prouvées que des hybrides génétiquement modifiés de Tulipier de Virginie (*Liriodendron tulipifera*) pouvaient être utilisés dans cette technique (Agnus, 2014).

¹⁴ Quantité d'eau évaporée par le sol, les nappes liquides, et transpirée par les plantes. (Larousse)

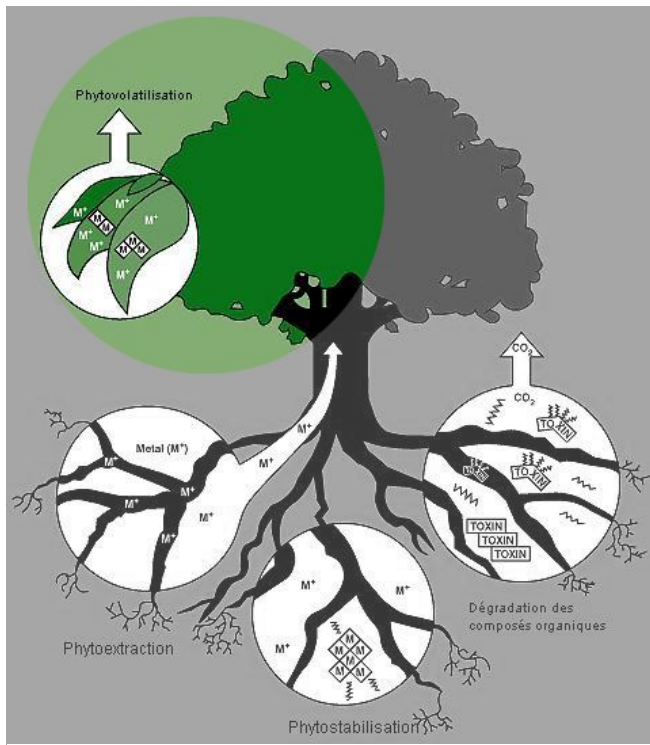


Figure 10 : Schéma illustrant différentes techniques de phytoremédiation, avec mise en évidence de la phytovolatilisation (Rovillé, et al., s.d.)



Figure 11 : Photographie d'un Liriodendron tulipifera (Baral, 2000)

3.2.4. La phytodégradation

Cette méthode concerne la pollution organique et non pas celle des éléments traces. 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. Précédemment, nous avons vu que les éléments majeurs présentaient un danger lorsqu'ils formaient certaines molécules toxiques. Avec la phytodégradation, les plantes utilisées absorbent les molécules nocives et sont capables de les dégrader en molécules moins toxiques (Dabouineau, et al., 2005). Les végétaux concernés sont donc capables de vivre dans des milieux saturés en polluants organiques. Ils absorbent les éléments polluants dans la solution du sol et les dégradent au sein de différents appareils.

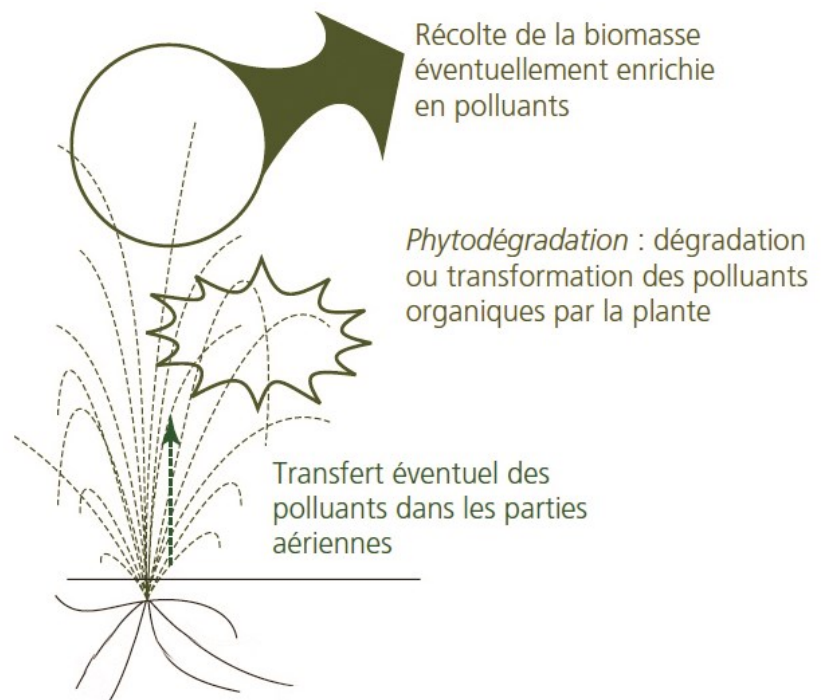


Figure 12 : Schéma de fonctionnement de la phytodégradation (Bert, et al., 2013)

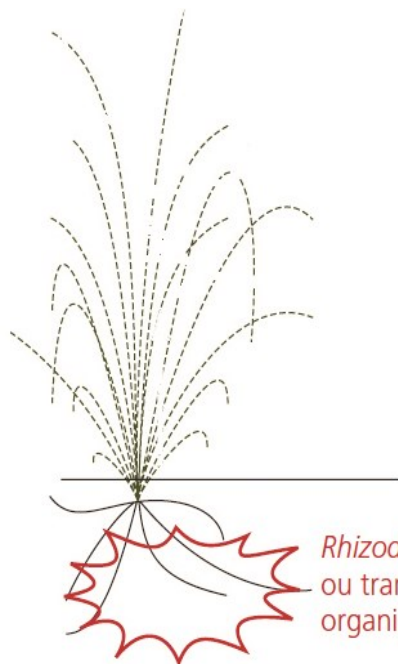
Précisons que si les molécules toxiques sont trop concentrées ou si la vie microbienne du sol n'est pas assez développée, ce processus sera ralenti voir irréalisable. La phytodégradation répond donc à l'objectif de gestion du risque de la phytoremédiation, mais elle ne traite pas le sujet des éléments traces. Des végétaux le Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) sont notamment utilisés dans cette sous-technique (Lenoir, 2008).



Figure 13 : Photographie de *Chrysopogon zizanioides* (Deepugn, 2009)

3.2.5. La rhizodégradation

Ce dernier cas ressemble beaucoup au précédent. Nous restons ici sur un traitement de pollution organique. Selon Sterckeman T. : « La rhizodégradation désigne la dégradation des contaminants, pour la plupart organiques, sous l'action des racines et des micro-organismes associés. » (Sterckeman, et al., 2011). Les plantes utilisées ne sont pas dans la capacité de faire passer les éléments toxiques dans leurs organismes. L'efficacité de cette méthode dépendra donc de l'importance de la vie microbienne présente au sein de l'appareil racinaire. Tout comme la phythodégradation, le but ici est de dégrader les polluants en substances moins toxiques, pour les réintégrer dans les cycles de matières. Les facteurs limitant sont les mêmes que pour la phytodégradation : la concentration en molécules toxiques et surtout la vie microbienne du sol. Des plantes comme la luzerne (*Medicago Sativa*) mais aussi le trèfle rampant (*Trifolium repens*) peuvent être utilisés dans cette technique (Bert, et al., 2013).



Rhizodégradation : dégradation ou transformation des polluants organiques par des microorganismes

Figure 14 : Schéma de fonctionnement de la rhizodégradation (Bert, et al., 2013)



Figure 15 : Photographie de *Trifolium repens* (Haines, 2018)

3.3. Analyses critiques des avantages et inconvénients de ces techniques

Après avoir présenté les différentes techniques de phytoremédiation qui concernent ce mémoire, nous allons maintenant analyser de manière critique leurs avantages et inconvénients. Nous développerons cela à travers différents aspects.

3.3.1. Aspect durable

Les techniques de phytoremédiation présentées sont applicables sur des friches industrielles, et de ce fait, elles sont en accord avec les problématiques actuelles concernant le paysage. L'aspect biologique de ces techniques et la création d'espaces végétalisés rentre dans des visions raisonnées de l'aménagement du territoire (Gérard, 2017). Rappelons cependant que chaque projet est différent (type de polluants, concentrations, contextes etc.) et qu'il est important d'aborder les zones aux cas par cas.

3.3.2. Aspect économique

Les techniques de dépollution du sol par les plantes offrent de réels avantages au niveau financier. La bio-dépollution par phytoremédiation est beaucoup moins onéreuse que les techniques classiques et traditionnelles comme l'excavation ou le lessivage des sols (Verdin, et al., 2004). Selon une étude de 1996, son coût serait en général de 100 à 10 000 fois moins élevé (Cunningham & Ow, 1996). Notons que si la technique se développe actuellement en Europe, elle est aussi étudiée aux Etats-Unis. A titre d'exemple, la commission de l'énergie atomique a fait des estimations sur le coût de la phytoremédiation. Il apparaît que, pour un demi hectare contaminé au plomb sur 50 centimètre de sol, ses coûts seraient entre 60 000 \$ et 100 000 \$ (soit entre 43 000 € et 86 000 €). De l'autre côté, l'excavation de la même quantité serait entre 400 000 \$ et 700 000 \$ (soit entre 344 000 € et 600 000 €) (Origo, et al., 2012). Ceci s'accompagne évidemment d'un temps de résultats beaucoup plus long, mais permet d'avancer que le problème est traité in situ, et non comme un déplacement du risque avec les techniques traditionnelles. Cette économie financière offre également une opportunité de valorisation des parcelles en question (Carrière, 2016). Nous pouvons donc en conclure que, même si elle demande de repenser le site d'étude à moyen ou à long terme, la phytoremédiation représente un avantage économique dans le traitement de la pollution des sols.

En plus de permettre une réutilisation de l'espace au sol, pour le cas de la phytoextraction, celle-ci offre la possibilité de revaloriser les éléments polluants dans d'autres filières. Notons que les programmes n'en sont encore qu'à des phases expérimentales. La phytoextraction semble d'ailleurs être la phytotechnologie la plus apte pour la revalorisation des éléments, au vu de la concentration naturelle des E.T.M. dans les parties foliaires (Grison & Bès, 2013). Ce point de vue est défendu par certaines disciplines, comme par exemple la chimie verte. Ce nouveau courant vise à penser la chimie de manière plus durable, en essayant de trouver des alternatives aux techniques actuelles. Des programmes de recherches sont actuellement mis en place pour mieux déterminer les potentiels de valorisation chimique des éléments récoltés. Il apparaît que certains métaux peuvent être réutilisés en tant que catalyseurs¹⁵ de réactions chimiques organiques (Grison & Bès, 2013). Ici donc, les polluants, une fois isolés dans les cendres des végétaux récoltés, peuvent rentrer dans des circuits de revalorisation. Ces nouveaux projets étant encore au stade de recherches, il est difficile de connaître leurs impacts et leurs résultats à long terme.

¹⁵ Substance qui augmente la vitesse d'une réaction chimique sans paraître participer à cette réaction (Cnrs)

3.3.3. Aspect social

Cet aspect est à mettre en lien avec le troisième objectif cité plus haut. En effet, la phytoremédiation reste une des nombreuses solutions qui tente d'améliorer la qualité des sols, et par un certain intermédiaire, le cadre de vie de la population locale. De ce fait, les habitants concernés ont tendance à mieux accepter la technique, car son image de bio-technologie est appréciée pour son aspect durable. Avec ce constat, il semble donc important de tenir compte non seulement de l'aspect économique que l'on peut retirer des sols pollués, mais aussi des impacts environnementaux positifs obtenus (Grifoni, et al., 2017).

Bien que la gestion du risque reste une priorité, nous pouvons constater que les projets de phytoremédiation apportent une réelle plus-value à un site, notamment parce qu'ils lui donnent une fonction. En faisant un lien avec notre première partie sur les friches, rappelons qu'une population qui n'est pas capable d'assimiler psychologiquement un site à une fonction, a tendance à s'en détacher. Grâce à cette acceptation de la technique par les habitants, l'assimilation du lien entre parcelle et fonction est facilitée.

Nous pourrions aller plus loin, en imaginant que le public profite davantage de ce genre d'espace. L'accès aux parcelles en elles-mêmes semble compromis au vu de la toxicité des éléments traités, mais il peut être envisageable d'améliorer l'intégration des parcelles au sein du paysage. Cette étape devra cependant se réaliser lors de l'élaboration du projet. Selon Kirkwood : « Sur certains sites, il est possible de placer la plantation de manière à permettre une réutilisation partielle du site pour un accès public. » (Kirkwood, 2001). Ces cas restent cependant des exceptions, mais sont à relever dans une optique de meilleure intégration de la technique dans le paysage.

En prenant comme cas concret la phytoextraction, son principe d'extraction des polluants est une notion facilement compréhensible au niveau d'une population. En terme de vulgarisation de l'information, la première notion qu'un public non professionnel va retenir est le fait que l'on agit directement sur les polluants en réussissant à les extraire du sol. Afin de mieux faire accepter des projets de phytoextraction, l'aspect social pourrait être une sphère à part entière dans l'élaboration de ce genre de programme. En partant du fait que cette technique est l'une des mieux acceptées par une population, l'aspect social n'est en effet pas à négliger avec ce type de phytoremédiation.

Il n'en reste pas moins que la diversité des cas d'étude rend difficile l'estimation précise de l'aspect social de la phytoremédiation en général (Bert, et al., 2009).

3.3.4. Aspect paysager

Sur la base du constat fait dans la première partie de ce mémoire, nous savons que la présence végétale a un impact globalement positif sur le cadre de vie des individus. Rappelons que cette nature doit avoir un minimum de gestion, sinon les zones renvoient une image peu rassurante. Dans le cas de phytoremédiation sur une friche industrielle, les végétaux sont choisis au préalable et plantés de manière organisée. Les parcelles suivent un plan de gestion, ce qui leur permet de ne pas avoir une image de délaissé dans l'esprit des individus.

Polluant	Espèces préconisées	Noms latins	Filières de valorisation
Cadmium	Hyperaccumulateurs	<i>Thlaspi (Noccea) caerulescens</i> , <i>Arabidopsis halleri</i>	Co-combustion, gazéification, hydro- métallurgie
	Arbres et arbustes à croissance rapide et à forte biomasse	<i>Salix sp.</i> , <i>Populus sp.</i>	Bois-énergie, gazéification
	Herbacées à forte biomasse	<i>Zea maïs</i> , <i>Heliantus annus</i> , <i>Brassica napus</i>	Bioraffineries (biocarburants, etc.)
Zinc	Hyperaccumulateurs	<i>Thlaspi (Noccea) caerulescens</i> , <i>Arabidopsis halleri</i>	Co-combustion, gazéification, écomatériaux catalytiques et synthèse de biomolécules
	Arbres et arbustes à croissance rapide et à forte biomasse	<i>Salix sp.</i> , <i>Populus sp.</i>	Bois-énergie, gazéification
	Herbacées à forte biomasse	<i>Zea maïs</i> , <i>Heliantus annus</i> , <i>Brassica napus</i>	Bioraffineries (biocarburants, etc.)
Arsenic	Hyperaccumulateurs	<i>Pteris vittata</i>	Solvolyse
Nickel	Hyperaccumulateurs	<i>Alyssum murale</i> , <i>Alyssum corsicum</i>	Hydro-métallurgie, écomatériaux et synthèses d'agents thérapeutiques
Cuivre	Herbacées à forte biomasse	<i>Nicotiana tabacum</i> , <i>Heliantus annus</i> , <i>Brassica napus</i>	Hydro-métallurgie, solvolyse
Cobalt	Hyperaccumulateurs	<i>Alyssum murale</i>	-

Tableau 2 : Association des polluants avec des plantes pour la phytoextraction et leurs valorisation potentielles (Bert, et al., 2009)

Le tableau suivant nous présente les espèces de plantes préconisées en fonction des polluants du sol. Si nous analysons ce tableau du point de vue paysager, nous pouvons rapidement imaginer que les métaux présents dans le sol vont influencer les types de plantes utilisées, qui vont elles-mêmes influencer sur le paysage. Dans le cas où l'on se trouve avec des pollutions mixtes (ce qui est souvent le cas), nous pourrions donc trouver possiblement des strates différentes dans les plantes préconisées.

Au-delà de cet aspect, il existe actuellement des méthodes de conception d'espace en phytoremédiation, très orientées sur l'impact visuel que ces parcelles renvoient. Nous pourrions par exemple citer les « Revival Fields » (traduit par « terrains bioformatés »), qui sont des projets artistiques se servant de plantes hyperaccumulatrices (Lausson, 2011). Ces projets semblent intéressants, car ils tentent de répondre au troisième objectif de la phytoremédiation. Cependant, il faut veiller à respecter avant tout le premier objectif de notre schéma, car la fiabilité en terme de dépollution pourrait être remise en question. Si ces projets suivent avant tout l'ordre d'importance des objectifs, s'intéresser à l'intégration paysagère des parcelles en dépollution peut représenter un réel avantage.

4. Quelle place pour le paysagiste dans ce domaine ?

A ce stade, les différentes conclusions nous ont permis de comprendre qu'un espace en phytoremédiation répondait à certaines règles, du fait qu'ils aient comme principal but de régler une question de santé publique. Il est cependant possible d'atteindre des objectifs secondaires et ainsi lui donner une certaine plurifonctionnalité. L'un des buts de ce mémoire est de se pencher sur les potentiels du troisième objectif : l'intérêt social et paysager. Si la phytoremédiation représente une nouvelle affectation dans le paysage d'un individu, le rôle du paysagiste est de s'intéresser aux impacts que cette technique engendre sur un territoire. Une vision esthétique de ce domaine est utile pour une valorisation paysagère, qui viendrait ainsi compléter l'aspect économique induit par les plantations (Evlard, et al., 2011). Précisons que ce rôle doit intervenir en aval de tous les travaux d'estimations du risque. Nous pourrions faire évoluer le mot « esthétique » par la formule « intérêt paysager », qui renvoie à un éventail plus vaste de notions, mais qui induit directement le sujet du paysage.

En réalité, plus un espace en phytoremédiation sera intégré dans l'environnement et dans un contexte social, plus son intérêt paysager sera grand. Concernant ce dernier point, nous pouvons nous appuyer sur la démonstration de Westphal et Isebrands (2001) qui envisagent la phytoremédiation en tant qu'outil social. Cette démonstration a pour but de prouver que la phytoremédiation en tant qu'espace végétalisé, peut offrir des bienfaits psychosociologiques aux populations vivant autour. L'expérience permet donc de faire un réel lien avec la première partie de ce mémoire. En effet, si les facteurs des situations existantes dictent la forme du projet (pH du sol, concentrations, types d'éléments traces. ...), la présence végétale occasionnée agit directement sur le cadre de vie d'une population. Plus précisément, Westphal et Isebrands (2001) expliquent que : « un paysage vert peut avoir des effets positifs sur l'homme en diminuant son niveau de stress et de violence et permettrait aussi de resserrer les liens entre habitants d'un même quartier ». Le résultat de cette expérience était que si la phytoremédiation est vue comme un aménagement paysager, cette technique apporterait des bienfaits psychologiques et sociaux. Pourtant, nous ne pouvons pas comparer les bienfaits engendrés par les espaces verts et les bienfaits engendrés par des espaces en phytoremédiation. Cependant, ces deux sphères restent tout de même proches, avec des caractéristiques communes.

La place du paysagiste reste donc délicate, car il intervient après plusieurs disciplines. Les premières personnes étudiant le projet viennent de disciplines scientifiques (ingénieurs environnementaux, géologues, chimistes ...). Après établissement d'un diagnostic et de l'élaboration du programme par ces corps de métier, un architecte paysagiste pourrait intervenir pour étudier l'impact du projet sur le paysage, voire en modifier certains points qui lui semblent nécessaires pour l'améliorer. Précisons que cette intervention se ferait sur base des éléments diagnostiqués par les professions en amont (Todd, et al., 2016). En tenant compte des résultats des scientifiques, le paysagiste pourrait, par exemple, participer à une étude des dynamiques sociales présentes au sein d'un site, afin de comprendre comment la population considère son territoire. Il serait alors à même de se recentrer sur les zones de projets en phytoremédiation, dans notre cas les friches industrielles.

Des études au Canada s'orientent actuellement vers des programmes de phytoremédiation pour réutiliser des surfaces contaminées. Ces projets sont mis en place avec des équipes pluridisciplinaires, composées entre autre d'architectes paysagistes. De ce fait, des écrits ont été publiés pour essayer de définir des règles de conception quant à l'aménagement d'anciennes friches industrielles. Les grands axes de conception ne doivent pas être trop strictes, sans pour autant oublier le message général de dépollution (Todd, et al., 2016).

Précisons qu'une vision plus paysagère des parcelles contaminées par une pollution des sols a déjà été expérimentée avant le développement de la phytoremédiation. Dès les années 1960, des artistes assimilés au mouvement du Land art¹⁶ comme Patricia Johanson, Alan Sonfist ou Harriet Feigenbaum, sont intervenus sur des sols pollués. Ils proposaient alors des solutions de reboisement, mais aussi de dépollution de sol, avec une optique de réintégration d'écosystèmes viables (Lausson, 2011). Ces éléments sont à prendre avec du recul car la démarche reste dans un contexte artistique et de réhabilitation des écosystèmes. Le risque de contamination envers des riverains proches n'est donc pas spécifiquement développée dans ce courant, mais nous pouvons cependant noter que la problématique de base de réutilisation des surfaces polluées est commune à notre sujet d'étude. Ce qui diffère ici, c'est que le projet est essentiellement artistique, et non scientifique.

En revenant à un contexte plus actuel, il existe des projets qui tentent d'étudier les possibilités d'unir les domaines de l'agrément et de la phytoremédiation. Dans le mémoire de Caroline Bernard (École d'architecture Université Laval, 2012), il est présenté une proposition de projet d'implantation d'infrastructures récréatives sur une zone contaminée. Il s'agit d'un site sur lequel se trouvait, pendant plus de quatre-vingts ans, une usine de pâte à papier, désaffectée aujourd'hui. La problématique principale de ce projet fut de concilier la volonté d'un cadre synonyme de détente et la rigueur technique que demande la phytoremédiation. En ayant un regard critique sur ce projet, nous pouvons remarquer que la volonté de rendre l'espace pluridisciplinaire est forte, mais les types de polluants en présence ne sont pas mentionnés. Dans ce projet, la première phase de décontamination ferait appel à plusieurs sous-techniques de phytoremédiation, et ce n'est qu'après cette phase de décontamination que les infrastructures récréatives seraient mis en place.

Si le concept semble judicieux pour redynamiser une friche en la requalifiant, le fait de ne pas connaître les paramètres du sol ainsi que les types de polluants présents ne permet pas d'être précis sur la fiabilité de la décontamination. Comme nous l'avons vu, il est nécessaire de faire une analyse très précise du sol et de la biodisponibilité des polluants avant de concevoir ce genre de projets d'aménagements. Nous pouvons donc en conclure que les grandes lignes proposées par ce projet sont nécessaires et intéressantes pour son intégration à l'échelle du territoire, mais que ce travail doit être couplé à des analyses préalables du sol afin de pouvoir justifier les choix quant aux techniques utilisées, en respectant la gestion du risque de santé publique.

¹⁶ Tendance de l'art contemporain apparue aux États-Unis vers 1967 et caractérisée par un travail dans et sur la nature. (Larousse)

5. Conclusion de la seconde partie

Dans cette seconde partie, nous avons abordé le domaine de la phytoremédiation avec une approche plutôt paysagère de la technique, en nous concentrant sur les surfaces qui déterminent le sujet de ce mémoire : les friches industrielles.

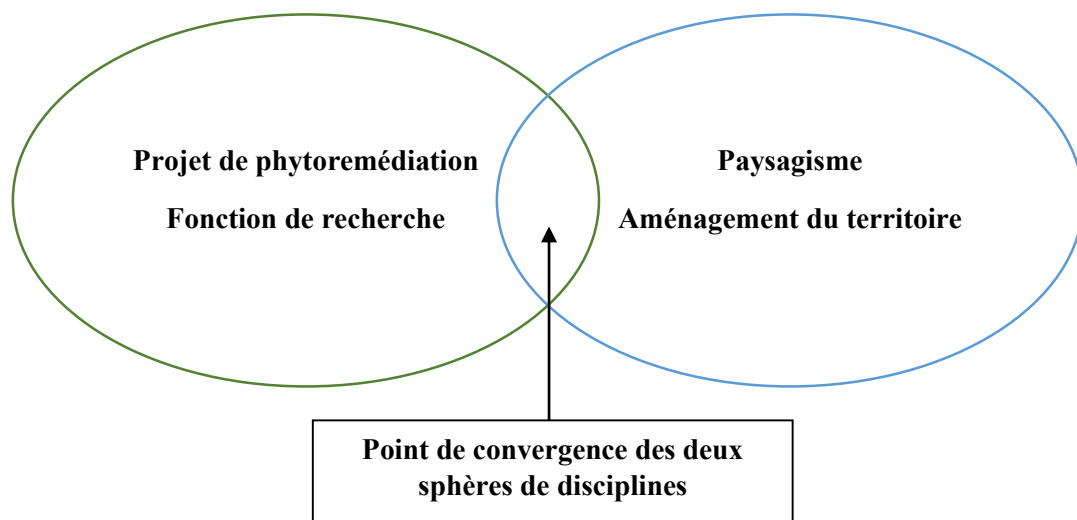
Les différentes techniques développées nous ont permis de constater une réalité : si l'on désire faire de la phytoremédiation en étant cohérent avec ses principes, il est indéniable que la gestion du risque et la biodisponibilité des éléments sont les premiers facteurs dont il faut tenir compte pour l'élaboration d'un projet.

Nous avons aussi constaté que, si ce domaine reste encore réservé à des disciplines scientifiques en Europe et dans le monde, d'autres secteurs indirectement concernés peuvent venir apporter leur expertise à cette technique. L'aspect économique que peut représenter la réutilisation des polluants amène la chimie verte à mettre en place des plans de recherches, notamment avec la phytoextraction. Quant à l'aspect paysager et social, le paysagisme est depuis peu sollicité pour apporter une vision pluridisciplinaire d'un territoire, afin de ne plus voir les parcelles traitées comme de simples lieux d'expérimentation, mais bien comme des espaces végétalisés aux potentiels sociaux et paysagés.

Nous allons maintenant aborder ce dernier argument dans la troisième partie de ce mémoire. Nous essayerons d'aller plus loin dans la question de ce que peuvent apporter les espaces en phytoremédiation dans leur aspect paysager.

PARTIE 3 : POTENTIELS PAYSAGERS ET SOCIOLOGIQUES DES ESPACES EN PHYTOREMEDIATION

Dans cette dernière partie, nous essayerons de développer le point de rencontre entre les deux parties précédentes. Nous tenterons d'établir les potentiels de la vision d'un architecte paysagiste sur un site d'étude en phytoremédiation. Pour cela, nous détaillerons une étude réalisée par l'auteur, prenant la forme d'un questionnaire. Celui-ci a pour but de déterminer les points de convergence entre deux publics cibles : un public de professionnels de l'aménagement du territoire et un public novice.



*Figure 16: Schéma du point de convergence entre le domaine de la phytoremédiation et le paysagisme
(Réalisation : Touvron V.)*

1. La qualité paysagère des espaces en phytoremédiation

Tout d'abord, nous allons introduire un nouveau terme qui permettra de mieux définir les avantages d'une vision paysagère, il s'agit de ce que l'on appelle la qualité paysagère d'un site. Nous pourrions résumer grossièrement cette idée par l'ensemble des potentiels de chaque couche d'un paysage. C'est un terme qui reste vaste mais qui se situe dans un vocabulaire propre à l'aménagement paysager et non au domaine scientifique. L'évaluation de la qualité paysagère d'un site n'est pas universelle et est souvent laissée libre aux personnes traitant la question. Il semble alors évident que chaque site aura une qualité paysagère différente et que c'est un outil précieux lors de l'élaboration de projets. Dans les cas d'études de projets de réaffectation de friches, il sera judicieux, d'un point de vue paysager, de dresser un diagnostic de la qualité paysagère du site en question (Ruelle, 2008). Dans les deux premières parties de ce mémoire, nous avons ressorti des avantages communs, comme par exemple le fait que la végétalisation d'un espace peut renvoyer à une image de nature agissant sur le bien-être d'une population.

Comme nous l'avons vu, si la friche est associée à l'abandon, un risque de déconnexion existe entre la population et son territoire. Par contre, si la réaffectation de ce genre de site s'accompagne d'une nouvelle fonction, cela permettra plus facilement aux habitants de lier espace et fonction, et ainsi facilitera sa reconnexion avec le territoire.

Dans la deuxième partie de ce mémoire, nous avons étudié six grandes catégories de phytoremédiation, impliquant des associations de végétaux différentes en fonction des paramètres de chaque site. Dans ce genre de projet, la mise en place des plantes est toujours scientifiquement étudiée et organisée pour limiter ces risques.

Nous pourrions alors nous demander si ces projets, par l'intermédiaire des végétaux utilisés, ne peuvent pas se rapprocher des bienfaits apportés par les espaces verts vus en première partie, jouant ainsi sur la qualité paysagère du site. Tout comme avec la friche, nous ne ferons pas de comparaison directe entre espace vert et projet de phytoremédiation. Cependant, l'apport d'une nouvelle fonction à une friche, couplé à une végétalisation organisée proche d'une nature « civilisée » (Calenge, 2003), peut favoriser l'intégration des projets de phytoremédiation dans le paysage.

Afin de d'illustrer ces propos, nous allons reprendre la liste de plantes réalisée par Bert. V. (2009), déjà utilisée en partie 2 de ce mémoire. Rappelons qu'elle nous présente des exemples de plantes utilisables en phytoextraction en fonction des éléments polluants présents dans le sol.

Nous avons fait évoluer cette liste en modifiant sa représentation. Les différentes catégories ont été reprises et présentées en deux dimensions sous forme de coupe. Deux caractéristiques supplémentaires ont été ajoutées : les dimensions des plantes et leur(s) caractère(s) esthétique(s) (tableau 3) . Le but ici est de donner une vision d'ensemble de l'aménagement par l'intermédiaire des plantations (figure 5 et 6).

Polluants	Espèces préconisées	Nom latin	Dimension (h)	Caractères esthétiques	Filières de valorisation
Cadmium	Hyperaccumulateurs	<i>Thlapsi (Nocea) caerulescens</i>	3 à 30cm	Floraison blanche à rosée d'avril à juin	Co-combustion ; gazéification ;
	Arbres et arbustes à croissance rapide et à forte biomasse	<i>Arabiopsis halleri</i> <i>Salix sp.</i> <i>Populus sp.</i> <i>Zea maïs</i>	20 à 45 cm 1 à 3m 1 à 3 m 1 à 3 m	Floraison blanche d'avril à mai Floraison jaune vert d'avril à mai Feuillage vert-argenté ; Floraisonverdâtre de mars à avril Floraison grisâtre de juin à septembre	Bois-énergie ; gazéification
Zinc	Herbacées à forte biomasse	<i>Helianthus annuus</i> <i>Brassica napus</i>	0,8 à 2,5m 1 m	Floraison jaune orangé de juillet à octobre Floraison jaune doré d'avril à mai	Bioraffineries (biocarburants, etc.)
	Hyperaccumulateurs	<i>Thlapsi (Nocea) caerulescens</i> <i>Arabiopsis halleri</i> <i>Salix sp.</i>	3 à 30cm 20 à 45 cm 1 à 3m	Floraison blanche à rosée d'avril à juin Floraison blanche d'avril à mai Floraison jaune vert d'avril à mai	Co-combustion ; gazéification ;
Arsenic	Arbres et arbustes à croissance rapide et à forte biomasse	<i>Populus sp.</i> <i>Zea maïs</i>	1 à 3 m 1 à 3 m	Feuillage vert-argenté ; Floraisonverdâtre de mars à avril Floraison grisâtre de juin à septembre	Bois-énergie ; gazéification
	Herbacées à forte biomasse	<i>Helianthus annuus</i> <i>Brassica napus</i>	0,8 à 2,5m 1 m	Floraison jaune orangé de juillet à octobre Floraison jaune doré d'avril à mai	Bioraffineries (biocarburants, etc.)
Nickel	Hyperaccumulateurs	<i>Pteris vittata</i> <i>Alyssum murale</i> <i>Alyssum corsicum</i>	40 à 60 cm 30 à 70 cm 30 à 50 cm	Feuillage persistant, découpé. Feuillage gris-argenté ; Floraison jaune d'avril à mai Feuillage vert-argenté ; Floraison jaune de juin à août	Solvolyse Hydro-métallurgie ; écomatériaux et synthèses
Cuivre	Herbacées à forte biomasse	<i>Nicotiana tabacum</i> <i>Helianthus annuus</i> <i>Brassica napus</i>	1 à 2 m 0,8 à 2,5m 1 m	Floraison rosée ou vert rougeâtre de juin à septembre Floraison jaune orangé de juillet à octobre Floraison jaune doré d'avril à mai	Hydro-métallurgie ; Solvolyse
	Hyperaccumulateurs	<i>Alyssum murale</i>	30 à 70 cm	Feuillage gris-argenté ; Floraison jaune d'avril à mai	-

Tableau 3 : Liste de plantes utilisées en phytoextraction en fonction des éléments polluants constatés dans le sols, ainsi que leurs caractéristiques (Données de base par (Bert, et al., 2009)) ; (Réalisation : Tourvon V.)

Nom de la plante : Hyperaccumulateurs
 Nom de la plante : Arbres et arbustes à croissance rapide et à forte biomasse
 Nom de la plante : Herbacées à forte biomasse

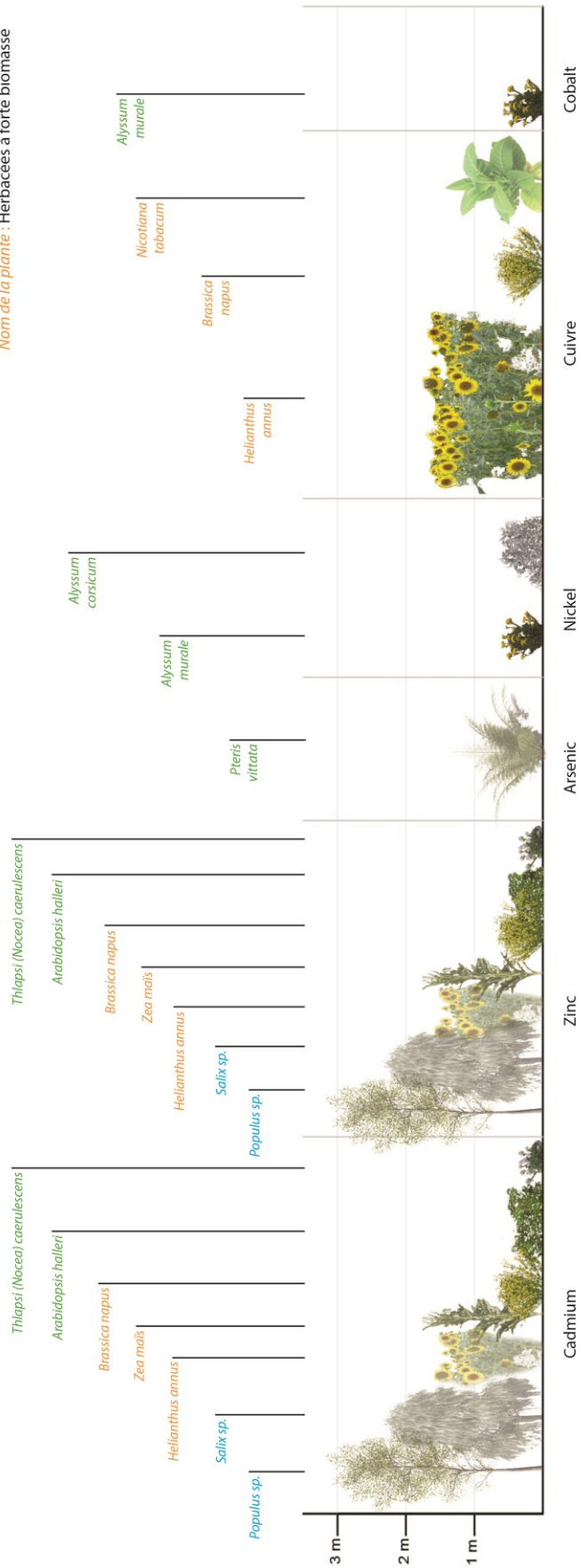


Figure 17 : Représentations en coupe d'ambiance d'une liste de plantes utilisées en phytoextraction en fonction des éléments polluants constatés dans un sol. (Données de base par (Bert, et al., 2009)) ; (Réalisation : Tourvion V.)

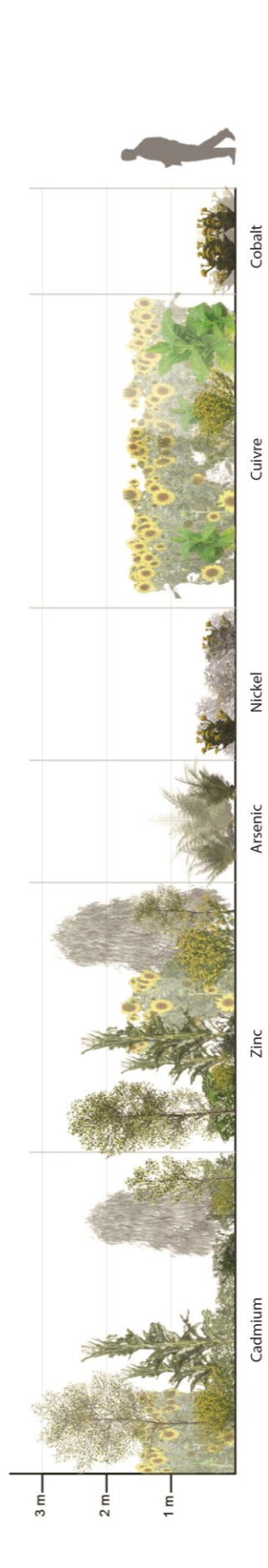


Figure 18 : Représentations en coupe des détails d'une liste de plantes utilisées en phytoextraction en fonction des éléments polluants constatés dans un sol. (Données de base par (Bert, et al., 2009)) ; (Réalisation : Tourvion V.)

En reprenant les conclusions de la première partie de ce mémoire, nous pouvons mettre en évidence les végétaux appartenant à une strate intermédiaire entre pelouse et buisson. Ces deux coupes nous permettent de voir que lorsqu'un sol est contaminé par certains éléments, il est possible, dans un premier temps, de connaître les végétaux les plus aptes à être utilisés dans une technique de phytoextraction, mais également de savoir lesquels ont le plus de chance d'être considérés positivement par la population locale. Rappelons que le choix des végétaux utilisables doit avant tout se faire dans une optique d'optimisation de la dépollution. Mais cette proposition offre une nouvelle dimension aux projets de phytoremédiation dans son intégration au sein du tissu bâti. Rappelons également que si l'on souhaite améliorer l'aspect des parcelles en phytoremédiation, il est nécessaire que la végétation implantée ne soit pas trop désordonnée pour que le public n'y trouve pas à un aspect trop « sauvage » (Lizet, 2010).

2. Le landscape urbanism : une proposition de mixité des disciplines

De manière à rendre l'intégration des espaces en phytoremédiation dans le paysage plus accessible, nous pouvons nous baser sur un courant déjà existant : le Landscape urbanism. Ce terme fut introduit pour la première fois en 1997 par Charles Waldheim, professeur à Harvard Graduate School of Design. Selon Bernard C. : « c'est une façon de gérer l'aménagement de l'espace dans l'ensemble de ses formes en effaçant les limites traditionnelles de nature et culture. » (Bernard, 2012). Plus précisément, ce courant s'inscrit dans une vision de la ville plus durable, avec une réévaluation des parcelles disponibles, et en les considérant à plusieurs échelles (Lindholm, 2008). Ce courant tente d'aménager le territoire en se rapprochant d'un équilibre entre les systèmes naturels (comme par exemple les différents réseaux d'eaux et de végétation) et les aspects purement anthropiques de l'espace dans le paysage (la culture, l'économie) (Bernard, 2012).

Les différentes conclusions apportées jusqu'ici nous permettent donc d'avancer que si les projets de phytoremédiation ont une vocation avant tout scientifique, ils partagent des points communs avec le courant du Landscape urbanism. En effet, la phytoremédiation se base sur une conception du territoire à long terme avec la décontamination et le développement du site. Mais cette vision est aussi développée à grande échelle, à la fois sur la parcelle traitée, et indirectement sur une politique globale d'une ville, voire d'une région (Bernard, 2012). Rappelons toutefois que le Landscape urbanism reste un courant assez nouveau et que, du fait qu'il rassemble plusieurs professions, toutes ne sont pas en accord avec la majorité de ces principes.

3. Exercice de sondage sur le ressenti des espaces verts et sur la phytoremédiation

3.1. Explication du protocole suivi pour l'exercice

L'objectif de cet exercice est de recenser l'avis de deux publics différents à propos d'un même sujet, puis de comparer les résultats afin de constater des éventuels points communs. Pour cela, nous avons utilisé le logiciel formulaire de « Google », nommé « Google form ».

Deux questionnaires de onze questions ont été élaborés dans cet exercice. Le public cible du premier questionnaire était un public novice (que nous nommerons « sondés publics »). Le public cible du second questionnaire était composé de professionnels de l'aménagement du territoire (que nous nommerons « sondés professionnels »). Celui-ci est constitué de paysagistes, d'urbanistes, d'architectes, d'élus locaux en charge de l'aménagement du territoire, etc. La phase de récolte des données s'est réalisée entre le 22 mars 2018 et le 22 avril 2018, soit durant un mois.

Ces deux questionnaires se composaient des mêmes questions, mais avec une tournure et un vocabulaire adapté à chaque catégorie de sondés. L'objectif va être ici de comparer les réponses des deux catégories afin d'établir une grille de critères. Les annexes 6 et 7 reprennent les deux questionnaires réalisés pour l'exercice.

Les questionnaires se composaient de 3 parties :

1. La perception des espaces ouverts aménagés et végétalisés (communément appelé « espace vert »).
2. La phytoremédiation, demande de l'avis aux sondés.
3. La collecte d'informations personnelles (âge, lieu de vie)

Grâce à cet exercice, nous pourrions apporter des éléments complémentaires dans l'élaboration des projets de phytoremédiation au niveau de leur aspect paysager.

Avant d'étudier les différents résultats de cet exercice, nous allons aborder chaque question avec les critères respectifs que nous voulons mettre en avant.

Première partie du questionnaire : perception des espaces verts. Dans cette partie, nous évaluons les caractéristiques des espaces verts communes aux deux catégories de sondés.

Les critères évalués ici sont les suivants :

- L'aspect esthétique de l'espace
- L'aspect fonctionnel de l'espace
- L'aspect agrément de l'espace
- L'entretien de l'espace
- L'aspect bien-être de l'espace
- L'aspect social de l'espace

Nous avons basé ces critères sur la définition d'un espace vert utilisée par l'Agence de développement et d'urbanisme de Lille Métropole, citée en première partie de ce mémoire (Delevallee, 2006).

Question numéro 1 : « Parmi ces photographies, laquelle vous évoque le plus un espace vert intégré à un quartier ? ». Cette question était à choix unique. Les personnes devaient choisir parmi quatre photographies d'espaces verts différents, celle qui leur semblait la plus évocatrice d'un espace vert intégré à un quartier. Les photographies ont été choisies de manière à ce que chaque critère soit possiblement évaluable. Le tableau suivant montre pour chaque photographie les critère(s) mis en avant.

Propositions	Formulation pour les deux questionnaires	Critères					
		Bien-être	Esthétique	Fonctionnel	Social	Entretien	Agrément
Photographie 1	Une allée piétonne avec des bancs, des poubelles et des arbres	X	X	X		X	
Photographie 2	Un chemin sous les arbres, loin du bruit, avec des herbes folles de chaque côté	X	X	X	X		X
Photographie 3	Un parc avec des massifs de tulipes et de géraniums		X			X	
Photographie 4	Un petit square avec une aire de jeux à côté de chez moi	X		X	X		X

Tableau 4 : Détails des critères mis en avant dans la question 1 (Réalisation : Touvron V.)

Les « X » montrent les principaux critères mis en avant dans chaque proposition, selon l'auteur.

Question numéro 2 : « Selon vous, qu'est-ce qui définit un bel espace vert public ? ». Cette question était à choix multiples. Les personnes interrogées devaient s'exprimer sur les caractéristiques principales qui leur permettent d'apprécier un espace vert. Les différentes propositions ont été choisies de manière à ce que chaque critère puisse être possiblement évaluable. Le tableau 5 présente pour chaque proposition le ou les critère(s) mis en avant.

Propositions	Formulation du questionnaire publique	Formulation du questionnaire professionnel	Critères					
			Bien-être	Esthétique	Fonctionnel	Social	Entretien	Agrément
L'espace comporte des végétaux esthétiquement intéressants	Il y a de beaux végétaux (des arbres, des arbustes, des fleurs ...)	Il comporte des espaces plantés (pelouses, arbustes et/ou arbre etc.)		X				
L'espace est entretenu	Il n'y a pas de "mauvaises herbes" (ou adventices)	Il possède un plan de gestion d'entretien adéquat					X	
L'espace est multifonctionnel	Je peux y faire des activités différentes (sport, loisir, détente ...)	Il a un côté multifonctionnel			X			X
L'espace est accueillant	J'ai l'impression de m'y sentir un peu comme chez moi	Il a été pensé pour les usagers	X					
L'espace fait partie de l'environnement des usagers	Il a une place importante dans le cadre de vie des gens	Il répond à une demande de la population locale et/ou des collectivités	X		X			
L'espace possède un intérêt toute l'année	J'aime m'y rendre en toute saison	Il possède un intérêt à chaque saison		X	X			
L'espace favorise les rencontres	C'est un lieu de rencontre	C'est un lieu de rencontre				X		
L'espace s'intègre dans le tissu bâti	Il doit contraster avec son cadre environnant	Il s'intègre dans son cadre environnant			X			
L'espace favorise le bien-être des usagers	C'est un endroit qui me procure du bien-être	Il favorise le bien-être des habitants	X					
L'espace est assimilé à quelque chose de "naturel"	Je peux y croiser des animaux (insectes, oiseaux ...)	Il possède une facette "durable/écosystémique"	X		X			
L'espace possède une identité propre	Je le trouve unique	Il a sa propre identité	X					
L'espace accueille une mixité sociale	Je peux y croiser des gens différents (enfants, personnes âgées, habitants, sportifs ...)	Il peut accueillir plusieurs catégories de population				X		
L'espace est facile d'accès	Il n'y a pas d'horaire d'ouverture	Il doit avoir une facilité d'accès (horaire d'ouverture large)			X			
L'espace est calme	C'est un lieu calme	C'est un lieu calme	X					
L'espace fait partie d'une politique globale d'aménagement	Il fait partie des lieux qui caractérisent une ville	Il doit faire partie d'une politique globale de l'aménagement du territoire		X	X			

Tableau 5 : Détails des critères mis en avant dans la question 2 (Réalisation : Touvron V.)

Les « X » montrent les principaux critères mis en avant dans chaque proposition, selon l'auteur.

Question numéro 3 : « *A l'inverse, selon vous, qu'est-ce qui rend un espace vert mal intégré à un quartier ?* ». Cette question était à choix multiples. Les personnes interrogées devaient s'exprimer sur ce qui leur déplait dans un espace vert. Les différentes propositions ont été choisies de manière à ce que chaque critère soit évaluable. Le tableau ci-dessous montre pour chaque proposition le ou les critère(s) associé(s).

Propositions	Formulation du questionnaire public	Formulation du questionnaire professionnel	Critères					
			Bien-être	Esthétique	Fonctionnel	Social	Entretien	Agrément
L'espace n'est pas ou peu accessible	Il est peu accessible	Une mauvaise accessibilité		X				
L'espace semble privatisé	Je sens qu'il n'est pas pour tout le monde	Il ne peut pas accueillir un public large					X	
L'espace n'a pas d'entretien régulier	Il est mal entretenu	Le calendrier d'entretien n'est pas respecté			X			X
L'espace est peu fréquenté	Il n'y a jamais personne qui s'y rend	Peu de gens s'y rendent	X					
L'espace n'est pas accueillant	Il ne donne pas envie de s'y rendre	Sa conception ne le rend pas accueillant	X		X			
L'espace a peu d'intérêt à cet endroit	Il est inutile	Il est inutile à cet endroit		X	X			

Tableau 6 : Détails des critères mis en avant dans la question 3 (Réalisation : Touvron V.)

Les « X » montrent les principaux critères mis en avant dans chaque proposition, selon l'auteur.

Deuxième partie du questionnaire : questions sur la connaissance de la phytoremédiation et l'avis porté sur cette technique.

Les critères évalués ici sont les suivants :

- Le niveau de connaissance de la technique
- L'avis positif ou négatif qu'ils ont de la technique
- Leur curiosité par rapport à la technique
- Leur connaissance des friches autour de chez eux
- Le média par lequel ils ont connu la technique (ou pas)
- L'avis sur la réalisation d'un projet près de chez eux

La phytoremédiation étant encore naissante, l'objectif ici est de sonder le niveau de connaissance des deux catégories, mais aussi leurs avis sur les éventuels projets potentiellement mis en place.

Question numéro 4 : « *Connaissez-vous le concept de phytoremédiation, technique de dépollution du sol par les plantes ?* ». Cette question était à choix unique. Les personnes interrogées devaient donner leur niveau de connaissance sur la technique. Le tableau 7 nous montre pour chaque proposition le critère mis en avant.

Propositions	Formulation pour les deux questionnaires	Critères		
		Connaissance	Non connaissance	Légère connaissance
Oui je connais cette technique	oui	X		
Non je ne connais pas cette technique	non		X	
J'ai entendu parler de cette technique	J'en ai entendu parler			X

Tableau 7 : Détails des critères mis en avant dans la question 4 (Réalisation : Touvron V.)

Les « X » montrent les principaux critères mis en avant dans chaque proposition, selon l'auteur.

Question numéro 5 : « *Quelle est votre opinion sur cette pratique ?* ». Cette question était à choix multiple, mais à réponse unique. Les personnes interrogées devaient exprimer leur avis à propos de la pertinence de la technique. Cinq propositions étaient possibles, allant d'un avis positif à négatif, avec une possibilité de ne pas s'exprimer. Le tableau suivant détail pour chaque proposition le critère évalué.

Propositions	Formulation pour les deux questionnaires	Critères				
		Avis positif	Avis plutôt positif	Sans avis	Avis plutôt négatif	Avis négatif
Technique mensongère	C'est de la poudre aux yeux (greenwashing)					X
Technique positive	C'est une technique durable		X			
Technique positive et à valoriser	C'est une proposition intéressante	X				
Technique qui doit encore faire ses preuves	Je reste perplexe sur son efficacité				X	
Idée intéressante mais pas universelle	C'est une bonne idée mais ce n'est pas une solution miracle		X			
Sans avis	Je n'ai pas d'avis sur la question			X		

Tableau 8 : Détails des critères mis en avant dans la question 5 (Réalisation : Touvron V.)

Les « X » montrent les principaux critères mis en avant dans chaque proposition, selon l'auteur.

Question numéro 6 : « *Aimeriez-vous avoir plus d'informations sur ce sujet ?* ». Les personnes interrogées devaient s'exprimer sur la possibilité d'avoir ou non des informations supplémentaires sur la phytoremédiation. Le but ici était d'évaluer le niveau de curiosité des deux catégories. Le tableau suivant développe pour chaque proposition le critère mis en avant.

Propositions	Formulation pour les deux questionnaires	Critères	
		Intéressé	Pas intéressé
Intéressé par plus d'informations	oui	X	
Pas intéressé par plus d'informations	non		X

Tableau 9 : Détails des critères mis en avant dans la question 6 (Réalisation : Touvron V.)

Les « X » montrent les principaux critères mis en avant dans chaque proposition, selon l'auteur.

Question numéro 7 : « *Avez-vous connaissance de friches végétalisées autour de chez vous ?* ». Cette question était à choix multiple et à réponse unique. Les personnes interrogées devaient exprimer leur connaissance ou non de parcelles en friches dans leur environnement. Ici, la volonté était de mesurer le niveau de connaissance d'une catégorie par rapport à son territoire. La possibilité de s'abstenir dans la réponse était toujours possible. Le tableau 10 détaille pour chaque proposition le critère évaluable.

Propositions	Formulation pour les deux questionnaires	Critères		
		Connaissance d'une ou plusieurs friches	Non connaissance d'une ou plusieurs friches	Sans avis
Oui je connais des friches	oui	X		
Non je ne connais pas de friche	non		X	
Je n'ai pas d'avis	Je ne sais pas			X

Tableau 10 : Détails des critères mis en avant dans la question 7 (Réalisation : Touvron V.)

Les « X » montrent les principaux critères mis en avant dans chaque proposition, selon l'auteur.

Pour les questions numéro 8 et 9, nous avons créé deux grilles de critères différentes pour les deux catégories de sondés, car il semblait difficile de poser une question permettant une comparaison pertinente. Bien que le thème des deux questions soit similaire, il était plus adapté de poser deux questions différentes à chaque catégorie.

Question numéro 8 (sondés publics) : « Avez-vous déjà entendu parler de sites sur lesquels on pratiquait la phytoremédiation ? ». L'objectif ici était d'évaluer le moyen par lequel les sondés « publics » avaient éventuellement entendu parler de la phytoremédiation. Le tableau suivant expose pour chaque proposition le critère mis en avant.

Propositions	Formulation pour le questionnaire public	Critères					
		Information par presse locale	Information par le télévisuel	Information par l'internet	Information par presse papier	Information par discussions	Aucunes informations
Oui dans la presse locale	Oui dans ma commune ou ses environs	X					
Oui par l'intermédiaire du média télévisuel	Oui dans un reportage		X				
Oui par l'intermédiaire d'internet	Oui sur internet			X			
Oui par l'intermédiaire de la presse papier	Oui dans des magazines				X		
Oui par l'intermédiaire de discussions	Oui parle bouche à oreille					X	
Non je n'en ai jamais entendu parler	Non je n'en ai jamais entendu parler						X

Tableau 11 : Détails des critères mis en avant dans la question 8 (sondés publics) (Réalisation : Touvron V.)

Les « X » montrent les principaux critères mis en avant dans chaque proposition, selon l'auteur.

Question numéro 8 (sondés professionnels) : « Avez-vous déjà travaillé ou eu connaissance de projets dans lesquels la technique de phytoremédiation était envisagée ? ». L'objectif ici était de savoir si les sondés « professionnels » avaient déjà travaillé sur des projets de phytoremédiation. Le tableau suivant montre pour chaque proposition le critère mis en avant.

Propositions	Formulation pour le questionnaire professionnel	Critères	
		Expérience de projets de phytoremédiation	Non expérience de projets de phytoremédiation
Oui j'ai travaillé ou eu connaissance de ce genre de projet	Oui	X	
Non je n'ai jamais travaillé ou eu connaissance de ce genre de projet	Non		X

Tableau 12 : Détails des critères mis en avant dans la question 8 (sondés professionnels) (Réalisation : Touvron V.)

Les « X » montrent les principaux critères mis en avant dans chaque proposition, selon l'auteur.

Question numéro 9 (sondés publics): « Si vous habitez aux abords d'une parcelle comportant des sols pollués, aimeriez-vous que l'on y pratique de la phytoremédiation ? ». Ici, l'objectif était de faire ressortir le niveau d'intérêt que portent les sondés « publics » sur un éventuel projet de phytoremédiation près de chez eux. Le tableau 13 expose pour chaque proposition le critère évalué.

Propositions	Formulation pour le questionnaire public	Critères				
		Très intéressé par ces projets	Intéressé par ces projets	Sans avis sur ces projets	Peu intéressé par ces projets	Pas intéressé par ces projets
Oui mais avec possibilité d'implication dans le projet	Oui mais je souhaiterais me sentir impliqué dans ce projet	X				
Oui mais avec information sur le projet	Oui et j'aimerais être bien informé sur le projet avant réalisation		X			
Non car craintes d'un risque de santé publique	Non car je crains que les polluants soient libérés si on touche au sol				X	
Non car projet non utile	Non car je n'en vois pas l'intérêt					X
Sans avis sur la question	Je ne sais pas			X		

Tableau 13 : Détails des critères mis en avant dans la question 9 (sondés publics) (Réalisation : Touvron V.)

Les « X » montrent les principaux critères mis en avant dans chaque proposition, selon l'auteur

Question numéro 9 (sondés professionnels): « *Selon vous, est-ce une bonne chose que d'associer le public (population et pouvoirs publiques) et la phytoremédiation dans un projet quand cela est possible ?* ». L'objectif ici était de connaître l'avis de professionnel sur une vision pluridisciplinaire de la phytoremédiation. Le tableau ci-dessous montre pour chaque proposition le critère évaluable.

Propositions	Formulation pour le questionnaire professionnel	Critères		
		Démarche intéressante	Démarche pas intéressante	Sans avis
Oui cela me semble une bonne chose	Oui	X		
Non cela ne me semble pas une bonne chose	Non		X	
Je ne sais pas	Je ne sais pas			X

Tableau 14 : Détails des critères mis en avant dans la question 9 (sondés professionnels) (Réalisation : Touvron V.)

Les « X » montrent les principaux critères mis en avant dans chaque proposition, selon l'auteur

Troisième partie du questionnaire : questions pour définir plus précisément les deux catégories de sondés.

Les critères évalués ici sont les suivant :

- Les tranches d'âge des sondés
- Une estimation du paysage dans lequel les sondés vivent

Question numéro 10 : « Dans quelle tranche d'âge vous situez-vous ? ». Cette question propose quatre classes d'âge auquel une seule réponse est possible. Le choix de ces classes s'est fait de manière à pouvoir faire ressortir des tendances de catégories de population composant nos sociétés actuelles. Le tableau 15 présente pour chaque proposition le critère mis en avant.

Propositions	Formulation pour les deux questionnaires	Critères			
		Etudiants et jeunes travailleurs	Personnes actives	Personnes actives	Jeunes retraités et retraités
Tranche d'âge 18 à 25 ans	18-25 ans	X			
Tranche d'âge 25 à 40ans	25-40 ans		X		
Tranche d'âge 40 à 60 ans	40-60 ans			X	
Tranche d'âge 60 ans et plus	60 ans et plus				X

Tableau 15 : Détails des critères mis en avant dans la question 10 (Réalisation : Touvron V.)

Les « X » montrent les principaux critères mis en avant dans chaque proposition, selon l'auteur

Question numéro 11 : « Dans quel type de paysage estimez-vous habiter ? ». Cette question était à choix unique. Les personnes interrogées devaient estimer, parmi quatre propositions, le paysage dans lequel ils considèrent vivre. Ce mémoire touchant principalement des espaces urbains et semi-urbains, il semblait pertinent d'aborder cette question, de manière à améliorer l'interprétation des résultats. Le tableau ci-dessous présente pour chaque proposition le critère mise en avant.

Propositions	Formulation pour les deux questionnaires	Critères			
		Rural	Semi-rural	Urbain	Semi-urbain
Paysage majoritairement rural	Paysage rural	X			
Paysage majoritairement semi-rural	Paysage semi-rural		X		
Paysage majoritairement urbain	Paysage urbain			X	
Paysage majoritairement semi-urbain	Paysage semi-urbain				X

Tableau 16 : Détails des critères mis en avant dans la question 11 (Réalisation : Touvron V.)

Les « X » montrent les principaux critères mis en avant dans chaque proposition, selon l'auteur

3.2. Développement et analyse des données

Sur base des données récoltées pendant la durée de l'exercice, nous allons maintenant les analyser afin de comparer les éléments qui semblent pertinents pour le sujet de ce mémoire.

Commençons par faire un constat global de l'exercice. Premièrement, tous les participants aux questionnaires ont répondu à toutes les questions de l'enquête. Notons aussi que les deux questionnaires n'ont pas reçu exactement le même nombre de réponses. Le questionnaire de « sondés publics » a été rempli par 183 personnes, et le questionnaire de « sondés professionnels » a été rempli par 103 personnes. Cependant, nous pouvons estimer qu'il est plus difficile de toucher le public des professionnels, car ils sont moins nombreux que le public novice. L'annexe 1 présente les détails des résultats de l'exercice.

Observons tout d'abord les réponses des deux publics aux questions posées :

- A la question numéro 1 : « Parmi ces photographies, laquelle vous évoque le plus un espace vert intégré à un quartier ? », la photographie ayant reçu le plus de voix est la numéro 1 pour les sondés « publics ». La seconde photographie la plus choisie a été la numéro 4.

En ce qui concerne les sondés « professionnels », ceux-ci ont voté en premier choix pour la photographie numéro 4 et en second choix pour la photographie numéro 2. En revanche, pour les deux catégories de sondés, la photographie numéro 3 est celle qui a reçu le moins de votes.

En se référant à la méthodologie développée ci-dessus, nous pouvons alors observer que les sondés « publics » préfèrent « Une allée piétonne avec des bancs, des poubelles et des arbres », répondant donc aux critères « **bien-être** », « **esthétique** », « **fonctionnel** » et « **entretien** ».

Pour ce qui concerne les sondés « professionnels », ceux-ci préfèrent « Le petit square avec une aire de jeux à côté de chez moi », répondant donc aux critères « **bien-être** », « **fonctionnel** », « **social** », « **agrément** ».

Ajoutons que pour les deux catégories de sondés, « Un parc avec des massifs de fleurs ornementales » est la réponse qui s'éloigne le plus d'un espace vert intégré à un quartier, donc des critères « **esthétique** » et « **entretien** ».

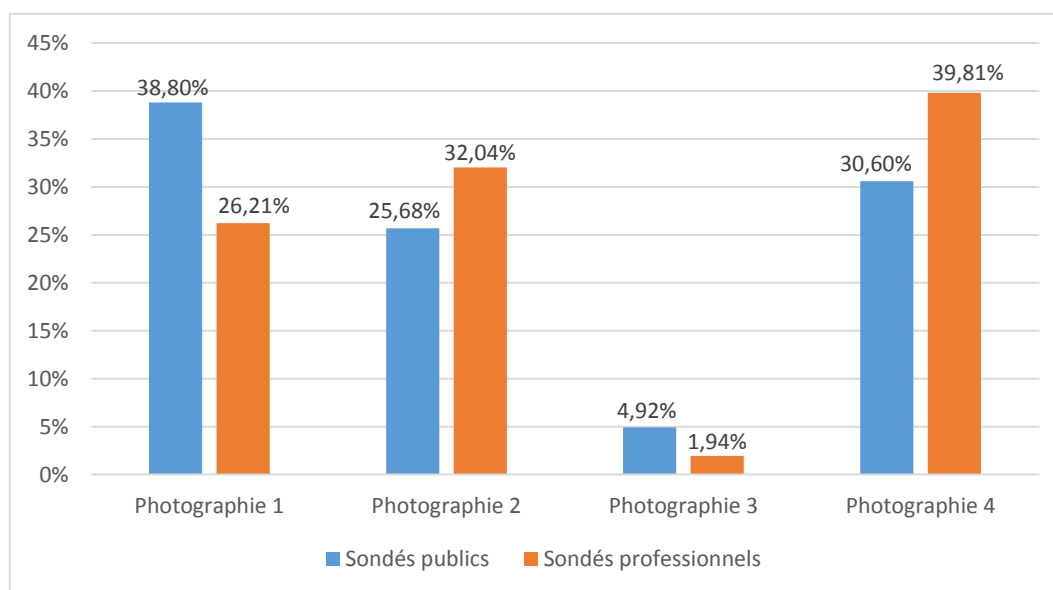


Figure 19 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 1 (Réalisation : Touvron V.)

Selon la méthodologie développée, le premier choix des deux catégories de sondés n'est pas identique, mais nous retrouvons des critères communs dans leurs choix de détermination d'un espace vert intégré à un quartier : **bien-être, fonctionnel**.

- A la question numéro 2 : « *Selon vous, qu'est-ce qui définit un bel espace vert public ?* », les trois premières propositions qui ont reçu le plus de votes pour les sondés « publics » sont dans l'ordre décroissant : « L'espace comporte des végétaux esthétiquement intéressants », puis « L'espace favorise le bien-être des usagers » et enfin « L'espace possède un intérêt toute l'année ». Ces trois propositions ont donc reçu une majorité de voix.

En ce qui concerne les sondés « professionnels », les trois premières réponses par ordre décroissant sont : « L'espace est accueillant », puis « L'espace s'intègre dans le tissu bâti » et enfin « L'espace favorise le bien-être des usagers ». Ces trois propositions ont donc également reçu une majorité de voix.

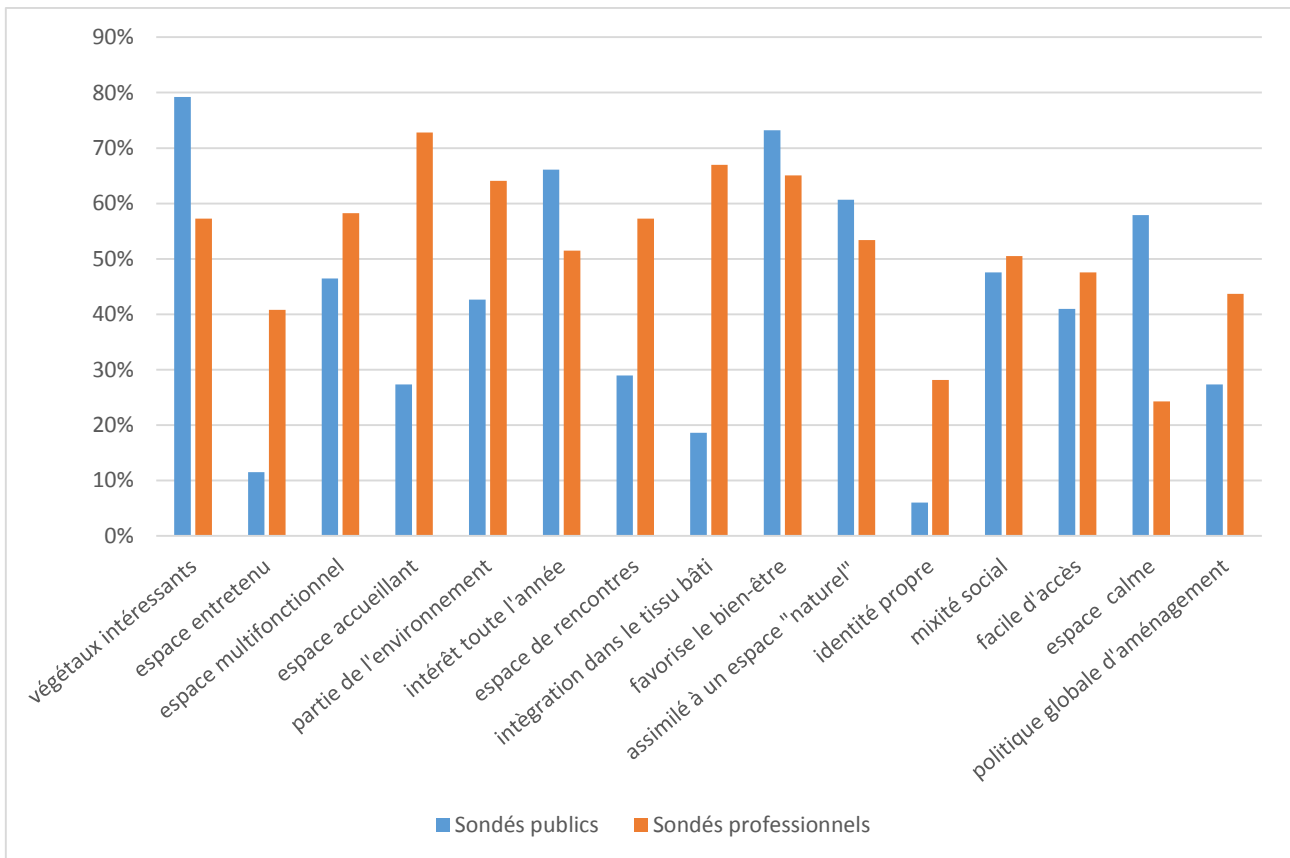


Figure 20 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 2 (Réalisation : Touvron V.)

En appliquant la méthodologie développée, la première réponse des sondés « publics » répond au critère « **esthétique** », alors que celle des sondés « professionnels » répond au critère « **bien-être** ». Les deux catégories de sondés ont donc répondu différemment à cette question pour le premier choix, et les critères qui en découlent sont également différents. Notons toutefois que la réponse « L'espace favorise le bien-être des usagers » se retrouve dans les trois premiers choix des deux catégories.

- A la question numéro 3 : « *A l'inverse, selon vous, qu'est-ce qui rend un espace vert mal intégré à un quartier ?* », les trois premières propositions qui ont reçu le plus de votes dans l'ordre décroissant pour les sondés « publics » sont : « L'espace n'est pas accueillant », puis « L'espace n'a pas d'entretien régulier » et enfin « L'espace n'est pas ou peu accessible ». Ces trois propositions ont reçu une majorité de voix.

Pour le cas sondés « professionnels », les trois premières propositions qui ont reçu le plus de vote dans l'ordre décroissant sont : « L'espace n'est pas accueillant », puis « L'espace n'est pas ou peu accessible » et enfin « L'espace est peu fréquenté ». Ces trois propositions ont donc également reçu une majorité de voix.

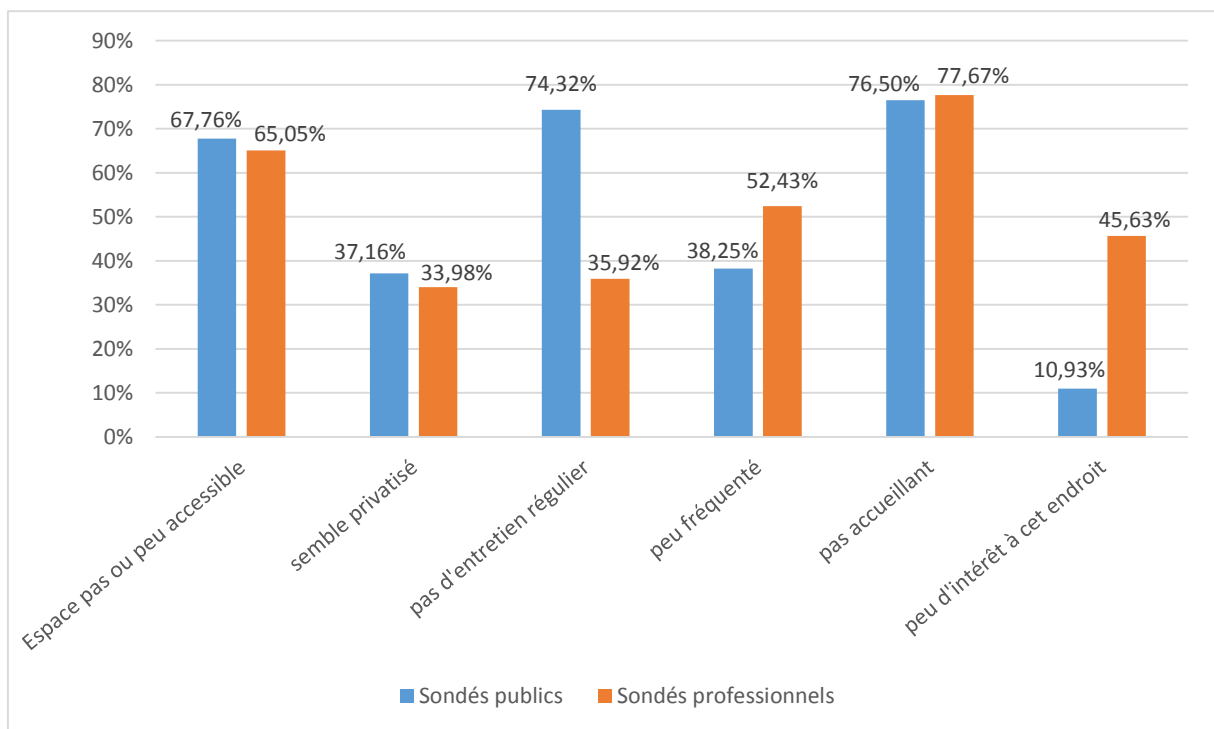


Figure 21 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 3 (Réalisation : Touvron V.)

En utilisant la méthodologie développée, la réponse qui a reçu le plus de voix dans les deux catégories est identique, et répond au critère « **bien-être** » et « **fonctionnel** ». Notons aussi que la réponse « L'espace n'est pas ou peu accessible » se retrouve dans les trois premiers choix des deux catégories.

- A la question numéro 4 : « *Connaissez-vous le concept de phytoremédiation, technique de dépollution du sol par les plantes ?* », les sondés « publics » ont voté en premier pour la proposition « Non je ne connais pas cette technique », puis en deuxième pour « J'ai entendu parlé de cette technique », et enfin ceux-ci ont le moins voté pour la proposition « Oui je connais cette technique ».

Concernant les sondés « professionnels », ceux-ci ont voté par ordre décroissant : « Oui je connais cette technique », puis « J'ai entendu parler de cette technique », et enfin pour « Non je ne connais pas cette technique ».

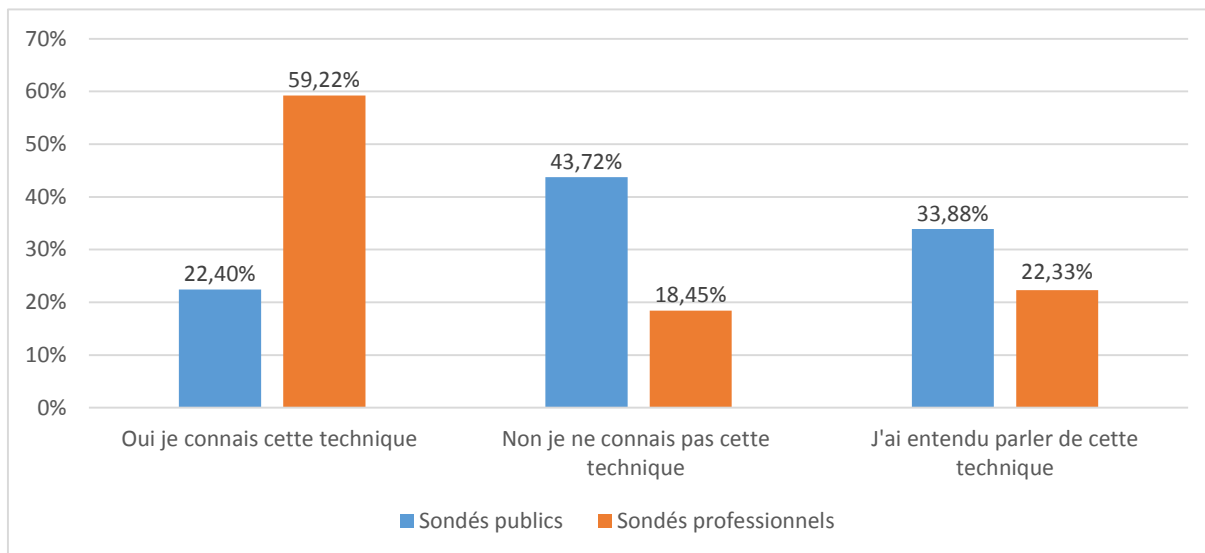


Figure 22 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 4 (Réalisation : Touvron V.)

Selon notre méthodologie, la réponse qui a reçu le plus de voix dans les deux catégories est différente. Les sondés « publics » se rapprochent du critère « Non connaissance » et les sondés « professionnels » se rapprochent d'avantage du critère « Connaissance ». Notons aussi que le critère « Légère connaissance » est le deuxième choix dans les deux catégories de sondés.

- A la question numéro 5 : « *Quelle est votre opinion sur cette pratique ?* », les trois premières propositions choisies par les sondés « publics » dans l'ordre décroissant sont : « Technique positive et à valoriser », puis « Technique positive » et enfin « Sans avis ».

Chez les sondés « professionnels », les trois premières propositions par ordre décroissant sont : « Technique positive et à valoriser », puis « Idée intéressante mais pas universelle » et enfin « Technique positive ».

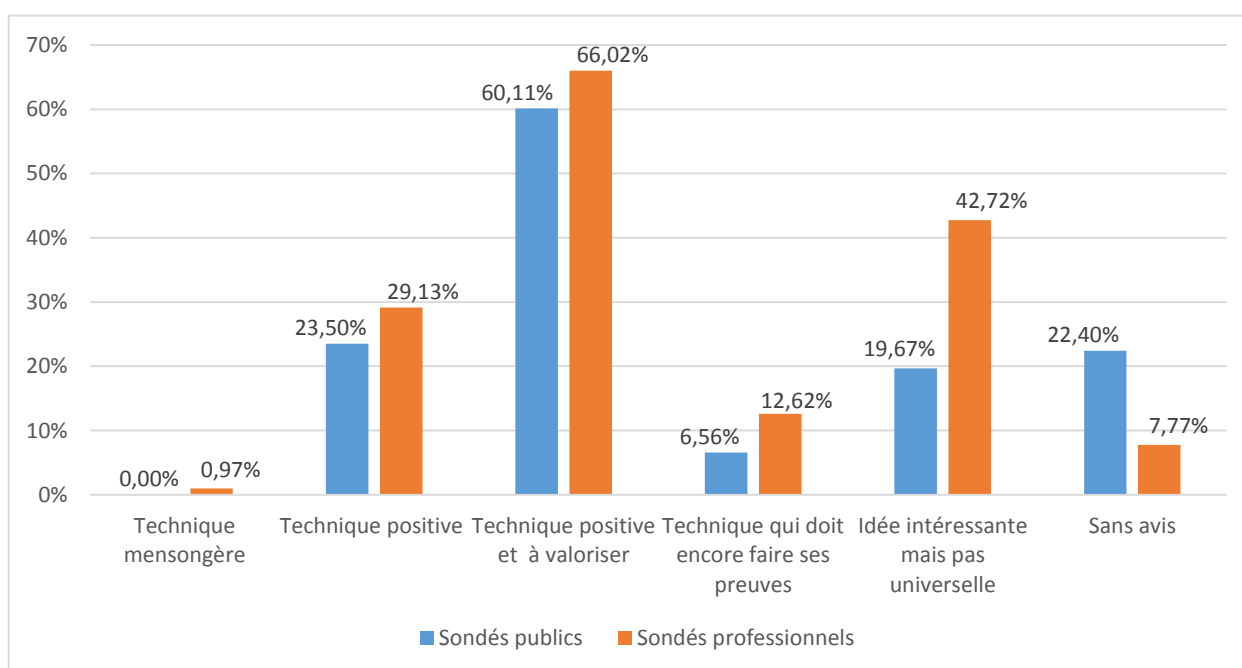


Figure 23 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 5 (Réalisation : Touvron V.)

En appliquant la méthodologie développée, la réponse qui a reçu le plus de voix dans les deux catégories est identique, et répond au critère « **Avis positif** ». De plus, la réponse « Avis plutôt positif » se retrouve dans les trois premiers choix des deux catégories. Enfin, la proposition qui a reçu le moins de votes dans les deux catégories est « Technique mensongère », avec très peu de votes. Le critère « **Avis négatif** » est donc très faible.

- A la question numéro 6 : « *Aimeriez-vous avoir plus d'informations sur ce sujet ?* », la propositions ayant reçu le plus de voix chez les sondés « publics » est « Intéressé par plus d'informations ». A l'inverse, la proposition « Pas intéressé par plus d'informations » a été la moins choisie. La première proposition a une majorité de voies.

Pour le cas des sondés « professionnels », les tendance sont identiques, avec une majorité de réponses « Intéressé par plus d'informations » et une minorité de « Pas intéressé par plus d'informations ». La première proposition garde également une majorité de voix.

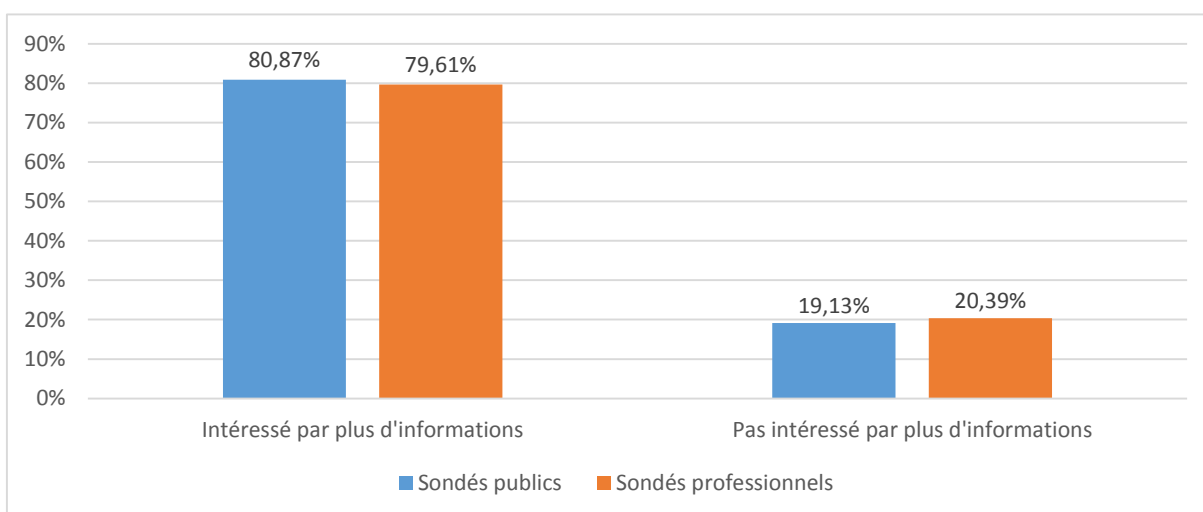


Figure 24 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 6 (Réalisation : Touvron V.)

Avec la méthodologie développée ci-dessus, la réponse qui a reçu le plus de voix dans les deux catégories est identique. Cette réponse correspond au critère « **intéressé** ».

- A la question numéro 7 : « *Avez-vous connaissance de friches végétalisées autour de chez vous ?* », les trois réponses seront ici présentées en ordre décroissant. Les « sondés publics » ont choisi en premier la proposition « Non je ne connais pas de friche », puis « Je n'ai pas d'avis » et enfin « Oui je connais des friches ». Soulignons que la première proposition a reçu une majorité de voix.

Pour le cas des sondés « professionnels », l'ordre décroissant des réponses nous donne : « Oui je connais des friches », puis la proposition « Non je ne connais pas de friche », et enfin le choix « Je n'ai pas d'avis ».

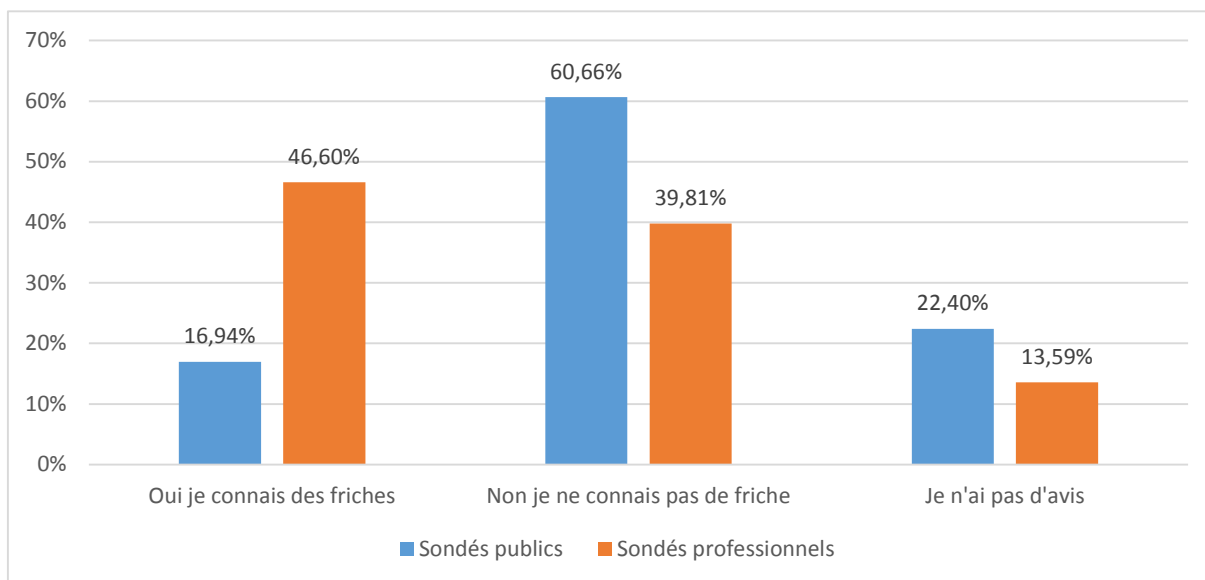


Figure 25 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 7 (Réalisation : Touvron V.)

En se référant à notre méthodologie, la réponse qui a reçu le plus de voix dans les deux catégories est différente. En effet, les sondés « publics » se rapprochent d'avantage du critère « Non connaissance d'une ou plusieurs friches » et les sondés « professionnels » se rapprochent d'avantage du critère « Connaissance d'une ou plusieurs friches ».

Pour l'observation de la question numéro 8 et la question numéro 9, nous étudierons séparément les deux catégories de sondés, car il semblait difficile de trouver des critères permettant une comparaison pertinente. Bien que le fond des deux questions soit proche, nous avons préféré poser deux questions différentes à chaque catégorie.

- A la question 8, pour les sondés « publics », la question était : « Avez-vous déjà entendu parler de sites sur lesquels on pratiquait la phytoremédiation ? ». La proposition « Non je n'en ai jamais entendu parler » a obtenu une majorité des réponses. Le reste des résultats est mitigé, car les autres choix ont obtenu respectivement entre **16,39%** et **5,46%** des voix. (la proposition ayant reçu le moins de voix se trouve être « Oui dans des magazines »).

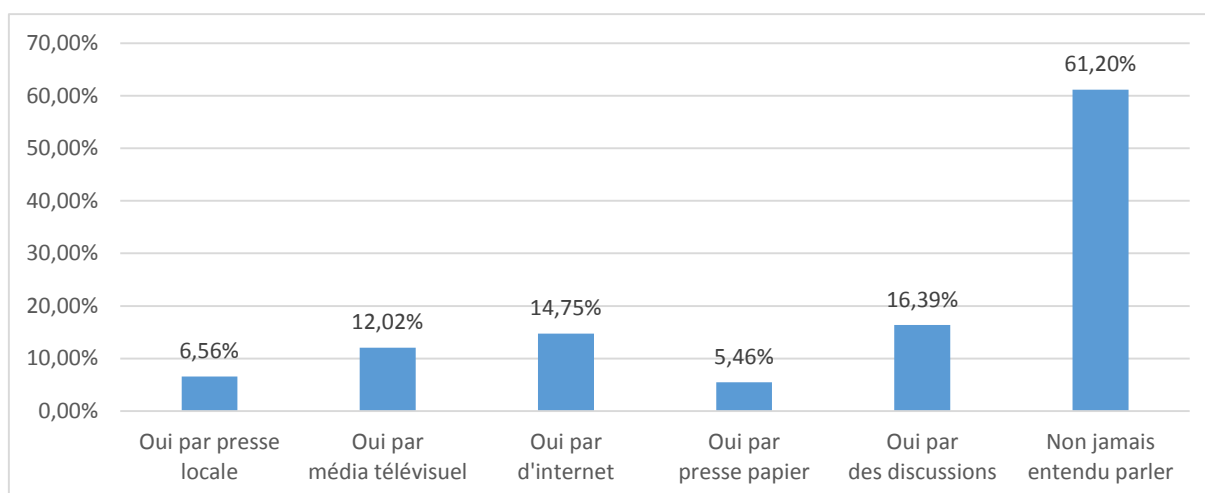


Figure 26 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 8 (sondés publics) (Réalisation : Touvron V.)

En se servant de la méthodologie développée, la réponse qui a reçu le plus de voix correspond au critère « Aucunes informations » et que celle qui est la plus faiblement représentée correspond au critère « Information par presse papier ».

En ce qui concerne les sondés « professionnels », la question était : « *Avez-vous déjà travaillé ou eu connaissance de projets dans lesquels la technique de phytoremédiation était envisagée ?* ». La proposition qui a obtenu le plus de voix est « Non je n'ai jamais travaillé ou eu connaissance de ce genre de projet » avec une majorité de voix. A l'inverse, la proposition qui a reçu le moins de voix se trouve être « Oui j'ai travaillé ou eu connaissance de ce genre de projet ».

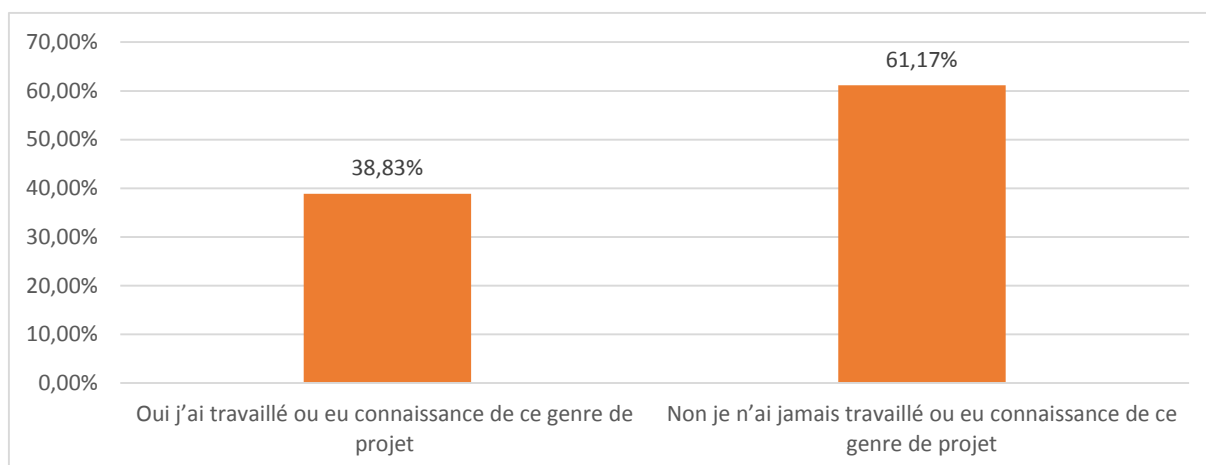


Figure 27 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 8 (sondés professionnels) (Réalisation : Touvron V.)

Si l'on se réfère à la méthodologie développée ci-dessus, la réponse qui a reçu le plus de voix correspond au critère « Non expérience de projets de phytoremédiation ». A l'inverse, la proposition ayant reçu le moins de réponse par les sondés correspond au critère « Expérience de projets de phytoremédiation ».

- A la question 9

Pour les sondés « publics », la question était : « *Si vous habitez aux abords d'une parcelle comportant des sols pollués, aimeriez-vous que l'on y pratique de la phytoremédiation ?* ». Le choix des « sondés publics » s'est porté en majorité sur la proposition « *Oui mais avec information sur le projet* ». Pour le reste des résultats, le second choix des sondés a été « *Sans avis sur la question* », puis « *Oui mais je souhaiterais me sentir impliqué dans ce projet* ». Les deux derniers choix « *Non car je crains que les polluants soient libérés si on touche au sol* », et « *Non car je n'en vois pas l'intérêt* » ont eux reçu très peu de votes.

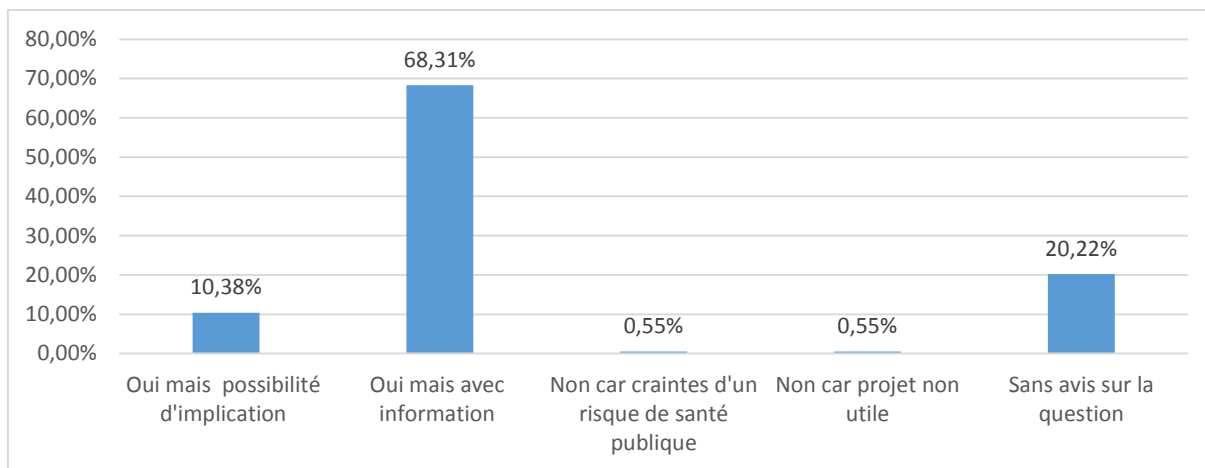


Figure 28 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 9 (sondés publics) (Réalisation : Touvron V.)

En appliquant la méthodologie développée ci-dessus, la réponse qui a reçu une majorité de voix correspond au critère « Oui mais avec information sur le projet ». A l'inverse, les deux propositions les moins représentées correspondent respectivement au critère « Peu intéressé par ces projets » pour la proposition « Non car craintes d'un risque de santé publique », et au critère « Pas intéressé par ces projets » pour la proposition « Non car je n'en vois pas l'intérêt ».

Pour les sondés « professionnels », la question était : « Selon vous, est-ce une bonne chose que d'associer le public (population et pouvoirs publics) et la phytoremédiation dans un projet quand cela est possible ? ». Majoritairement, les sondés « professionnels » ont voté pour la proposition « Oui cela me semble une bonne chose ». Le second choix se trouve être « Je ne sais pas », et la proposition « Non cela ne me semble pas une bonne chose » a elle représenté peu de voix.

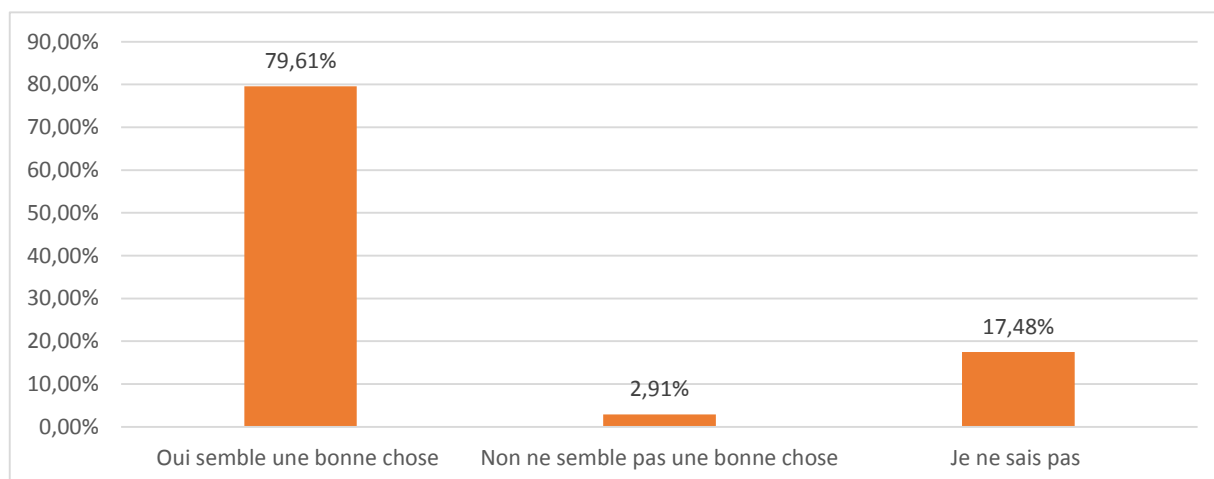


Figure 29 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 9 (sondés professionnels) (Réalisation : Touvron V.)

En se référant à notre méthodologie, la réponse ayant reçu le plus de voix correspond au critère « Démarche intéressante », et que la proposition la plus faiblement représentée correspond au critère « Démarche pas intéressante ».

A la question numéro 10 : « Dans quelle tranche d'âge vous situez-vous ? », pour les sondés « publics », le taux de réponses le plus élevé est pour la « Tranche d'âge 40 à 60 ans », puis pour la « Tranche d'âge 25 à 40 ans », suivi de la « Tranche d'âge 18 à 25 ans » et enfin de la « Tranche d'âge 60 ans et plus », où le taux de réponse était le plus bas.

En ce qui concerne les sondés « professionnels », une majorité a répondu pour la « Tranche d'âge 18 à 25 ans ». Pour le reste des résultats, nous retrouvons dans l'ordre décroissant la proposition « Tranche d'âge 25 à 40 ans », puis « Tranche d'âge 40 à 60 ans » et enfin « Tranche d'âge 60 ans et plus ».

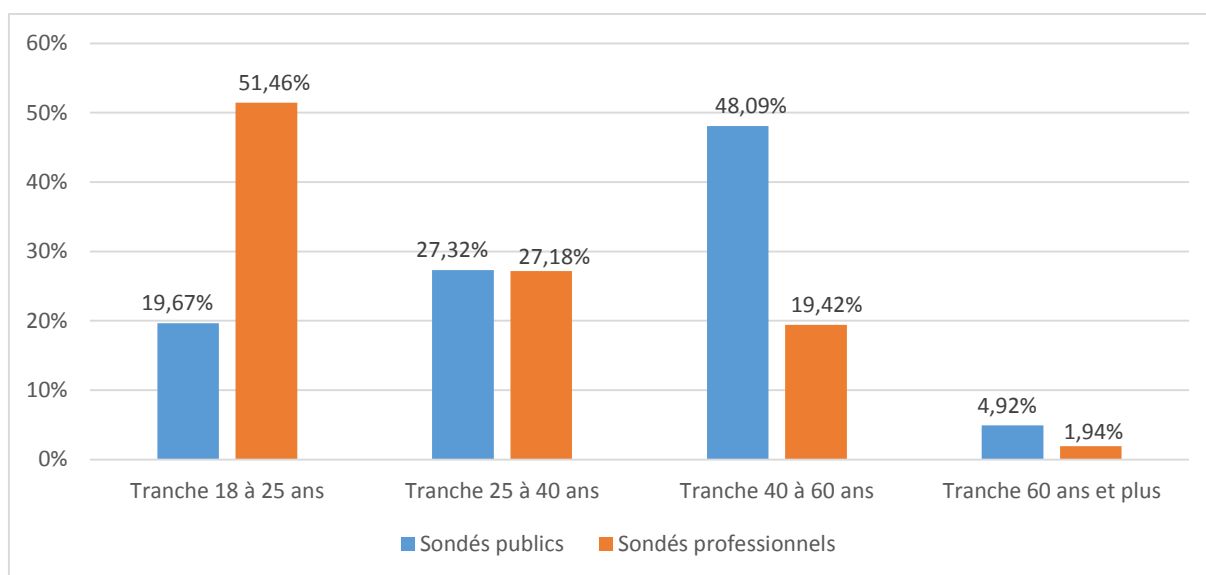


Figure 30 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 10 (Réalisation : Touvron V.)

Si l'on utilise la méthodologie développée, pour les sondés « publics » nous retrouvons plus de « Personnes actives » de la tranche d'âge 40 à 60 ans. Pour le cas des sondés « professionnels », nous observons une majorité d'« Etudiants et jeunes travailleurs ». Notons que la tranche d'âge la moins représentée dans les deux catégories de sondés est « **Tranche d'âge 60 ans et plus** ».

Remarque :

Nous pouvons enrichir l'analyse des résultats des deux questionnaires en réalisant un croisement de données. En effet, en reprenant la question 10, nous pouvons observer que la tranche d'âge 25 à 40 ans a eu un taux de réponse qui, en terme de pourcentage, est quasiment identique. Ce point va nous permettre d'isoler les sondés de cette tranche, afin d'étudier leurs réponses aux autres questions du questionnaire. Nous pourrions ensuite comparer les différents résultats entre les deux catégories de sondés.

Nous avons choisi de faire un croisement de données entre les résultats de la question 10 et de la question 4 : « Connaissez-vous le concept de phytoremédiation, technique de dépollution du sol par les plantes ? ». Ceci nous permettra de connaître avec plus de précisions le taux de connaissance en fonction des tranches d'âge des sondés. L'annexe 2 reprend les détails de ce croisement de données.

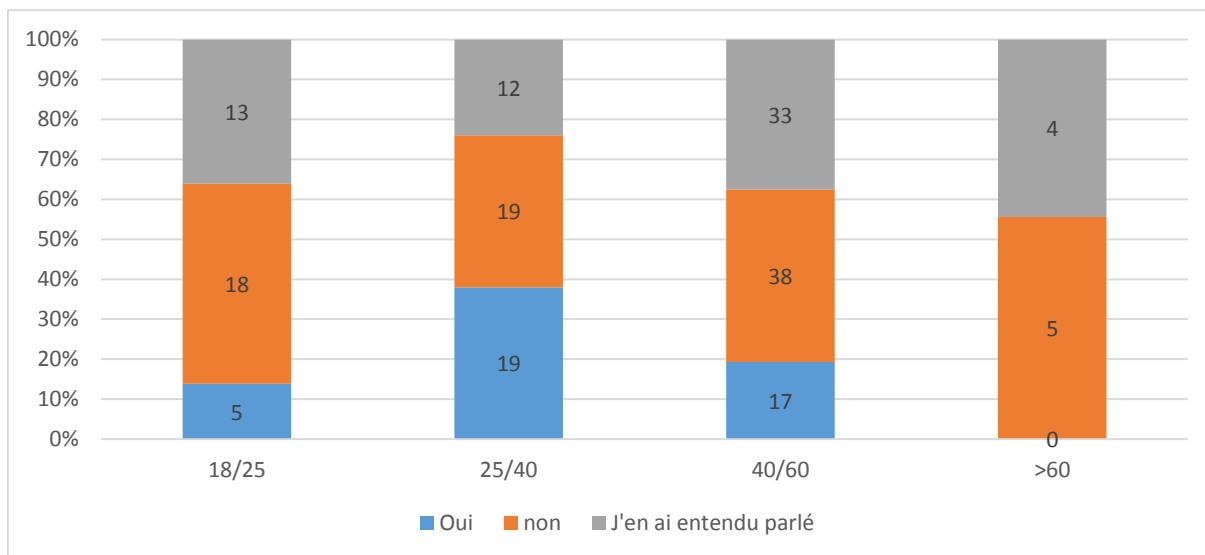


Figure 31 : Histogramme empilé représentant le croisement des données de la question numéro 10 et 4 du questionnaire, pour les sondés "publics" (Réalisation : Touvron V.)

En ce qui concerne les sondés « publics », nous pouvons remarquer que la tranche d'âge 25 à 40 ans représente le plus haut taux à la réponse « oui », à la fois au niveau du nombre de sondés, mais également en terme de pourcentage, en comparaison avec les autres tranches. En effet, nous nous trouvons avec un taux de réponse « oui » de 38 % dans cette tranche d'âge. Ces éléments nous permettent de conclure que dans la catégorie des sondés « publics », les personnes de 25 à 40 ans sont celles qui connaissent le plus la technique de phytoremédiation.

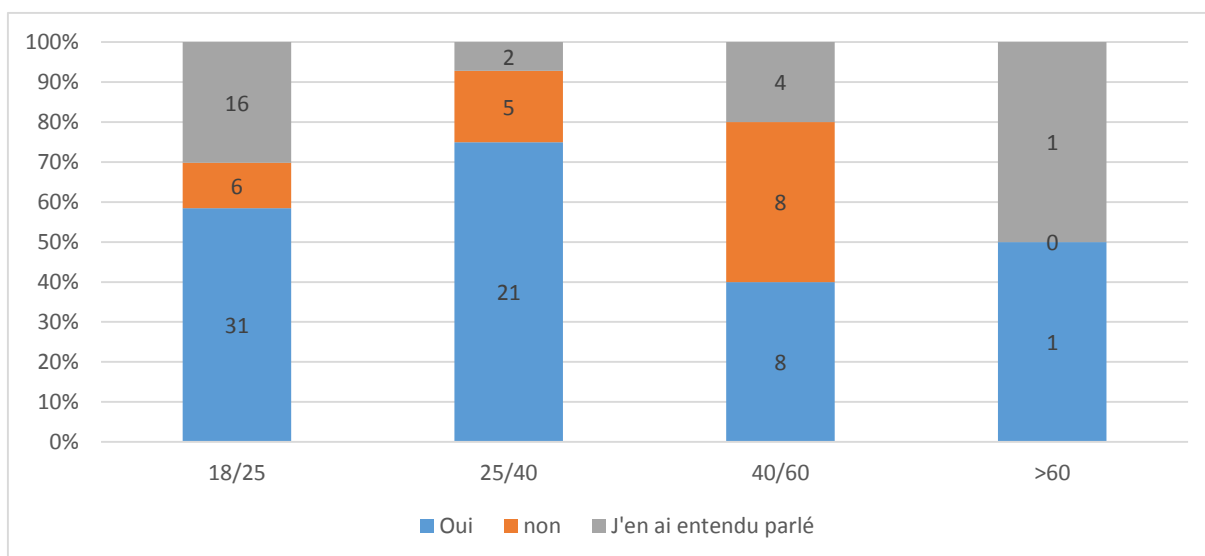


Figure 32 : Histogramme empilé représentant le croisement des données de la question numéro 10 et 4 du questionnaire, pour les sondés "professionnels" (Réalisation : Touvron V.)

En ce qui concerne les sondés « professionnels », nous pouvons constater que la tranche d'âge 25 à 40 ans n'est pas celle qui a répondu « oui » en plus grand nombre (21 réponses). Cependant, en terme de pourcentage, cette tranche d'âge reste la plus informée de l'existence de la technique par rapport aux autres. Nous pouvons donc en conclure que la tranche d'âge que nous avons isolée ici reste celle qui possède le taux de connaissance le plus élevé par rapport aux autres au niveau des pourcentages de chaque tranche, avec 75 % de réponse « oui ».

Ce croisement de données nous permet de conclure que, dans les deux catégories de sondés, la tranche d'âge 25 à 40 ans est celle qui est la plus informée sur l'existence de la phytoremédiation en terme de pourcentage par rapport aux autres tranches. Si les professionnels restent les plus informés des deux catégories, nous pouvons maintenant apporter des précisions quant aux détails du taux de connaissances par tranche d'âge.

- A la question numéro 11 : « Dans quel type de paysage estimez-vous habiter ? », par ordre décroissant, les sondés « publics » habitent principalement dans un « Paysage majoritairement urbain », puis dans un « Paysage majoritairement semi-urbain », suivi d'un « Paysage majoritairement semi-rural » et enfin dans un « Paysage majoritairement rural ».

Pour le cas des sondés « professionnels », toujours de manière décroissante, ceux-ci habitent dans un « Paysage majoritairement urbain », puis dans un « Paysage majoritairement semi-rural », suivi d'un « Paysage majoritairement semi-urbain », et enfin dans un « Paysage majoritairement rural ».

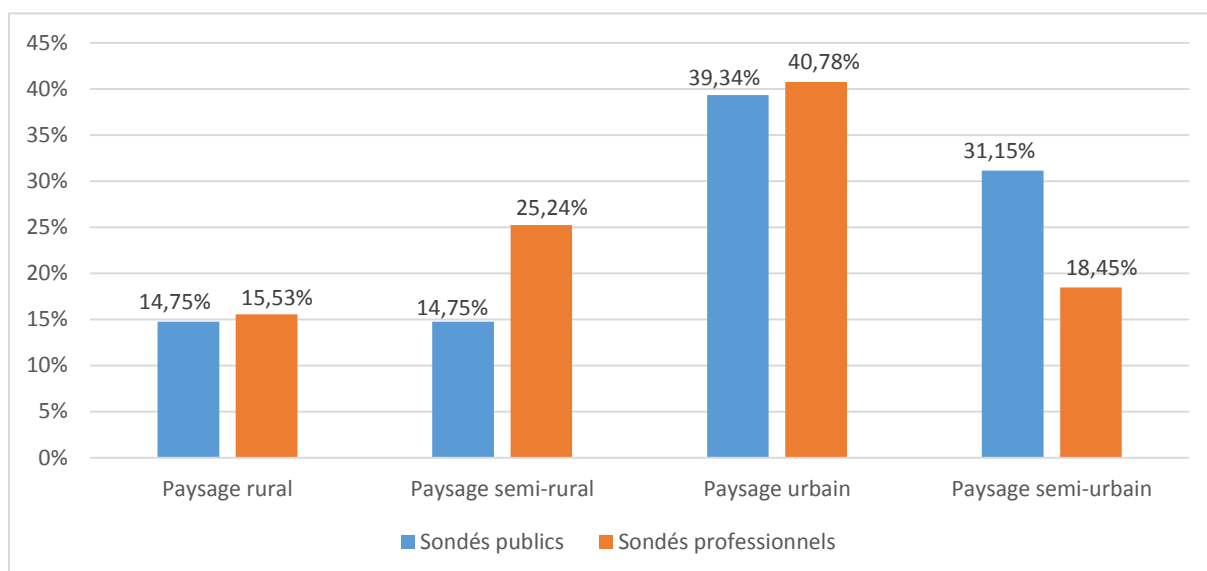


Figure 33 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 11 (Réalisation : Touvron V.)

Si nous utilisons la méthodologie développée, la réponse qui a reçu le plus de voix dans les deux catégories est identique. En effet, chez les deux catégories de sondés, nous trouverons une tendance plus forte vers le critère « Urbain » et une tendance plus faible vers « Rural ».

Remarque :

Nous pouvons remarquer que pour la question numéro 11, les taux de réponses des sondés vivants en paysages urbain et rural sont très proches, au niveau des pourcentages. Nous allons donc extraire les sondés ayant répondu « paysage rural » et « paysage urbain » afin de connaître plus précisément leurs réponses aux autres questions.

Nous avons choisi de faire un croisement de données entre les résultats de la question 11 et de la question 1 : « Parmi ces photographies, laquelle vous évoque le plus un espace vert intégré à un quartier ? ». Nous pourrions donc savoir avec plus de précisions, vers quelle photographie se dirige le vote des deux ensembles isolés. L'annexe 3 reprend les détails de ce croisement de données.

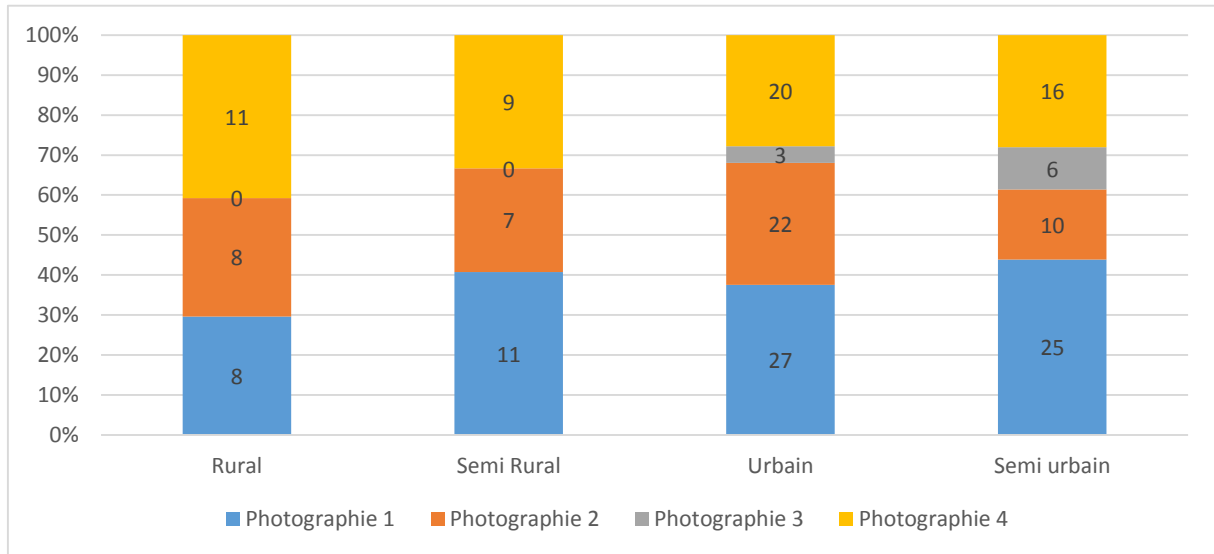


Figure 34 : Histogramme empilé représentant le croisement des données de la question numéro 11 et 1 du questionnaire, pour les sondés "publics" (Réalisation : Touvron V.)

Intéressons-nous tout d'abord aux sondés « publics ». Pour les sondés du paysage urbain, la photographie 1 est celle qui a reçu le plus de voix dans ce type de paysage. Si nous nous penchons sur les sondés du « paysage rural », il est à noter que c'est la photographie 4 qui regroupe le plus grand nombre de voix.

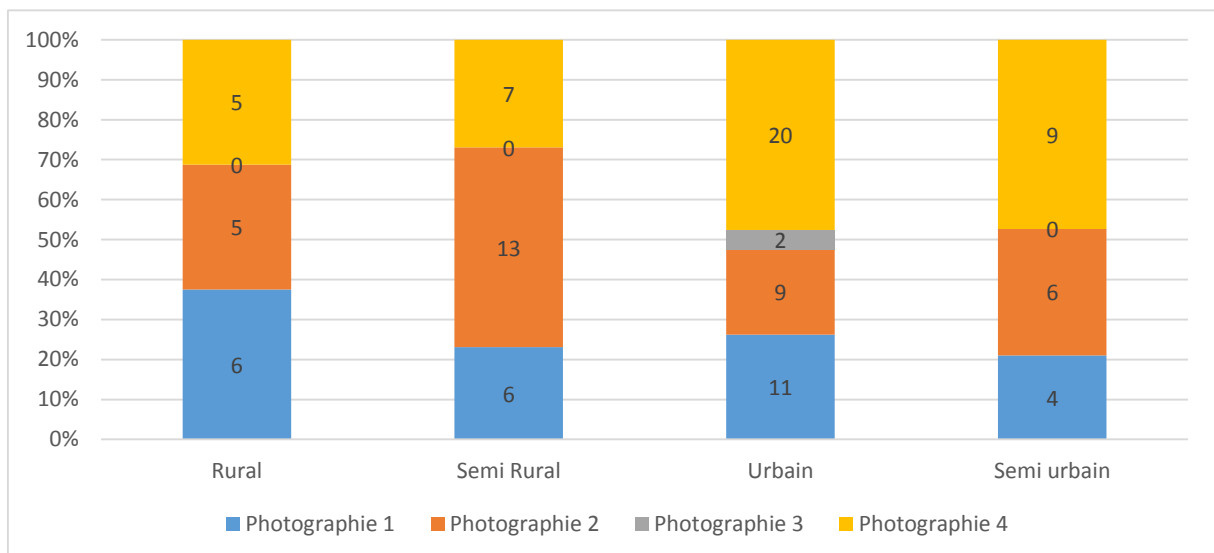


Figure 35 : Histogramme empilé représentant le croisement des données de la question numéro 11 et 1 du questionnaire, pour les sondés "professionnels" (Réalisation : Touvron V.)

En ce qui concerne les sondés « professionnels », nous pouvons constater que la photographie 4 est celle qui a été la plus choisie chez les urbains, en terme de nombre de voix. C'est également le cas pour la photographie 1. Pour ce qui est des personnes du paysage rural, nous pouvons constater que la photographie 1 est celle ayant le plus grand pourcentage, avec 37,5 % des voix.

A l'issu de ce croisement de données, nous pouvons conclure que la photographie 1 et la photographie 4 ont toujours été majoritairement choisies en terme de nombre par les sondés du paysage urbain, qu'ils soient « publics » ou « professionnels ». Nous pouvons également constater que, parmi les deux catégories de sondés, ceux habitant dans un paysage rural n'ont jamais voté pour la photographie 3. Cette comparaison nous permet de constater que les sondés des paysages urbains ont tendance à se rapprocher d' « une allée piétonne avec des bancs, des poubelles et des arbres » et du « petit square avec une aire de jeux à côté de chez moi ». Enfin, les sondés des paysages ruraux sont ceux qui s'éloignent le plus d' « Un parc avec des massifs de tulipes et de géraniums », représenté par la photographie 3.

3.3. Elaboration de la grille

Maintenant que nous avons détaillé les résultats de l'enquête, nous allons pouvoir faire une liste des éventuels éléments qui peuvent ressortir comme pertinents dans une approche paysagère de la phytoremédiation. Nous continuerons de nous baser sur le protocole et sur les critères d'évaluation établis précédemment, afin de faire des conclusions cohérentes. Il semble donc important de préciser à ce stade que toutes les interprétations seront faites sur base des données, fournies par les 286 participants à l'exercice.

Première partie du questionnaire : la perception des espaces ouverts aménagés et végétalisés (communément appelés « espace vert »).

Nous pouvons dans un premier temps constater que pour la question numéro 1, la photographie numéro 3 a été celle la moins choisie par les deux catégories de sondés pour représenter un espace vert intégré à un quartier. Ce constat nous montre que les critères « esthétiques » et « entretien » sont moins importants que les autres pour l'intégration d'un espace vert dans un quartier.

En ce qui concerne la question numéro 2, peu d'éléments sont comparables de manière pertinente. Notons tout de même que pour les deux catégories, le critère « L'espace favorise le bien-être des usagers » se retrouve dans les trois premières réponses. C'est la seule information commune aux deux populations interrogées.

Pour ce qui est de la question numéro 3, deux critères ressortent particulièrement, car ils sont associés à la réponse ayant le plus de voix dans les deux catégories, c'est-à-dire « **Bien-être** » et « **Fonctionnel** ». Nous pouvons donc constater que pour les sondés, un espace vert se doit d'être accueillant.

En reprenant la liste des critères évalués pour la première partie du questionnaire, ceux qui sont communs aux deux catégories sont ici repris en gras :

- L'aspect esthétique de l'espace
- **L'aspect fonctionnel de l'espace**
- L'entretien de l'espace
- **L'aspect bien-être de l'espace**
- L'aspect social de l'espace

Deuxième partie du questionnaire : la phytoremédiation, demande sur l'avis aux sondés.

Au sujet de la question 4, le critère « Connaissance » est plus accentué chez les sondés « professionnels » que chez les sondés « publics ». De par leur profession, nous pouvons imaginer que des professionnels sont plus susceptibles d'avoir accès à de l'information sur la phytoremédiation, car elle peut directement concerner leur métier. A l'inverse, et au vu de la nouveauté de la technique, il apparaît comme peu probable qu'une population non spécialisée ait eu connaissance de cette technique. Cependant, plus de 30 % des personnes novices en ont entendu parler, signe d'un certain intérêt pour la phytoremédiation.

Pour ce qui est de la question 5, le critère « Avis positif » peut être mis en évidence, car il représente la réponse majoritaire pour les deux catégories de sondés. Cette réponse ayant reçu plus de 75 % des voix, il est à noter que la phytoremédiation semble avoir une image positive auprès d'eux. Un lien est cependant à faire avec la question précédente. Rappelons que les réponses étaient obligatoires et qu'une grande majorité de sondés ne connaissait pas la technique. Il semble donc important de ne pas faire de généralité. En effet, les sondés peuvent être influencés par l'ordre des questions du questionnaire.

En ce qui concerne la question 6, le critère « Intéressé » est prédominant dans les réponses des deux catégories, puisqu'il obtient la majorité dans les deux cas. Sur l'ensemble des personnes interrogées, une majorité est donc curieuse par rapport à la technique.

Pour le cas de la question 7, nous ne pouvons pas retenir de critères communs aux deux catégories de sondés. Notons tout de même que les sondés « professionnels » connaissent plus de friches que les sondés « publics ». Ceci peut s'expliquer par la spécificité de leur profession qui touche le paysage et qui les amène à davantage connaître un territoire.

Pour les cas des questions 8 et 9, nous ne pouvons pas faire ressortir de critères communs, car les deux questions étaient différentes en fonction des sondés. Cependant, de manière indépendante, nous pouvons faire des observations sur chaque question.

La question 8 pour les sondés « publics » met en avant le critère « Aucunes informations » qui est présent à plus de 60 % selon les réponses des sondés. Notons que le premier moyen de connaissance de la technique est par l'intermédiaire de discussions.

La question 8 pour les sondés « professionnels » met en avant le critère « Non expérience de projets de phytoremédiation » à plus de 60 %, ce qui représente une majorité. Nous pouvons interpréter ce résultat en rappelant que, comme la phytoremédiation reste une technique assez récente et prenant souvent la forme de projet de recherche, il semble justifié qu'une majorité des professionnels du territoire n'ait pas encore eu connaissance de ce genre de projet.

La question 9 pour les sondés « publics » met en avant le critère « Intéressé par ces projets », à plus de 65 %. Une majorité des sondés a donc ici un avis plutôt favorable à la mise en place éventuelle de projets de phytoremédiation près de chez eux. Ajoutons que ces personnes souhaitent également être informées sur les détails des opérations. Cela met en évidence un certain intérêt des sondés pour leur territoire.

La question 9 pour les sondés « professionnels » met en avant le critère « Démarche intéressante », en s'approchant des 80 % de réponses. Les professionnels du paysage sont donc plutôt favorables à l'intégration du public dans des projets de phytoremédiation. Cela nous permet d'avancer que selon cette majorité de votants, il est possible d'associer une population à ce genre de projet, sans en préciser toutefois la forme.

En reprenant la liste des critères évalués pour la deuxième partie du questionnaire, les critères les plus importants et communs aux deux catégories sont ici repris en gras :

- Le niveau de connaissance de la technique
- **L’avis positif ou négatif qu’ils ont de la technique**
- **Leur curiosité par rapport à la technique**
- Leur connaissance des friches autour de chez eux
- Le média par lequel ils ont connu la technique (ou pas)
- **L’avis sur la réalisation d’un projet près de chez eux**

Troisième partie du questionnaire : la collecte d’informations personnelles (âges, lieu de vie ...)

En ce qui concerne la question numéro 10, nous ne pouvons pas faire de comparaison, car les réponses sont trop différentes pour les tranches d’âge. Nous avons cependant constaté que les 25 à 40 ans représentaient un pourcentage comparable, ce qui a donné lieu à un croisement de données.

Pour le cas de la question 11, nous pouvons observer que dans les deux catégories de sondés, le critère « Urbain » est le plus présent. Notons également que les résultats sont aussi très proches pour le critère « Rural ». Ici aussi le croisement de données était la méthode la plus pertinente en terme de comparaison entre les sondés des paysages urbains et ruraux.

En reprenant la liste des critères évalués pour la troisième partie du questionnaire, les critères les plus importants et communs aux deux catégories sont ici repris en gras :

- **Les tranches d’âge des sondés**
- **Une estimation du paysage dans lequel les sondés vivent**

Nous allons maintenant dresser un bilan des critères communs aux réponses des questionnaires.

Selon nos observations, un espace vert doit rester fonctionnel et répondre à un certain bien-être d’une population afin qu’il puisse être considéré par les deux catégories comme étant intégré à un quartier. Les critères « esthétiques » et « entretien » sont aussi à retenir, mais de manière plus secondaire.

Pour ce qui est de la phytoremédiation, les deux catégories ont un avis positif de la technique, bien que l’on note un faible taux de connaissance précise de celle-ci. Elle suscite de la curiosité, mais n’est pas encore appliquée par les professionnels.

Enfin, nous retrouvons certains points communs dans les deux catégories de sondés, avec des possibilités de comparaisons pertinentes au niveau d’une tranche d’âge (25 à 40 ans) et de deux types de paysages (urbain et rural).

3.4. Présentation et justification du site d'étude.

Nous allons maintenant utiliser la grille de critères communs aux deux questionnaires en l'appliquant à un site existant. De ce fait, nous pourrions constater si cet espace répond aux critères de notre méthodologie.

Le site d'étude choisi est le Parc des îles qui se trouve au sein de la communauté d'agglomération d'Hénin-Carvin, dans le département du Pas-de-Calais, en région des Hauts-de-France (France). C'est actuellement un parc urbain d'agrément de 160 hectares qui a été inauguré le 7 décembre 2013. Sa particularité réside dans le fait qu'il se trouve à l'emplacement de l'ancienne cokerie de Drocourt, qui a cessé ses activités en 2002 (PRO/DCE, 2006). Le site a donc évolué au fil du temps vers une friche industrielle d'une surface conséquente par rapport à son territoire. Le paysage reste principalement marqué par la présence de deux terrils (le terril 205 et 101), qui appartiennent à la zone en question. La nature même du site correspond aux caractéristiques d'une friche développées dans la première partie de ce mémoire, ce qui en fait une première justification quant à son choix.

En 2003, la communauté d'agglomération a racheté la propriété aux charbonnages de France, et en 2006 une étude de réaffectation a été mise en place. La communauté d'agglomération a dû alors faire face à une pollution du sol, principalement au plomb.

Dans une optique de revalorisation du patrimoine minier dans cette région, les politiques locales ont choisi de s'orienter vers des techniques de dépollutions traditionnelles, puisque l'intégralité de la surface a été traitée par excavation des terres contaminées. Le but ici était de créer un parc urbain dédié à la sensibilisation à l'environnement et aux loisirs principalement sportifs. L'annexe 4 présente un plan général du projet, un plan des grands principes de terrassements, un plan des principales zones de plantations, ainsi que les grands principes de terrassements.

Les grandes phases du projet se sont donc déroulées ainsi :

- Phase 1 : dépollution du cœur du site (45 ha), puis aménagement de bassins et de prairies
- Phase 2 : dépollution des franges du site, puis rénovation des voies d'accès, création d'un espace d'accueil.
- Phase 3 : urbanisation des franges
- Phase 4 : animation

Actuellement, nous nous trouvons à la phase 3, puisque le projet vise maintenant à construire des zones d'habitats autour du parc, mais aussi d'y reconnecter les anciens quartiers ouvriers présents autour. Le coût des deux premières phases a été de 19,5 millions d'euros.

Le parc n'a donc pas utilisé de techniques de phytoremédiation pour procéder à la dépollution des sols en place. Trois niveaux de décapage ont été réalisés en fonction des concentrations en polluants. Un recouvrement de terres végétales ou limon a ensuite été réalisé, sur des épaisseurs de 50 cm, 30 cm et 20 cm en fonction des zones.

Précisons qu'au sein du programme de la maison de l'environnement « Aquaterra » et du développement durable présente sur la zone, un projet d'aménagement paysager ludique faisant intervenir la phytoremédiation est actuellement en réflexion. Il s'agit d'un projet de labyrinthe en *Miscanthus*, dont le concours d'appel d'offres sera lancé par la structure en 2019. Ce projet apporte une nouvelle dimension au parc, car il tente de concilier une technique de bio-dépollution et un aspect d'agrément. Il existe actuellement peu d'informations concernant ce projet, mais nous pouvons imaginer, au vu des différentes explications fournies en deuxième partie de ce mémoire, que des phases d'évaluations du risque et de la biodisponibilité seront nécessaires. Cependant, si le projet est encore au stade d'étude, la volonté de joindre l'aspect d'agrément à la phytoremédiation est le reflet d'un intérêt pour la technique. L'annexe 5 présente différentes photographies d'ambiances du parc.

3.5. Application de la grille au site

Appliquons tout d'abord les critères ressortis pour la première partie du questionnaire : « perception des espaces verts ». Rappelons qu'il s'agissait de :

- « **L'aspect fonctionnel de l'espace** »
- « **L'aspect bien-être de l'espace** ».

L'accueil au parc est facilité par la présence de la structure « Aquaterra ». En effet, ce bâtiment se trouve à l'entrée principale et permet à des promeneurs intéressés d'avoir des renseignements supplémentaires sur le parc. De plus, les différentes entrées sont très ouvertes visuellement, ce qui crée rapidement pour les visiteurs un contraste avec le reste de la ville. La prairie reste aussi le premier élément visible depuis les différentes entrées, ce qui offre une vue ouverte. Ces éléments permettent de répondre au critère « fonctionnel » de notre méthodologie, dans son aspect d'accueil.

La présence végétale du parc a été réalisée en fonction de thématiques. Respectivement, nous retrouvons des végétaux de berges dans les parties d'eaux, puis des végétaux de prairies dans les parties enherbées. Le parc se rapproche donc d'une végétalisation organisée, proche de la notion de « nature « civilisée » », citée en première partie. Rappelons que le parc se situe au sein d'anciens quartiers miniers. Les espaces verts de ce type sont donc très rares dans ce paysage. De plus, cet endroit est public et développe beaucoup de loisirs sportifs. Ces derniers points nous permettent de conclure que le critère « l'aspect bien-être de l'espace » semble être respecté pour le Parc des îles, selon notre méthodologie.

Appliquons ensuite les critères ressortis de la deuxième partie du questionnaire : « la phytoremédiation, demande sur l'avis aux sondés ». Rappelons qu'il s'agissait de :

- « Leur curiosité par rapport à la technique »
- « L'avis positif qu'ils ont de la technique »
- « L'avis sur la réalisation d'un projet près de chez eux »

Comme nous l'avons vu, le site n'a pas fait l'objet d'une phytoremédiation pour sa dépollution. Cependant, le parc a comme projet de créer un aménagement liant phytoremédiation et agrément, prenant la forme d'un labyrinthe de *Miscanthus*. Selon notre méthodologie, ce projet d'étude pourrait alors répondre à la curiosité des habitants sur cette technique, car ceux-ci en ont une image positive. De plus, cette étude serait une réalisation concrète d'un projet de phytoremédiation à côté de quartiers avoisinants. Ainsi, les populations se trouvant près du parc pourraient être favorables à la mise en place de ce genre de projet, en leur fournissant toutefois des informations.

3.6. Discussion

Cet exercice nous a permis d'établir une liste de critères communs aux deux catégories de sondés, pour un total de 286 votants. Rappelons que notre méthodologie est donc révélatrice d'un certain nombre d'avis, et qu'elle ne permettra pas de tirer de conclusions précises. Cependant, elle fournit une tendance qui peut servir lors de l'étude d'un projet.

Dans notre cas d'étude, les critères communs ressortis de notre méthodologie sont vérifiés. De par son accueil, mais aussi par le bien-être qu'il représente, le parc suit la tendance mise en avant par les critères de la première partie du questionnaire.

En ce qui concerne le futur projet de phytoremédiation, nous pouvons en conclure que selon notre méthodologie, celui-ci semble intéressant à mettre en place. La population devrait être réceptive à ce projet de manière positive, avec un engouement pour le découvrir et mieux le connaître.

Ces conclusions nous permettent de constater qu'il est possible actuellement de pratiquer des opérations de réaffectation des friches industrielles à des fins d'agrément, mais que la phytoremédiation est une technique qui n'est pas encore la première option choisie par les politiques locales d'aménagement. Nous pouvons supposer que cela est dû principalement à la notion du temps. En effet, si la phytoremédiation est plus économique et durable, elle implique de considérer un projet sur plusieurs dizaines d'années. Ce point allant à l'encontre des dynamiques urbaines actuelles, les politiques locales utilisent plutôt les techniques traditionnelles de dépollution.

Si la phytoremédiation n'a pas été utilisée dans le Parc des îles, cela reste un domaine qui est sujet à la discussion. Avec le projet de labyrinthe de *Miscanthus*, le parc renforce les principes mis en avant dans la seconde partie de ce mémoire, notamment le fait que c'est une technique encore jeune, qui possède différentes dimensions exploitables par des corps de métiers différents. Dans notre cas d'étude, la structure « Aquaterra » n'est pas un centre de recherche et n'aborde donc pas ce projet de phytoremédiation avec une approche scientifique de démonstration. Cela montre que la technique peut être envisagée par d'autres professions, avec l'apport de nouvelles dimensions, autres qu'un sujet de santé publique ou économique.

Conclusion

Au cours de ce mémoire, nous avons parcouru le sujet de la phytoremédiation et des espaces sur lesquels cette technique est le plus souvent utilisée : les friches industrielles. Plus précisément, nous avons tenté de traiter une dimension supplémentaire de cette bio-dépollution : son aspect paysager.

Au vu du contexte qui entoure cette technique encore jeune, il était tout d'abord nécessaire de définir un certain nombre de notions et de principes. Nous avons pu alors constater que certains termes sont encore discutés, car ils font intervenir différentes professions, chacune utilisant son propre code. Mais partant du constat que la phytoremédiation était avant tout une avancée développée par la recherche scientifique pour étudier des techniques de bio-dépollution, il nous a semblé pertinent de suivre d'abord une démarche scientifique dans l'étude ce domaine.

La première partie nous a tout d'abord permis de constater que les friches industrielles représentent des sites que nous pourrions qualifier de « nouveaux » (quelques dizaines d'années), et que leur surface totale est conséquente, notamment dans les paysages industriels abandonnés. Ces espaces forment alors une source de développement pour certaines communes qui souhaitent se développer. Mais nous avons vu que l'un des principaux problèmes que rencontrent les collectivités reste la pollution des sols, parfois lourde, qui supportent les friches.

Dans la seconde partie, nous avons détaillé l'une des solutions qui est développée actuellement pour pallier ces volontés de réaffectation des sols pollués : la phytoremédiation. Nous avons vu que cette technique est encore jeune, et que de ce fait, beaucoup de projets l'utilisant en sont encore à des stades de démonstration ou de recherche. Une hiérarchisation des objectifs a donc été nécessaire, car n'oublions pas que les risques de santé publique sont bien présents lorsque nous abordons les concepts de contamination et de pollution. Il existe un certain nombre de sous-techniques qui permettent de mieux traiter la question du risque. Cependant, si la phytoremédiation reste un procédé moins impactant pour l'environnement et beaucoup plus économique, plusieurs dizaines d'années sont nécessaires afin de constater des résultats.

Dans ce contexte, nous avons vu qu'il est aujourd'hui rare que des projets urbains mettent en place des projets de phytoremédiation. Mais la dimension paysagère de ces espaces est bien réelle. En effet, il a été démontré en première partie de ce mémoire que les végétaux, de manière générale, impactaient un paysage, en agissant sur le bien-être d'une population. De ce fait, nous avons prouvé en troisième partie que si les espaces en phytoremédiation ne sont pas comparables à des espaces verts, certains végétaux rentrant dans cette technique possédaient un potentiel d'amélioration de l'environnement d'une population. Ainsi, cette technique peut améliorer la qualité paysagère d'un site, tout en conservant ses objectifs premiers.

Par l'intermédiaire d'un protocole établi par l'auteur, nous avons détaillé un questionnaire proposé à deux catégories de sondés, qui nous a permis d'évaluer des critères communs sur la perception des espaces verts, mais aussi sur l'avis des sondés concernant la phytoremédiation. Nous nous sommes enfin servis de cette grille pour produire un avis sur un ancien site industriel, réaffecté depuis quelques années en un parc d'agrément urbain. Cette dernière démarche a permis d'appliquer notre méthodologie en montrant que ce parc possède des similitudes avec les critères ressortis.

Nous pourrions conclure que ce mémoire nous a permis de comprendre que la phytoremédiation est une technique qui a vu le jour en réponse à un problème existant dans l'amélioration de l'utilisation de l'espace au sol. Bien que cette technique soit encore à l'état de démonstration, il est possible de l'aborder avec plusieurs dimensions, notamment son aspect paysager. Cela améliorera son intégration au sein d'un paysage urbain, mais aussi au niveau sociologique, en créant une nouvelle composante du paysage. Puisque la population est curieuse de la phytoremédiation, le développement de sa dimension sociale et paysagère facilitera son acceptation.

Bibliographie

ACTEVI, 2010. *Action Citoyenne pour les Transports et l'Environnement de la Ville d'Issy-les-Moulineaux*. [En ligne]

Available at: http://www.actevi.fr/lists/documents/livre_blanc_actevi_espaces_verts_a_issy.pdf
[Accès le 14 mai 2018].

Agnus, P., 2014. *indesciences*. [En ligne]

Available at: <http://www.indesciences.com/phytoremediation-moyen-efficace-depolluer-les-sols/>
[Accès le 16 mai 2018].

Baize, D., 1997. *Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols (France)*. INRA éd. Paris: Institut national de la recherche agronomique.

Baral, C., 2000. *Jardin ! L'Encyclopédie*. [En ligne]

Available at: http://nature.jardin.free.fr/arbre/cb_Liriodendron.htm
[Accès le 10 mai 2018].

Bernard, C., 2012. *Paysage en évolution : la requalification d'une friche par sa décontamination*. Laval: Ecole d'architecture Universiré de Laval.

Bert, V. et al., 2013. *Les phytotechnologies appliquées aux sites et sols pollués ; Etat de l'art et guide de mise en oeuvre*. EDP Science éd. s.l.:ADEME.

Bert, V. et al., 2009. Gestion durable des sols contaminés par les éléments traces : état de l'art et besoins de recherche. Dans: H. archives-ouverte, éd. Paris: ADEME Editions, p. 5.

Brun, M., Vaseux, L., Martouzet, D. & Pietro, F. D., 2017. Usages et représentations des délaissés urbains, supports de services écosystémiques culturels en ville. Dans: *Les espaces verts urbains : éclairages sur les services écosystémiques culturels*. s.l.:EUE.

Cabanne, C., 1992. Lexique de géographie humaine et économique. Dans: Dalloz, éd. Daloz éd. Paris: s.n., p. 344.

Calenge, C., 2003. Idéologie verte et rhétorique paysagère. Dans: s.l.:s.n.

Carrière, J.-P., 2016. La requalification des friches urbaines : enjeu et outil des politiques. Dans: *Lucrarile seminarului geografic « dimitrie cantemir » n°43*. s.l.:s.n.

Charnet, F., 2009. Le phytomanagement, protection et dépollution des eaux et des sols : un état des connaissances et des pratiques en France. Dans: E. n. d. g. r. d. e. e. d. f. N. F. ENGREF, éd. s.l.:s.n., p. 1.

CICES, s.d. *Les services écosystémiques en Wallonie*. [En ligne]

Available at: <http://webserver.wal-es.be>

Communauté d'agglomération d'Hénin-Carvin, 2006. PRO/DCE notice générale et carnet de détails ; Aménagement des cokes de Drocourt et des terrils associés.

Conseil de l'Europe. d., 2000. *La convention européenne du paysage*. s.l.:Conseil de l'Europe.

Cunningham, S. & Ow, D., 1996. Promises and prospects of phytoremediation. Dans: *Promises and prospects of phytoremediation*. s.l.:s.n., pp. 715-719.

Dabouineau, L., Lamy, Y. & Collas, P., 2005. Phytoremédiation et phytorestauration ou l'utilisation des plantes pour la dépollution et l'épuration des eaux usées. Dans: *Le Rôle d'eau Vol 124*. s.l.:s.n., p. 3.

- Deepugn, 2009. *Hortipedia*. [En ligne]
Available at: http://commons.hortipedia.com/wiki/File:Chrysopogon_zizanioides_PDB.jpg
[Accès le 8 mai 2018].
- Delevallee, A., 2006. *Rivedoc Nord-Pas-de-Calais*. [En ligne]
Available at: <http://www.rivedoc.org>
- Evlard, A., Vanobberghen, F., Campanella, B. & Paul, R., 2011. La phytoremédiation par le saule. Dans: G. U. Laboratoire de toxicologie environnementale, éd. Gembloux (Belgique): s.n., p. 5.
- Gérard, E., 2017. *La valorisation verte des friches industrielles urbaines*. ULG éd. Liège : Université de Liège – Faculté des sciences appliquées.
- Grifoni, M. et al., 2017. Dans: A. Press, éd. *Chimie environnementale et toxicologie du mercure*. s.l.:s.n.
- Grison, C. & Bès, C., 2013. Cinquième partie – Incidences des activités humaines sur les milieux ; 27. Techniques de dépollution. Dans: C. Edition, éd. *Développement durable à découvert* - . Paris: s.n., pp. 264-265.
- Haines, A., 2018. *Go Botany Discover thousands of New England plants*. [En ligne]
Available at: <https://gobotany.newenglandwild.org/species/trifolium/repens/>
[Accès le 13 mai 2018].
- Hamblin, T., 2015. *Minden Pictures*. [En ligne]
Available at: https://www.mindenpictures.com/search/preview/alpine-pennycress-thlaspi-caerulescens-flowering-growing-on-lead-mine-spoil/0_80048748.html
[Accès le 15 avril 2018].
- Houston, 2007. in Mosa, K. A. et al., 2016. Potential Biotechnological Strategies for the Cleanup of Heavy Metals and Metalloids. *frontiers in Plant Science*, 15 mars, p. 4.
- ISIGE, 2018. *Glossaire de l'Institut supérieur d'ingénierie et de gestion de l'environnement*. Paris: s.n.
- Juste, C., 1988. Appréciation de la mobilité et de la biodisponibilité des éléments en traces. Dans: *Science du sol*. s.l.:s.n., pp. 103-112.
- Kirkwood, 2001. in Todd, L. F., Landman, K. & Kelly, S., 2016. Phytoremediation: An interim landscape architecture strategy to improve accessibility of contaminated vacant lands in Canadian municipalities. Dans: Sciencedirect, éd. s.l.:s.n., pp. 242-256.
- Kuo F. E., S. W. e. B. M., 1998. Transforming inner-city landscapes tree, sense of safety and preference. Dans: *Environment and Behaviour*. s.l.:s.n., pp. 28-59.
- Lausson, A., 2011. L'esthétique invisible ou le mythe de l'artiste performatif dans les années 1990 aux États-Unis. Dans: P. u. d. P. Nanterre, éd. *Art et Mythe*. Presses universitaires de Paris Nanterre éd. Nanterre: s.n., pp. 113-124.
- Le Goff, M. & Viaud, V., 2015. Le cycle de la matière organique. Dans: P. d. l. e. e. Bretagne, éd. *La matière organique : « l'or noir » des sols bretons*. s.l.:s.n., p. 1.
- Lenoir, 2008. *La pépinière aquatique*. [En ligne]
Available at: <http://www.lapepiniereaquatique.com/article-24529950.html>
[Accès le 8 mai 2018].
- Lindholm, G., 2008. Landscape Urbanism – large-scale architecture, ecological urban planning or a. Dans: *Essai déposé dans le cadred du NAAR Annual Symposium*. Gothenburg: s.n., p. 6.

- Lizet, B., 2010. Du terrain vague à la friche paysagée. Dans: *Ethnologie Française*, vol. 4, no 4. s.l.:s.n., pp. 597-608.
- Long, N. & Tonini, B., 2012. Les espaces verts urbains : étude exploratoire des pratiques et du ressenti des usagers. Dans: VertigO, éd. s.l.:s.n.
- Manusset, S., 2012. Impacts psycho-sociaux des espaces verts dans les espaces urbains. Dans: D. d. e. territoires, éd. s.l.:s.n., pp. 5-.
- Mérenne, B., 1982. L'aménagement des friches industrielles. *Notes de Recherches de la Société géographique de Liège*, pp. 29-40.
- Moro, A., s.d. *Wilde planten in Nederland en België*. [En ligne] Available at: <https://wilde-planten.nl/kruipende%20steenkers.htm> [Accès le 14 avril 2018].
- Mosa, K. A. et al., 2016. Potential Biotechnological Strategies for the Cleanup of Heavy Metals and Metalloids. *frontiers in Plant Science*, 15 mars, p. 4.
- OMS, 2016. *Urban green spaces and health - a review of evidence*, s.l.: Organisation mondiale de la Santé Bureau régional de l'Europe.
- OMS, 2010. in Terra nova : Constats et propositions pour les espaces verts de la ville d'Avignon et la valorisation du patrimoine naturel Available at: <http://ekldata.com/Mbtw3ze0jduYgIO7wuf8uXTDjpo/Rapport-terra-nova-espaces-verts.pdf> [Accès le 17 avril 2018].
- Origo, N., Wicherek, S. & Hotyat, M., 2012. Réhabilitation des sites pollués par phytoremédiation. Dans: *Natures et Métropoles Volume 12 Numéro 2*. s.l.:VertigO, p. 4.
- Parlement, Wallon., 2018. *Décret relatif à la gestion et à l'assainissement des sols*. Moniteur belge éd. s.l.:s.n.
- Pereira, B. & Sonnet, P., 2007. La contamination diffuse des sols par les éléments traces métalliques en Région wallonne. Dans: U. c. d. L. UCL, éd. *Etat de l'Environnement wallon*. Louvain: s.n., p. 6.
- Puttevils, E., 2005. Perception paysagère en milieu urbain : application à la commune de Schaerbeek. Dans: Bruxelles: université libre de Bruxelles, p. 7.
- Robert, M., 1996. *Le sol : interface dans l'environnement, ressource pour le développement*. Masson éd. Paris: 3e cycle et recherche sciences de l'environnement.
- Rovillé, M., Roux, X. L. & Lavelle, P., s.d. Une vaste usine de transformation. *Sagascience*.
- Ruelle, C., 2008. La qualité paysagère et l'ancrage identitaire des espaces d'activités urbains : un atout pour le développement de l'économie urbaine.. Dans: T. wallon(s), éd. *Séminaire de l'Académie Wallonie-Europe*. s.l.:s.n., pp. 88-100.
- Rupprecht, C. D. D. & Byrne, J. A., 2014. Informal urban greenspace: A typology and trilingual systematic review of its role for urban residents and trends in the literature. Dans: *Urban Forestry and Urban Greening*, vol. 13, no 4. s.l.:s.n., pp. 597-611.
- Sabbar, A., 2009. "Les délaissés temporaires" — Nature & Paysage — Les rencontres 2009. Dans: *Nature et Paysage*. s.l.:CAUE 41, p. 65.
- Shackleton, C. M. et al., 2016. Unpacking Pandora's Box: Understanding and Categorising Ecosystem Disservices for Environmental Management and Human Wellbeing. Dans: *Ecosystems*, vol.19, no 4. s.l.:s.n., pp. 587-600.

Sheets V. L., M. C. D., 1991. Affect, cognition and urban vegetation Some effects of adding trees along city streets. Dans: *Environment and Behaviour*. s.l.:Université de Illinois, p. 20.

Sterckeman, T., Ouvrard, S. & Leglize, P., 2011. Phytoremédiation des sols - Principes et définitions. Dans: s.l.:s.n., p. 1.

Todd, L. F., Landman, K. & Kelly, S., 2016. Phytoremediation: An interim landscape architecture strategy to improve accessibility of contaminated vacant lands in Canadian municipalities. Dans: Sciencedirect, éd. s.l.:s.n., pp. 242-256.

Verdin, A., Sahraoui, A. L.-H. & Durand, R., 2004. Les agents de la bioremédiation des sols pollués par les hydrocarbures aromatiques polycycliques. Dans: R. f. d. u. e. industrielle, éd. *Déchets sciences et techniques, revue francophone d'écologie urbaine et industrielle n°36*. s.l.:s.n., pp. 30-37.

Wal-es, s.d. *Les services écosystémiques en Wallonie*. [En ligne]
Available at: <http://webserver.wal-es.be/fr/wal-es.html?IDC=5732>
[Accès le 14 avril 2018].

Westphal, L. & Isebands, J., 2001. Phytoremediation of Chicago's brownfields : consideration of ecological approaches and social issues. Dans: ChicagoII, éd. *Brownfield's proceedings*. Chicago: s.n., p. 9.

Figures

Figure 1 : Une vision globale des « Bienfaits du végétal en Ville » (Manusset, 2012)	10
Figure 2 : représentation schématique en pyramide inversée de la hiérarchisation des objectifs de la phytoremédiation (Réalisation : Touvron V.)	17
Figure 3 : Bilan des différentes pollutions et contaminations présentées (Réalisation : Touvron V.) ..	20
Figure 4 : Arbre de décision montrant les étapes préconisées lors de volonté de mettre en place un projet de phytoremédiation (Bert, et al., 2013).....	21
Figure 5 : Schéma de fonctionnement de la phytostabilisation (Bert, et al., 2013).....	26
Figure 6 : Photographie de <i>Thlaspi caerulescens</i> (Hamblin, 2015).....	26
Figure 7 : Photographie d' <i>Arabidopsis halleri</i> (Moro, s.d.).....	26
Figure 8 : Schéma de fonctionnement de la phytoextraction (Bert, et al., 2013).....	27
Figure 9 : Photographie d' <i>Alyssum murale</i> (Guillaume Echevaria) in (Bert, et al., 2013).....	27
Figure 10 : Schéma illustrant différentes techniques de phytoremédiation, avec mise en évidence de la phytovolatilisation (Rovillé, et al., s.d.)	29
Figure 11 : Photographie d'un <i>Liriodendron tulipifera</i> (Baral, 2000).....	29
Figure 12 : Schéma de fonctionnement de la phytodégradation (Bert, et al., 2013)	29
Figure 13 : Photographie de <i>Chrysopogon zizanioides</i> (Deepugn, 2009).....	30
Figure 14 : Schéma de fonctionnement de la rhizodégradation (Bert, et al., 2013)	30
Figure 15 : Photographie de <i>Trifolium repens</i> (Haines, 2018).....	30
Figure 16: Schéma du point de convergence entre le domaine de la phytoremédiation et le paysagisme (Réalisation : Touvron V.).....	37
Figure 17 : Représentations en coupe des détails d'une liste de plantes utilisées en phytoextraction en fonction des éléments polluants constatés dans un sol. (Données de base par (Bert, et al., 2009)) ; (Réalisation : Touvron V.).....	40
Figure 18 : Représentations en coupe d'ambiance d'une liste de plantes utilisées en phytoextraction en fonction des éléments polluants constatés dans un sol. (Données de base par (Bert, et al., 2009)) ; (Réalisation : Touvron V.).....	40
Figure 19 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 1 (Réalisation : Touvron V.)	52
Figure 20 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 2 (Réalisation : Touvron V.)	53
Figure 21 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 3 (Réalisation : Touvron V.)	54
Figure 22 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 4 (Réalisation : Touvron V.)	55
Figure 23 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 5 (Réalisation : Touvron V.)	55
Figure 24 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 6 (Réalisation : Touvron V.)	56
Figure 25 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 7 (Réalisation : Touvron V.)	57
Figure 26 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 8 (sondés publics) (Réalisation : Touvron V.).....	57
Figure 27 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 8 (sondés professionnels) (Réalisation : Touvron V.).....	58
Figure 28 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 9 (sondés publics) (Réalisation : Touvron V.).....	59

Figure 29 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 9 (sondés professionnels) (Réalisation : Touvron V.).....	59
Figure 30 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 10 (Réalisation : Touvron V.).....	60
Figure 31 : Histogramme empilé représentant le croisement des données de la question numéro 10 et 4 du questionnaire, pour les sondés "publics" (Réalisation : Touvron V.).....	61
Figure 32 : Histogramme empilé représentant le croisement des données de la question numéro 10 et 4 du questionnaire, pour les sondés "professionnels" (Réalisation : Touvron V.)	61
Figure 33 : Histogramme des résultats du sondage pour la question numéro 11 (Réalisation : Touvron V.).....	62
Figure 34 : Histogramme empilé représentant le croisement des données de la question numéro 11 et 1 du questionnaire, pour les sondés "publics" (Réalisation : Touvron V.).....	63
Figure 35 : Histogramme empilé représentant le croisement des données de la question numéro 11 et 1 du questionnaire, pour les sondés "professionnels" (Réalisation : Touvron V.)	63

Tableaux

Tableau 1 : Normes concernant les valeurs seuils des métaux dans un sol en fonction des usages, établies par le décret relatif à la gestion et à l'assainissement des sols de Wallonie (Parlement, 2018).....	24
Tableau 2 : Association des polluants avec des plantes pour la phytoextraction et leurs valorisation potentielles (Bert, et al., 2009)	33
Tableau 3 : Liste de plantes utilisées en phytoextraction en fonction des éléments polluants constatés dans le sols, ainsi que leurs caractéristiques (Données de base par (Bert, et al., 2009)) ; (Réalisation : Touvron V.).....	39
Tableau 4 : Détails des critères mis en avant dans la question 1 (Réalisation : Touvron V.).....	43
Tableau 5 : Détails des critères mis en avant dans la question 2 (Réalisation : Touvron V.).....	44
Tableau 6 : Détails des critères mis en avant dans la question 3 (Réalisation : Touvron V.).....	45
Tableau 7 : Détails des critères mis en avant dans la question 4 (Réalisation : Touvron V.).....	46
Tableau 8 : Détails des critères mis en avant dans la question 5 (Réalisation : Touvron V.).....	46
Tableau 9 : Détails des critères mis en avant dans la question 6 (Réalisation : Touvron V.).....	47
Tableau 10 : Détails des critères mis en avant dans la question 7 (Réalisation : Touvron V.).....	47
Tableau 11 : Détails des critères mis en avant dans la question 8 (sondés publics) (Réalisation : Touvron V.).....	48
Tableau 12 : Détails des critères mis en avant dans la question 8 (sondés professionnels) (Réalisation : Touvron V.).....	49
Tableau 13 : Détails des critères mis en avant dans la question 9 (sondés publics) (Réalisation : Touvron V.).....	49
Tableau 14 : Détails des critères mis en avant dans la question 9 (sondés professionnels) (Réalisation : Touvron V.).....	50
Tableau 15 : Détails des critères mis en avant dans la question 10 (Réalisation : Touvron V.).....	51
Tableau 16 : Détails des critères mis en avant dans la question 11 (Réalisation : Touvron V.).....	51

Annexes

Annexe 1 : détails des résultats de l'exercice de sondage pour les deux questionnaires « publics » et « privés »

		Question 1			
		Photographie 1	Photographie 2	Photographie 3	Photographie 4
Sondés "publics"	Total	71	47	9	56
	Rapport %	38,80%	25,68%	4,92%	30,60%
Sondés "professionnels"	Total	27	33	2	41
	Rapport %	26,21%	32,04%	1,94%	39,81%

		Question 2															
			végétaux intéressants	espace entretenu	espace multifonctionnel	espace accueillant	partie de l'environnement	intérêt toute l'année	espace de rencontres	intégration dans le tissu bâti	favorise le bien-être	assimilé à un espace "naturel"	identité propre	mixité social	facile d'accès	espace calme	politique globale d'aménagement
Sondés "publics"	Total	145	21	85	50	78	121	53	34	134	111	11	87	75	106	50	
	Rapport %	79,23%	11,48%	46,45%	27,32%	42,62%	66,12%	28,96%	18,58%	73,22%	60,66%	6,01%	47,54%	40,98%	57,92%	27,32%	
Sondés "professionnels"	Total	59	42	60	75	66	53	59	69	67	55	29	52	49	25	45	
	Rapport %	57,28%	40,78%	58,25%	72,82%	64,08%	51,46%	57,28%	66,99%	65,05%	53,40%	28,16%	50,49%	47,57%	24,27%	43,69%	

		Question 3					
		Espace pas ou peu accessible	semble privatisé	pas d'entretien régulier	peu fréquenté	pas accueillant	peu d'intérêt à cet endroit
Sondés "publics"	Total	124	68	136	70	140	20
	Rapport %	67,76%	37,16%	74,32%	38,25%	76,50%	10,93%
Sondés "professionnels"	Total	67	35	37	54	80	47
	Rapport %	65,05%	33,98%	35,92%	52,43%	77,67%	45,63%

		Question 4		
		Oui je connais cette technique	Non je ne connais pas cette technique	J'ai entendu parlé de cette technique
Sondés "publics"	Total	41	80	62
	Rapport %	22,40%	43,72%	33,88%
Sondés "professionnels"	Total	61	19	23
	Rapport %	59,22%	18,45%	22,33%

		Question 5	
		Intéressé par plus d'informations	Pas intéressé par plus d'informations
Sondés "publics"	Total	148	35
	Rapport %	80,87%	19,13%
Sondés "professionnels"	Total	82	21
	Rapport %	79,61%	20,39%

Question 6							
		Technique mensongère	Technique positive	Technique positive et à valoriser	Technique qui doit encore faire ses preuves	Idée intéressante mais pas universelle	Sans avis
Sondés "publics"	Total	0	43	110	12	36	41
	Rapport %	0,00%	23,50%	60,11%	6,56%	19,67%	22,40%
Sondés "professionnels"	Total	1	30	68	13	44	8
	Rapport %	0,97%	29,13%	66,02%	12,62%	42,72%	7,77%

Question 7				
		Oui je connais des friches	Non je ne connais pas de friche	Je n'ai pas d'avis
Sondés "publics"	Total	31	111	41
	Rapport %	16,94%	60,66%	22,40%
Sondés "professionnels"	Total	48	41	14
	Rapport %	46,60%	39,81%	13,59%

Question 8							
		Oui par presse locale	Oui par média télévisuel	Oui par d'internet	Oui par presse papier	Oui par des discussions	Non jamais entendu parler
Sondés "publics"	Total	12	22	27	10	30	112
	Rapport %	6,56%	12,02%	14,75%	5,46%	16,39%	61,20%

Question 8			
		Oui j'ai travaillé ou eu connaissance de ce genre de projet	Non je n'ai jamais travaillé ou eu connaissance de ce genre de projet
Sondés "professionnels"	Total	40	63
	Rapport %	38,83%	61,17%

Question 9						
		Oui mais possibilité d'implication	Oui mais avec information	Non car craintes d'un risque de santé publique	Non car projet non utile	Sans avis sur la question
Sondés "publics"	Total	19	125	1	1	37
	Rapport %	10,38%	68,31%	0,55%	0,55%	20,22%

Question 9				
		Oui semble une bonne chose	Non ne semble pas une bonne chose	Je ne sais pas
Sondés "professionnels"	Total	82	3	18
	Rapport %	79,61%	2,91%	17,48%

Question 10					
		Tranche 18 à 25 ans	Tranche 25 à 40 ans	Tranche 40 à 60 ans	Tranche 60 ans et plus
Sondés "publics"	Total	36	50	88	9
	Rapport %	19,67%	27,32%	48,09%	4,92%
Sondés "professionnels"	Total	53	28	20	2
	Rapport %	51,46%	27,18%	19,42%	1,94%

Question 11					
		Paysage rural	Paysage semi-rural	Paysage urbain	Paysage semi-urbain
Sondés "publics"	Total	27	27	72	57
	Rapport %	14,75%	14,75%	39,34%	31,15%
Sondés "professionnels"	Total	16	26	42	19
	Rapport %	15,53%	25,24%	40,78%	18,45%

Annexe 2 : détails du croisement des données des résultats des questions 10 et 4 du questionnaire

Croisement des données « âge » et « connaissance de la technique » (sondés « professionnels »)					
	Oui	non	J'en ai entendu parlé	Total	
18/25	31	6	16	53	51%
25/40	21	5	2	28	27%
40/60	8	8	4	20	19%
>60	1	0	1	2	2%
Total	61	19	23	103	100%
	59%	18%	22%	100%	

Croisement des données « âge » et « connaissance de la technique » (sondés « publics »)					
	Oui	non	J'en ai entendu parlé	Total	
18/25	5	18	13	36	20%
25/40	19	19	12	50	27%
40/60	17	38	33	88	48%
>60	0	5	4	9	5%
Total	41	80	62	183	100%
	22%	44%	34%	100%	

Annexe 3 : détails du croisement des données des résultats des questions 11 et 1 du questionnaire

Croisement des données « paysage » et « choix d'une photographie » (sondés « publics »)						
	Rural	Semi Rural	Urbain	Semi urbain	Total	
Photographie 1	8	11	27	25	71	39%
Photographie 2	8	7	22	10	47	26%
Photographie 3	0	0	3	6	9	5%
Photographie 4	11	9	20	16	56	31%
Total	27	27	72	57	183	100%
	15%	15%	39%	31%	100%	

Croisement des données « paysage » et « choix d'une photographie » (sondés « publics »)						
	Rural	Semi Rural	Urbain	Semi urbain	Total	
Photographie 1	6	6	11	4	27	26%
Photographie 2	5	13	9	6	33	32%
Photographie 3	0	0	2	0	2	2%
Photographie 4	5	7	20	9	41	40%
Total	16	26	42	19	103	100%
	16%	25%	41%	18%	100%	

Annexe 4 : Plans du parc des îles (Source : Communauté d'agglomération d'Hénin-Carvin : Aménagement des cokes de Drocourt et des terrils associés

Plantations : les grands secteurs de plantations



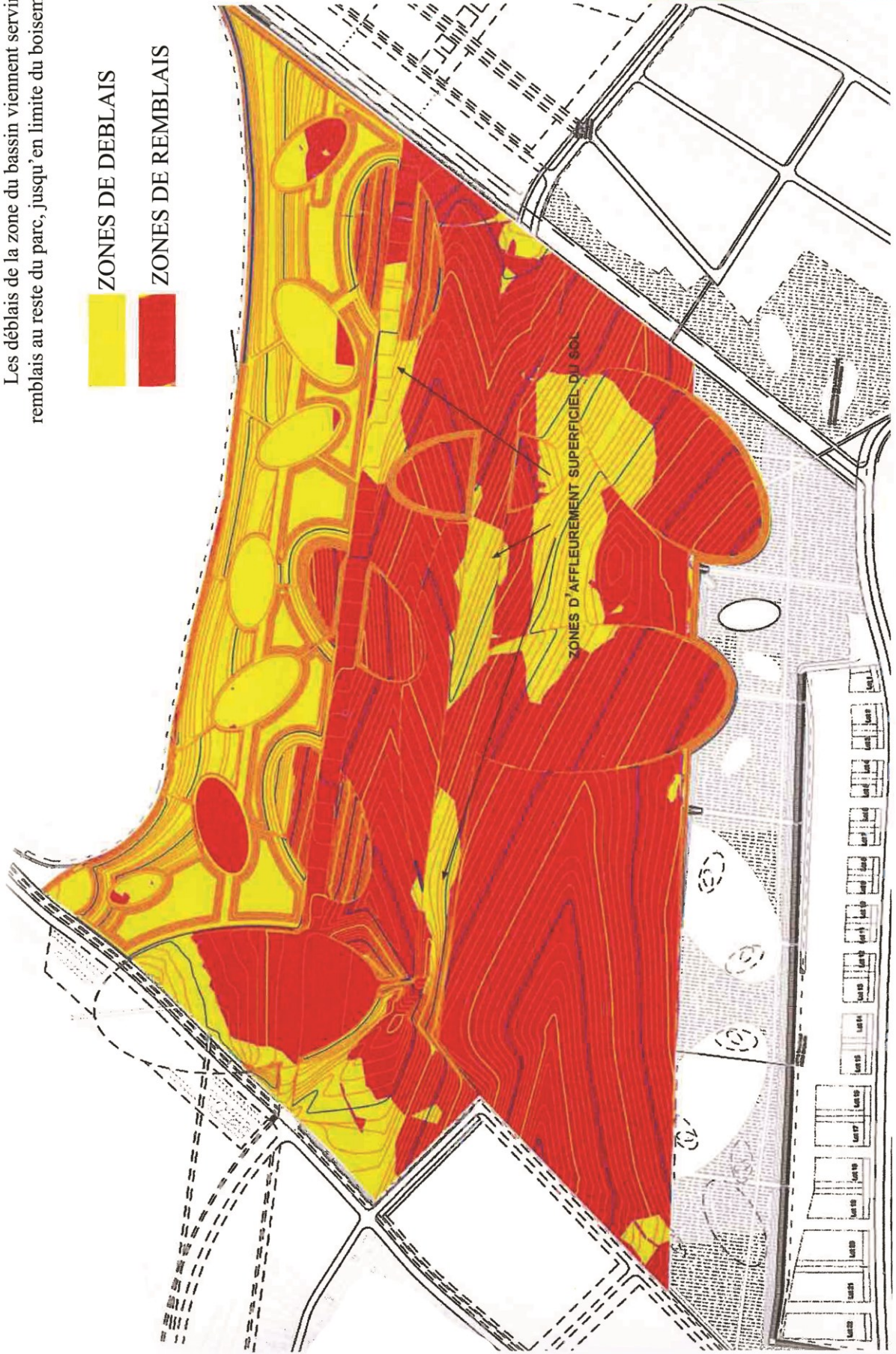
Les grands principes de terrassement

Les déblais de la zone du bassin viennent servir de remblais au reste du parc, jusqu' en limite du boisement

ZONES DE DEBLAIS



ZONES DE REMBLAIS



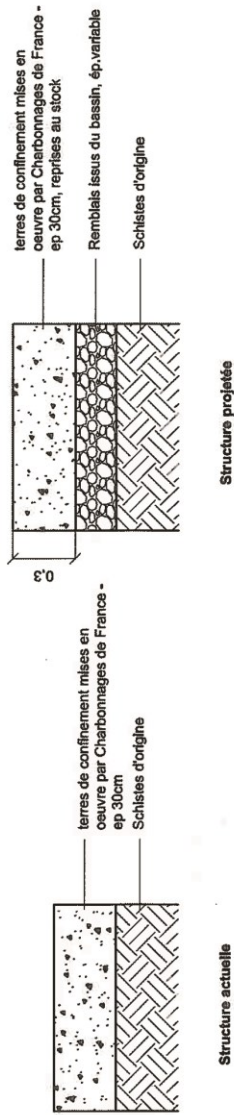
Plantations : les zones d'apport de terres végétales et de limons

PLAN DE LOCALISATION DES ZONES D'APPORT DE TERRES VÉGÉTALES ET DE LIMONS



Les grands principes de terrassement

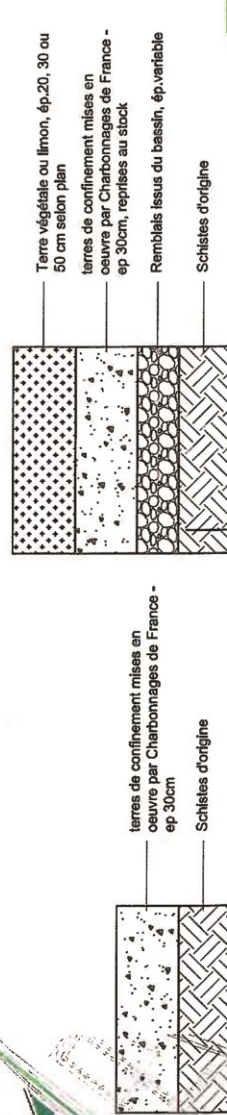
PRINCIPES DE TERRASSEMENTS GENERAUX



LES SECTEURS D'APPORT DE TERRE VEGETALE



PRINCIPES DE TERRASSEMENTS GENERAUX SUR LES ZONES D'APPORT DE TERRE VEGETALE



Annexe 5 : Photographies du parc des îles



Photographie panoramique du principal cheminement traversant le parc (Source : Touvron V.)



Photographie panoramique du point d'eau principal du parc des îles (Source : Touvron V.)



Photographie panoramique du point d'eau principal du parc des îles avec au troisième plan le terri 205 (Source : Touvron V.)



Photographie panoramique d'une île thématique du parc des îles (Source : Touvron V.)



Photographie panoramique de la passerelle traversant les îles thématiques (Source : Touvron V.)



Photographie panoramique de la passerelle traversant les îles thématiques, en direction de l'entrée du parc (Source : Touvron V.)

Annexe 6 : Questionnaire de l'exercice pour les sondés « publics » (Source : Touvron V.)

27/07/2018

Questionnaire sur le paysage et les sols pollués

Questionnaire sur le paysage et les sols pollués

Ce questionnaire rentre dans le cadre de mon mémoire de fin d'étude en master d'architecture paysagère, abordant le thème de la phytoremédiation et de sa place dans nos paysages. La phytoremédiation est une technique qui se développe actuellement et consistant à utiliser certaines plantes pour dépolluer des sols. Le questionnaire ne prendra que 5 min environ. Merci d'avance de votre participation.

*Obligatoire



Partie numéro 1 : Les espaces verts

1. Parmi ces photographies, laquelle vous évoque le plus un espace vert intégré à un quartier ? *
Une seule réponse possible.



Photographie 1 (source : personnelle) : Une allée piétonne avec des bancs, des poubelles et des arbres



Photographie 2 (source : personnelle) : Un chemin sous les arbres, loin du bruit, avec des herbes folles de chaque côté



Photographie 3 (source : pixabay) : Un parc avec des massifs des fleurs ornementales



Photographie 4 (source : personnelle) : Le petit square avec une aire de jeux à côté de chez moi

2. Selon vous, qu'est-ce qui définit un bel espace vert public ? *

Plusieurs réponses possibles.

- Il y a de beaux végétaux (des arbres, des arbustes, des fleurs ...)
- Il n'y a pas de "mauvaises herbes" (ou adventices)
- Je peux y faire des activités différentes (sport, loisir, détente ...)
- J'ai l'impression de m'y sentir un peu comme chez moi
- Il a une place importante dans le cadre de vie des gens
- J'aime m'y rendre en toute saison
- C'est un lieu de rencontre
- Il doit contraster avec son cadre environnant
- C'est un endroit qui me procure du bien-être
- Je peux y croiser des animaux (insectes, oiseaux ...)
- Je le trouve unique
- Je peux y croiser des gens différents (enfants, personnes âgées, habitants, sportifs ...)
- Il n'y a pas d'horaire d'ouverture
- C'est un lieu calme
- Il fait partie des lieux qui caractérisent une ville

3. Si vous avez d'autres arguments, exprimez-les ici

4. A l'inverse, selon vous, qu'est-ce qui rend un espace vert mal intégré à un quartier ? *

Plusieurs réponses possibles.

- Il est peu accessible
- Je sens qu'il n'est pas pour tout le monde
- Il est mal entretenu
- Il n'y a jamais personne qui s'y rend
- Il ne donne pas envie de s'y rendre
- Il est inutile
- Autre : _____



Partie numéro 2 : La phytoremédiation

5. Connaissez-vous le concept de phytoremédiation, technique de dépollution du sol par les plantes ? *

Une seule réponse possible.

- Oui
 Non
 J'en ai entendu parler

6. Quelle est votre opinion sur cette pratique ? *

Plusieurs réponses possibles.

- C'est de la poudre aux yeux (greenwashing)
 C'est une technique durable
 C'est une proposition intéressante
 Je reste perplexe sur son efficacité
 C'est une bonne idée mais ce n'est pas une solution miracle
 Je n'ai pas d'avis sur la question

7. Aimerez-vous avoir plus d'informations sur ce sujet ? *

Une seule réponse possible.

- Oui
 Non

8. Avez-vous connaissance de friches végétalisées autour de chez vous ? *

Une seule réponse possible.

- Oui
 Non
 Je ne sais pas

9. Avez-vous déjà entendu parler de sites sur lesquels on pratiquait la phytoremédiation ? *

Plusieurs réponses possibles.

- Oui dans ma commune ou ses alentours
 Oui dans un reportage à la télévision
 Oui sur internet
 Oui dans des magazines
 Par le bouche à oreille
 Non je n'en ai jamais entendu parler

10. Si vous habitez aux abords d'une parcelle comportant des sols pollués, aimeriez-vous que l'on y pratique de la phytoremédiation ? *

Une seule réponse possible.

- Oui mais je souhaiterais me sentir impliqué dans ce projet
 Oui et j'aimerais être bien informé sur le projet avant réalisation
 Non car je crains que les polluants soient libérés si on touche au sol
 Non car je n'en vois pas l'intérêt
 Je ne sais pas

11. Pouvez-vous justifier votre réponse en quelques lignes ? *

Partie 3 : Informations personnelles

12. Dans quelle tranche d'âge vous situez-vous ? *

Une seule réponse possible.

- 18 - 25 ans
- 25 - 40 ans
- 40 - 60 ans
- 60 ans et plus

13. Dans quel type de paysage estimez-vous habiter ? *

Une seule réponse possible.

- Un paysage rural
- Un paysage semi rural
- Un paysage urbain
- Un paysage semi urbain

Fourni par



Questionnaire sur le paysage et les sols pollués

Ce questionnaire rentre dans le cadre de mon mémoire de fin d'études en master d'architecture paysagère, abordant le thème de la phytoremédiation et de sa place dans nos paysages. La phytoremédiation est une technique qui se développe actuellement et consistant à utiliser certaines plantes pour gérer la pollution des sols et/ou les dépolluer.
Le questionnaire ne prendra que 5 min environ. Merci d'avance de votre participation.

*Obligatoire



Partie numéro 1 : Les espaces verts

1. Parmi ces photographies, laquelle vous évoque le plus un espace vert intégré à un quartier ? *
Une seule réponse possible.



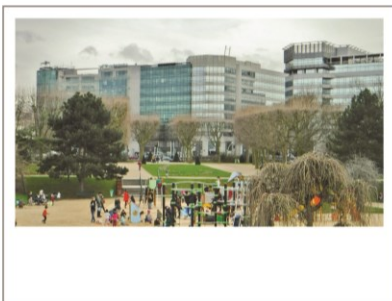
Photographie 1 (source : personnelle) : Une allée piétonne avec des bancs, des poubelles et des arbres



Photographie 2 (source : personnelle) : Un chemin sous les arbres, loin du bruit, avec des herbes folles de chaque côté



Photographie 3 (source : pixabay) : Un parc avec des massifs des fleurs ornementales



Photographie 4 (source : personnelle) : Le petit square avec une aire de jeux à côté de chez moi

2. Selon vous, qu'est-ce qui permet de dire qu'un aménagement paysager public est réussi ? *

Plusieurs réponses possibles.

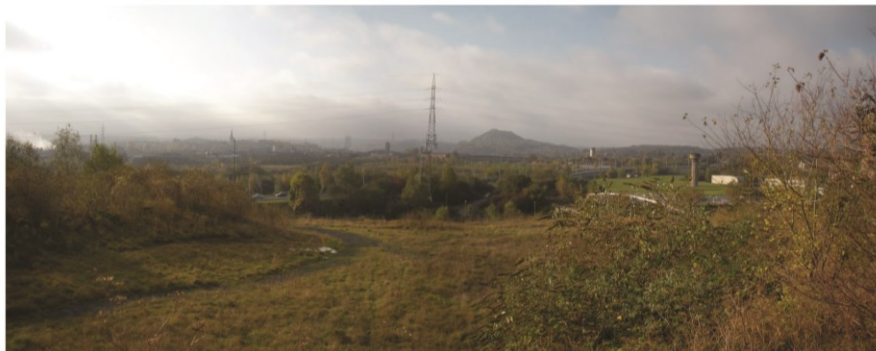
- Il comporte des espaces plantés (pelouse, arbustes et/ou arbre etc.)
- Il possède un plan de gestion d'entretien adéquat
- Il a un côté multifonctionnel
- Il a été pensé pour les usagers
- Il répond à une demande de la population locale et/ou des collectivités
- Il possède un intérêt à chaque saison
- C'est un lieu de rencontre
- Il s'intègre dans son cadre environnant
- Il favorise le bien-être des habitants
- Il possède une facette "durable/écosystémique"
- Il a sa propre identité
- Il peut accueillir plusieurs catégories de population
- Il doit avoir une facilité d'accès (horaires d'ouverture larges)
- C'est un lieu calme
- Il doit faire partie d'une politique globale de l'aménagement du territoire

3. Si vous pensez à d'autres arguments, exprimez-les ici

4. A l'inverse, selon vous, qu'est-ce qui rend un aménagement paysager mal intégré à un quartier ? *

Plusieurs réponses possibles.

- Une mauvaise accessibilité
- Il ne peut pas accueillir un public large
- Le calendrier d'entretien n'est pas respecté
- Peu de gens s'y rendent
- Sa conception ne le rend pas accueillant
- Il est inutile à cet endroit
- Autre : _____



Partie numéro 2 : La phytoremédiation

5. **Connaissez-vous le concept de phytoremédiation, technique de dépollution du sol par les plantes ? ***

Une seule réponse possible.

- Oui
 Non
 J'en ai entendu parler

6. **Quel est votre opinion sur cette pratique ? ***

Plusieurs réponses possibles.

- C'est de la poudre aux yeux (greenwashing)
 C'est une technique qui est adaptée aux problèmes actuels
 C'est une proposition intéressante
 Je reste perplexe sur son efficacité
 C'est une bonne idée mais ce n'est pas une solution miracle
 Je n'ai pas d'avis sur la question

7. **Aimeriez-vous avoir plus d'informations sur ce sujet ? ***

Une seule réponse possible.

- Oui
 Non

8. **Avez-vous connaissance de friches végétalisées autour de chez vous ?**

Une seule réponse possible.

- Oui
 Non
 Je ne sais pas

9. **Avez-vous déjà travaillé ou eu connaissance de projets dans lesquels la technique de phytoremédiation était envisagée ? ***

Une seule réponse possible.

- Oui
 Non

10. **Si oui, lesquels ?**

11. **Selon vous, est-ce une bonne chose que d'associer le public (population et pouvoirs publics) et la phytoremédiation dans un projet quand cela est possible ? ***

Une seule réponse possible.

- Oui
 Non
 Je ne sais pas

12. Pouvez-vous justifier votre réponse en quelques lignes ? *

Partie numéro 3 : Informations personnelles

13. Dans quelle tranche d'âge vous situez-vous ? *

Une seule réponse possible.

- 18 - 25 ans
 25 - 40 ans
 40 - 60 ans
 60 ans et plus

14. Dans quel type de paysage estimez-vous habiter ? *

Une seule réponse possible.

- Un paysage rural
 Un paysage semi rural
 Un paysage urbain
 Un paysage semi urbain