La phytoremédiation,

Vecteur d'une ville plus saine?

HERNANDEZ Elise
Mémoire de fin de licence - 2013-2014
Branche Urbanisme - F. NOWAKOWSKI

SOMMAIRE

INTRODUCTION 5

I. DES VÉGÉTAUX AYANT UN RÔLE BIOLOGIQUE DIRECT 10

1. UN RÔLE CONCRET SUR L'EAU 10
A. Les jardins filtrants 10
B. Les zones de rejets végétalisées 12

2. UN RÔLE CONCRET SUR L'AIR 14
A. Le concept de mur végétalisé 14
B. Les toitures terrasses végétalisées 16

3. UN RÔLE CONCRET SUR LA TERRE 19
A. Les techniques de dépollution par action directe 19
B. Les techniques de dépollution en dehors du site 21

Sources 22

II. DES VÉGÉTAUX AYANT UN RÔLE INDIRECT SUR LA POLLUTION 23

1. SUR L'EAU 23
A. Les mares biologiques 23
B. Les stations d'épuration à filtre sableux plantés de roseaux 25
C. Des expérimentations nouvelles 26

2. SUR LA TERRE 27
A. VALTERRA : vers de nouveaux substrats? 27
B. Sur la terre en général 28

3. SUR L'AIR 30

Sources 31

III. UN RÔLE RESTREINT À DÉVELOPPER EN MILIEU URBAIN 32

1. UNE LÉGISLATION ANCIENNE À ADAPTER 32
A. Exemple LORVER 32
B. Exemple EPFL 32
C. Zone de Rejet Végétalisée de Vauvert 33

2. LE RÔLE FORMATEUR DE LA VÉGÉTATION 34
A. Des procédés minimes qui changent le quotidien 34
B. Des expériences formatrices et porteuses d'espoir 35

3. APPORTER UNE BIODIVERSITÉ EN VILLE 36

Sources 37

SYNTHESE 39

CONCLUSION 40

REMERCIEMENTS 43

ANNEXES 44

GLOSSAIRE 52

ABRÉVIATIONS 53

BIBLIOGRAPHIE 54

SITOGRAPHIE 55

VIDEOGRAPHIE 56

Introduction

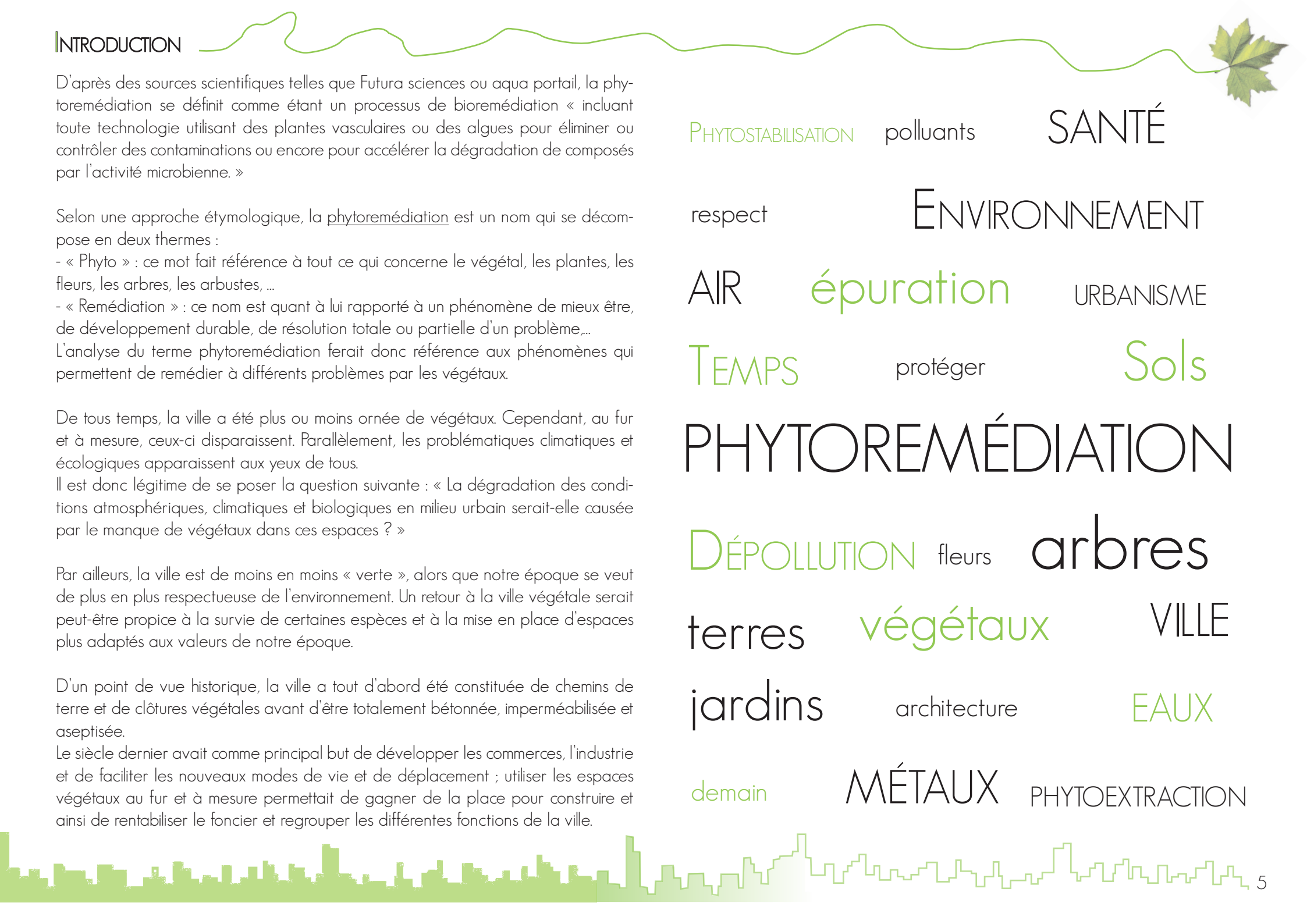
D'après des sources scientifiques telles que Futura sciences ou aqua portail, la phytoremédiation se définit comme étant un processus de bioremédiation « incluant toute technologie utilisant des plantes vasculaires ou des algues pour éliminer ou contrôler des contaminations ou encore pour accélérer la dégradation de composés par l'activité microbienne. »

Selon une approche étymologique, la phytoremédiation est un nom qui se décompose en deux thermes :
- « Phyto » : ce mot fait référence à tout ce qui concerne le végétal, les plantes, les fleurs, les arbres, les arbustes, ...
- « Remédiation » : ce nom est quant à lui rapporté à un phénomène de mieux être, de développement durable, de résolution totale ou partielle d'un problème,...
L'analyse du terme phytoremédiation ferait donc référence aux phénomènes qui permettent de remédier à différents problèmes par les végétaux.

De tous temps, la ville a été plus ou moins ornée de végétaux. Cependant, au fur et à mesure, ceux-ci disparaissent. Parallèlement, les problématiques climatiques et écologiques apparaissent aux yeux de tous.
Il est donc légitime de se poser la question suivante : « La dégradation des conditions atmosphériques, climatiques et biologiques en milieu urbain serait-elle causée par le manque de végétaux dans ces espaces ? »

Par ailleurs, la ville est de moins en moins « verte », alors que notre époque se veut de plus en plus respectueuse de l'environnement. Un retour à la ville végétale serait peut-être propice à la survie de certaines espèces et à la mise en place d'espaces plus adaptés aux valeurs de notre époque.

D'un point de vue historique, la ville a tout d'abord été constituée de chemins de terre et de clôtures végétales avant d'être totalement bétonnée, imperméabilisée et aseptisée.
Le siècle dernier avait comme principal but de développer les commerces, l'industrie et de faciliter les nouveaux modes de vie et de déplacement ; utiliser les espaces végétaux au fur et à mesure permettait de gagner de la place pour construire et ainsi de rentabiliser le foncier et regrouper les différentes fonctions de la ville.



Cependant une indéniable orientation fait désormais l'unanimité : la ville a besoin de respirer, de s'oxygéner, pour favoriser le mieux-être de ses habitants ; les citadins contemporains n'ont-ils pas besoin de ces deux types d'espaces l'un construit pour apporter les services et l'autre plus végétal pour garantir un meilleur environnement sanitaire ?

Sur un autre point de vue, celui des relations entre les habitants, en occupant le plus de place possible par des espaces imperméables, bétonnés, les citadins pourtant proches en distance les uns des autres ne se rencontrent plus et vivent chacun dans leur quotidien. Alors que les espaces verts sont quant à eux propice aux échanges, aux rencontres. Comme le souligne Erik Orsenna, président de l'organisme Cité Verte, les espaces verts sont un véritable vecteur social. De plus, ils permettraient aussi de former, d'éduquer la population à de nouveaux modes de vie, plus respectueux de l'environnement.
C'est les raisons pour lesquelles la végétation retrouve sa place dans les espaces urbains.

Enfin, lorsque les espaces urbains sont négligés voire laissés à l'abandon, la nature reprend ses droits et se développe malgré tout. Cela laisse donc croire que les végétaux ont leur place en milieu urbain et peuvent se développer dans ce milieu hostile

La phytoremédiation peu connue de tous, concerne pourtant l'avenir de l'ensemble des habitants de la planète.

Pour aborder ce sujet, j'ai rencontré des acteurs variés et j'ai visité plusieurs sites ; tout ceci m'a permis de comprendre les différents avis et positions sur ce sujet.

L'évaluation des situations rencontrées met en avant deux voies de développement de la phytoremédiation ; ces deux voies sont très souvent concomitantes et complémentaires.

Suivant un premier axe technique, cette méthode « verte » est utilisée en tant que

processus de dépollution physico-chimique. Ce processus est aussi bien représenté sur des sites concernés directement par la pollution que sur des sites extérieurs, mis en place pour traiter des flux pollués.

Suivant un second axe, la phytoremédiation est un facteur efficace et très pédagogique pour éduquer, former, et appréhender les changements pour notre futur afin de mieux respecter l'environnement.

Ce mémoire présente les différentes techniques actuellement disponibles dans le domaine de la phytoremédiation, que ce soit sur site ou hors site. Ces présentations aident à comprendre son intégration pertinente dans les villes futures quand cela est possible ; dans le cas contraire, les freins à l'utilisation de ces techniques seront également évoqués.

La phytoremédiation est composée de plusieurs branches, de plusieurs processus distincts qui s'adaptent chacun à leur environnement et leurs contraintes.

Ces processus permettent l'établissement d'un nouveau modèle urbain à travers l'implantation de ces techniques en ville ; chaque espace de la ville est quasiment concerné par un procédé particulier. C'est ainsi qu'en prenant seulement quelques principes et en les adaptant à une morphologie urbaine, la phytoremédiation pourrait sans aucun doute être appliquée en ville à long terme.

Pour cela, les espaces doivent être repensés pour donner une place aux végétaux en général et à ces plantes spécifique en particulier.

Le but est de comprendre les interactions entre les éléments et la dépollution à une grande échelle pour pouvoir en déduire quelques schémas directeurs. Ces derniers pourront ensuite être appliqués soit en masse soit à une plus petite échelle davantage répartie dans les espaces très urbanisés et fortement pollués.

Pour mener cette étude, plusieurs points clés ont été abordés durant les nombreux entretiens.

Tout d'abord, il faut évoquer la question de l'échelle du temps qui est fondamentale. À quel stade du projet de la ville doit-on intégrer cette technique ? Dans quels buts ? Le développement de la dépollution végétale, qui s'appuie sur les cycles plutôt longs de la nature est-il en concordance avec l'évolution relativement rapide de la ville conduite par l'Homme ? Comment faire coïncider ces deux échelles ?

Par ailleurs, la question de la législation relative à ce type de technique est primordiale.
Comment ces techniques sont-elles légiférées ? La phytoremédiation peut-elle s'adapter aux lois existantes ou au contraire, les lois doivent-elles évoluer de concert avec ces techniques?

Enfin, comment utiliser les espaces impliqués dans la phytoremédiation, dans quel cadre, dans quel contexte ? Il faut également se demander comment réagissent les habitants concernés ? Quel est l'avis des élus, des architectes, des entrepreneurs ? Autant d'avis différents qui comptent dans le développement de ces techniques au futur.

Tous ces questionnements sont des facteurs de réussite et de développement de la phytoremédiation.

Dans cette partie, seront abordées les différentes techniques de phytoremédiation ayant un rôle direct sur la pollution et sur l'environnement dans sa globalité. Les végétaux ont en effet plusieurs manières de dépolluer, et chaque manière implique un paysage particulier et une implantation, une disposition distincte. En effet, ceux qui ont comme qualité de dépolluer l'eau n'ont pas la même morphologie ni la même durée de vie que les végétaux dépolluant l'air ou la terre.

1. Sur l'eau

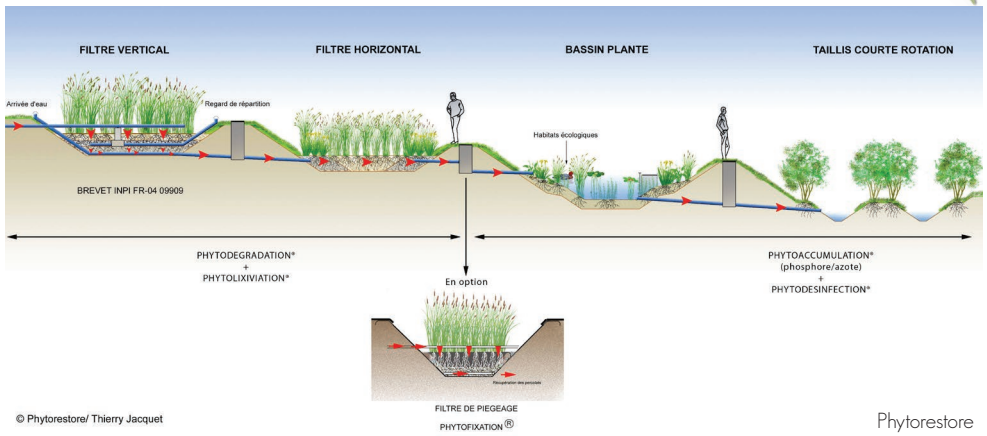
Le rôle du végétal sur l'eau a été reconnu très tôt, puis approfondi grâce à la réalisation d'expériences qui se sont avérées concluantes. Plusieurs principes permettent la dépollution de l'eau par les végétaux. Certains, (comme les Zones de Rejet végétalisées) sont associés à d'autres entités telles que stations d'épuration, tandis que d'autres suffisent pour rendre l'eau saine vis-à-vis des normes en vigueur (comme les fossés végétalisés ou les jardins filtrants).

A. Les jardins filtrants

Les jardins filtrants peuvent s'apparenter à une station d'épuration pour des petits ouvrages. Ils ont pour but de dépolluer une eau viciée chargée d'un ou plusieurs polluants particuliers. Ce concept est applicable à des entités de petite taille, pour que le flux puisse être géré facilement. Il s'applique à toute entité dont l'utilisation de l'eau est primordiale (cosmétique, cristallerie, ...). Ces bâtiments sont toujours construits près d'un cours d'eau dans lequel ils puisent et rejettent leur matière première. Le jardin filtrant s'insère donc entre la sortie d'eau de l'usine et le rejet dans le cours d'eau en aval de la station.

C'est ce qui a été réalisé dans une petite commune lorraine. En effet, à Saint Louis lès Bitche, une cristallerie fait vivre le village. Suite à un contrôle de la qualité des eaux rejetées, les autorités du contrôle de la qualité de l'eau se sont rendues compte que les rejets ne respectaient pas les normes en vigueur. La décision de créer un jardin filtrant a donc été prise en 2009. Le jardin a aussi un rôle pédagogique : il a été réalisé dans le but d'attirer des visiteurs à la cristallerie, qui est également composée

Coupe de principe sur un jardin filtrant



Phytorestore

Intégration du jardin filtrant dans le village

Vue depuis l'axe principal du village

du musée du cristal. Le but est de faire vivre le village et de le rendre attractif. Le jardin filtrant est situé en aval des ateliers, et en amont de la rivière. Sa position lui permet d'être le plus efficace possible. vis à vis des résultats attendus.
Il est accessible au public, mais seulement sur rendez-vous et visites organisées car la législation n'autorise pas à laisser un public non initié au phénomène trop long-temps en contact avec des eaux polluées. En effet, il est censé dépolluer des résidus de métaux utilisés pour faire le cristal, comme le plomb par exemple.
Ce jardin est composé de 3 bassins, et chaque bassin correspond à un filtre. Il y a deux filtres verticaux et un filtre horizontal. Chaque type de bassin est composé de plantes appropriées, et chacune est censée dépolluer un élément de l'eau rejetée.

Dans le Pion Médoc, un autre jardin filtrant est observable. L'entreprise Decons SA a pour but de valoriser les déchets tels que les épaves d'automobiles. Cependant, en triant ces déchets et en les transformant, l'entreprise rejette beaucoup de métaux lourds ainsi que des hydrocarbures, éléments fortement polluants. L'eau étant un élément rare, à préserver, notamment dans le sud de la France (33), l'entreprise a pris la décision d'élaborer un jardin filtrant pour dépolluer ses rejets avant leur retour dans le milieu naturel. Avant de traiter les rejets grâce au jardin filtrant, l'entreprise disposait d'une station de traitement physico chimique, qui engendrait des frais trop élevés et des normes extrêmement difficiles à respecter.

Ce jardin est composé de différentes zones qui permettent un traitement de l'eau progressif :

- Des bassins plantés qui traitent les eaux rejetées
- Des taillis de saules qui évapotranspirent les eaux traitées
- Un filtre à tourbe qui piège les métaux lourds.

Pour ces deux entreprises, l'utilisation du jardin filtrant, en plus de rendre l'espace industriel agréable, permet de ne pas rejeter directement les polluants dans le milieu naturel, mais également de ne pas les envoyer à la station d'épuration, qui aurait plus de mal à les évacuer, les piéger, puisque la concentration serait diluée.

Intégration du jardin filtrant dans la ville

Vue depuis l'axe principal de la ville

B. Zones de Rejet végétalisées

La phytoremédiation peut également s'appliquer à l'eau à une échelle plus grande. En effet, les zones de rejet végétalisées permettent aux communes de taille moyenne (environ 10000 habitants) de dépolluer et d'assainir un peu plus les eaux qui sortent de la station d'épuration. C'est le cas des villes de Vauvert et Marguerittes, situées dans le Gard. La législation ayant évolué dans cette région de par le climat qui y est plus chaud et sec, les eaux doivent y être mieux traitées qu'au paravent. C'est la raison pour laquelle les communes commencent à coupler une zone de rejet végétalisée à leur station d'épuration.

La zone de rejet végétalisée a plusieurs buts :

- Elle assainit un peu plus l'eau qui ressort de la station d'épuration en diminuant la concentration en hormones féminines et en résidus médicamenteux entre autres. Cela permet à la biodiversité de se développer correctement.
- Elle permet un retour progressif de l'eau traitée au milieu naturel
- Elle permet un développement de la biodiversité
- Parfois, elle est associée à la création d'un parc ouvert au public.
- Dans tous les cas : elle permet de créer une transition entre la station d'épuration et son environnement naturel
- Elle permet de créer une sécurité en cas de départ de boues de la station d'épuration

Les zones de rejet végétalisées sont composées de deux principaux espaces :

- le premier est un espace de décantation et de régulation de l'eau qui ressort de la station d'épuration. Il permet d'envoyer l'eau à un débit constant dans la seconde partie de la ZRV. Il est appelé bassin à microphytes
- le deuxième est un espace constitué de plusieurs filtres qui permettent d'oxygéner et de purifier l'eau. Chaque bassin constitue un filtre particulier :
  * la Roselière : elle permet la dépollution de l'eau par des micro-organismes qui se fixent aux roseaux.
  * la Zone en eaux libres : les radeaux végétalisés permettent un

Fonctionnement de la Zone de Rejet Végétalisée de Marguerittes

Fonctionnement de la Zone de Rejet Végétalisée de Vauvert

écoulement et une oxygénation de l'eau. Les métaux et le phosphore sont également piégés par cette zone.

* la zone libre à herbier : permet à l'activité biologique et microbiologique de se développer. Cela permet à l'eau de se réhabituer progressivement à ce qu'elle pourra « subir » et « rencontrer » en milieu naturel

* Le Delta : favorise une grande diversité d'écoulement et des conditions physico chimiques variables, propices au développement de la biodiversité

* Le Bassin à macrophytes : filtration et abattement de la pollution dissoute par les micro-organismes fixés.

Les végétaux permettent donc à des installations de différentes tailles d'assainir l'eau dont les communes ont besoin.

Développement de la biodiversité dans les ZRVs

Couples de Canards dans la ZRV de Vauvert

Delta

Différents bassins des ZRVs

Zone en eaux libres

Roselière

Vue d'ensemble

2. Un rôle concret sur l'air

Les végétaux permettent aussi de dépolluer l'air qui nous entoure. En effet, deux principes de dépollution de l'air par les végétaux existent : il s'agit du mur végétalisé et de la toiture végétalisée.

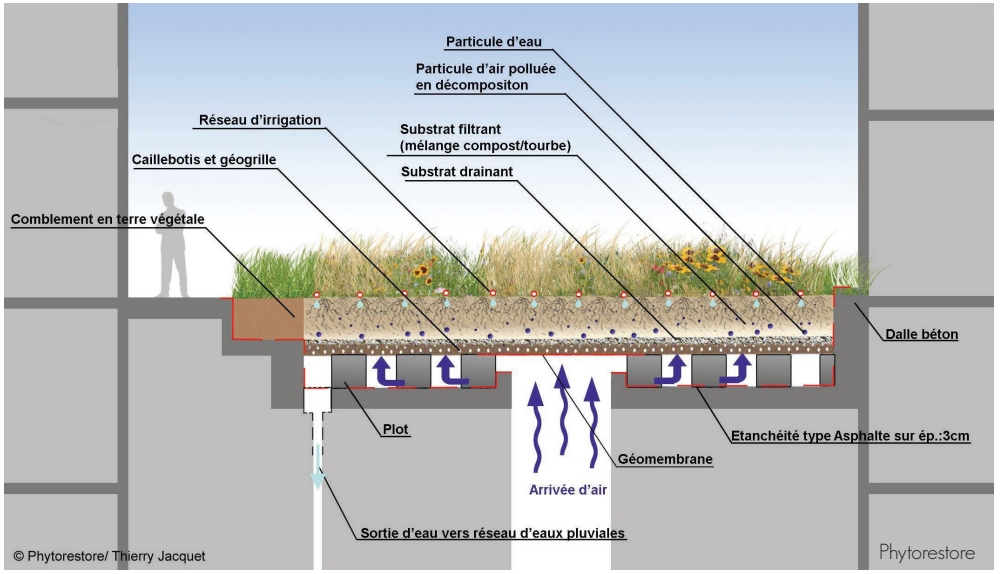
A. Le mur végétalisé

Le premier avantage du mur végétalisé est de rendre la ville plus agréable. Le musée du quai Branly de Jean Nouvel, dont la façade est végétalisée en est un exemple connu. Des études sont en cours pour montrer que certains végétaux qui poussent sur ces surfaces verticales permettraient aussi de rendre l'air urbain plus sain. Ceci grâce au procédé de photosynthèse dans un premier temps : les végétaux absorbent le dioxyde de carbone pour rejeter du dioxygène, qui nous permet de respirer. Mais les végétaux plantés sur ces murs, en fonction de leur espèce permettraient aussi de dépolluer l'air d'autres éléments, encore plus nocifs pour les citadins.

Dans la plupart des cas, ce n'est pas les végétaux qui dépolluent réellement, mais plutôt les micro-organismes qui sont attirés par ces végétaux. Il faut donc apporter au mur végétalisé les plantes qui attirent les micro-organismes qui sont susceptibles de dépolluer les bonnes particules.

En plus de son avantage esthétique, le mur végétalisé a aussi un avantage écologique car il favorise la régulation thermique du bâtiment.
Quelques murs végétalisés dépolluants sont en train de voir le jour en France. L'entreprise Canevaflor a mis au point un système qui fait actuellement ses preuves sur le parking silo de la gare de Lyon Perrache.

Le but de la végétalisation de 400 m^2 de façade est de filtrer l'air pollué du parking silo pour le rendre plus sain. En effet, ce mélange de terre, de fibre de coco, de pouzzolane et d'écorces de pins a pour but de dépolluer l'air enfermé dans le parking. Le principe développé est le suivant : un ventilateur installé sur le toit permet



Principe de l'action des plantes sur l'air

Façade végétalisée du musée du quai Branly à Paris

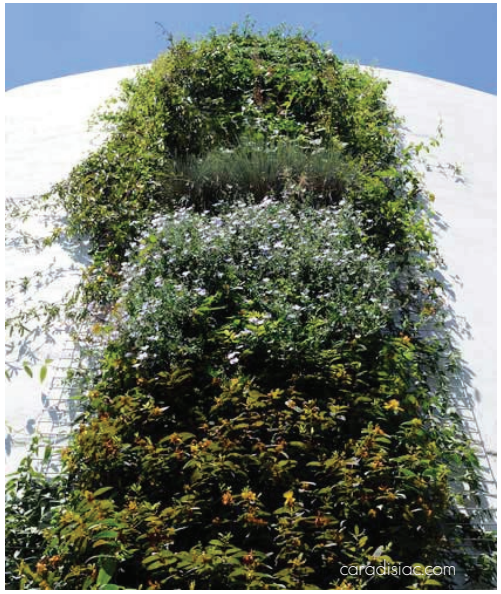
d'envoyer l'air vicié du parking dans les morceaux de la façade qui sont végétalisés. Ces végétaux retiennent alors les poussières et le CO_2 qui est le principal gaz à effet de serre.
D'après des études de l'université de Savoie vérifiées par un capteur de pollution de l'entreprise Coparly, cette façade végétalisée permet d'absorber :

- 80% des polluants type COV (benzène, totulène, éthylbenzène, xylène, ...)
- 50% d'oxydes d'azotes

La végétalisation de cette façade a donc permis de respecter la directive européenne 2001/81/CE qui imposait la diminution de 40% de dioxyde de soufre, des oxydes d'azotes avant 2010.
En plus de dépolluer les particules chimiques de l'air, Ce mur végétalisé permet également d'améliorer le confort acoustique : l'isolation phonique est de 32 décibels et l'absorption phonique est de 20 décibels.

Le choix des plantes est important, puisqu'il faut des plantes qui tiennent verticalement. Le type de plante n'est pas très important, mais il faut avoir plusieurs espèces différentes, qui permettent d'apporter une réelle biodiversité urbaine. En effet, chaque plante permet à sa voisine de mieux se développer car elles n'attirent pas les mêmes micro-organismes et développent donc leur protection. Elles se développent donc mieux et vivent plus longtemps.

Si ce type de mur végétalisé dépolluant fait réellement ses preuves, cette technique pourrait etre testée pour les tunnels routiers. La ville de Lyon voudrait tester ce procédé sur les tunnels de Fourvière et de la Croix Rousse pour éviter l'utilisation de filtres physico chimiques, très couteux et plus nocifs pour l'environnement.
D'autres avantages du mur végétalisé sont la réduction de 50% de besoin en chauffage et la production d'énergie. En effet, le laboratoire «génie des procédés environnementaux» du CNRS a mis au point un autre concept de mur végétalisé. Le mur est composé d'une bioface isolante productrice d'algues vertes, qui permettent d'isoler le bâtiment tout en produisant l'énergie nécessaire au besoin complémentaire de chauffage.



détail d'un pan végétalisé du Parking silo Lyon Perrache

Parking silo Lyon Perrache

Un autre procédé est en train de voir le jour : il s'agit du procédé de lagunage vertical. Il permettrait de servir de station d'épuration des eaux usées d'un immeuble. Le principal inconvénient des stations d'épurations vertes est leur encombrement. En donnant ce rôle à la façade des bâtiments, l'utile serait lié à l'agréable. Le manque de place ne serait plus décisif quant à la mise en place éventuelle d'une station d'épuration verte.

Cependant, le procédé de mur végétal présente également des inconvénients :

- son entretien : taille des végétaux deux fois par an et vérification des racines qui pourraient percer des tuyaux qui permettent de faire fonctionner le bâtiment.
- Son prix, qui peut dépasser les 500e/m^2 : par exemple, le coût du mur végétalisé de Lyon Perrache est de 700e/m^2. Cependant, ce cout peut être vite absorbé par les économies réalisées du point de vue énergétique.

Le principe de mur végétalisé étant en train de faire ses preuves, les chercheurs tentent d'appliquer ces principes à d'autres éléments pour dépolluer l'air citadin au maximum. Des mobiliers urbains commencent à être végétalisés, comme des bancs ou des lampadaires, dans le Nord par exemple.

Pour renforcer la dépollution par les végétaux, le principe de mur végétalisé peut aussi être appliqué en toiture terrasse ou en faible pente.

B. Les toitures terrasses végétalisées

La végétalisation des toitures présente les mêmes avantages que les murs et façades végétalisées, à savoir :

- L'isolation thermique
- L'isolation acoustique
- La régulation thermique entre ville et campagne
- La dépollution et l'assainissement de l'air urbain

En effet, les végétaux plantés sur les toits fonctionnent de la même manière que sur des parois verticales : ils fixent les poussières, les pollens et les autres particules pol-

Lampadaire végétalisé (59)

Panneau d'affichage végétalisé

Banc végétalisé

luantes avec l'aide des bactéries et des insectes présents dans le substrat.
Les deux seuls inconvénients de cette technique sont les matériaux utilisés, qui doivent être solides et qui sont donc assez coûteux, et la construction d'une structure très imposante qui doit pouvoir supporter la masse du substrat et de son végétal.

D'après une étude menée par le ministère de l'environnement canadien en 2004, en végétalisant 6,5 km^2 des toitures de Toronto, soit 1/10 de la superficie totale de la ville, permettrait d'abaisser la température ambiante de 1 à 2°C. Ces végétaux absorberaient et élimineraient 2,18 tonnes de gaz à effet de serre et 30 tonnes de polluant tandis que chaque habitant français produit 480 tonnes de gaz à effet de serre par an.

En plus de ceux déjà cités ci-dessus, les toits végétalisés présentent d'autres avantages, tels que :

- La perméabilisation des sols : cela permet une régulation et un traitement des eaux de pluies plus faciles. Cela permet aussi de réduire les risques d'inondations en cas de crues dans certains espaces ou d'avoir des espaces urbains continus. Ne pas avoir de parking ou de surface imperméabilisé régulièrement dans une ville la rend en effet beaucoup plus agréable pour ses usagers. C'est par exemple le cas au-dessus de parkings souterrains, comme derrière le bâtiment Meurthe et Moselle Habitat à Nancy. Au lieu d'imperméabiliser la surface au dessus de ce parking, Meurthe et Moselle Habitat a pris le parti de faire une toiture terrasse. Cependant, le citadin ne se rend pas compte de la présence de cette toiture. Pour lui, cet espace est seulement un espace végétalisé comme d'autres en ville.
- Lutter contre l'ilôt de chaleur urbain : cette même étude canadienne montre qu'en végétalisant 6% de toitures d'une ville, la température baisse de 1,5°. Cela permet donc d'économiser 5% des couts de climatisation des bâtiments.
- Les toitures permettent le développement de la biodiversité : certaines plantes, affectées par l'eutrophisation, comme les plantes friandes de milieux secs et oligopoles peuvent plus facilement se développer sur des toitures végétalisées, moins accessibles par le grand public méconnaisseur.

Toiture végétalisée MMH

De plus en plus de normes donnent raison au toit végétalisé. Par exemple, à Paris, le plan biodiversité du 15 novembre 2011 prévoit la création de 7 hectares de toitures végétalisées à Paris, en plus des 3,7 hectares existants. Aussi, dans certaines communes, le toit et/ou le mur végétalisé sont obligatoires si les espaces végétalisés au sol ne sont pas suffisants.

Toutes ces normes ont pour but d'impacter positivement la santé, et ainsi de créer une harmonie voire une synergie entre nature et urbanisme. C'est ce qu'ont essayé de mettre en avant les urbanistes et les architectes qui ont conçu le centre commercial Beaugrenelle à Paris. Ce toit végétalisé de 7000m^2 (soit la surface d'un terrain de foot), a pour but de participer à la reconstruction d'un maillage écologique. En effet, des ruches ont été installées sur ce toit, afin de les réintégrer en ville. Ce toit est appelé à devenir à terme des jardins partagés. De par ses multiples utilisations, la végétalisation des toits a donc un avenir certain.

Toiture végétalisée du centre commercial Beaugrenelle à Paris

Vue d'ensemble du Centre commercial Beaugrenelle à Paris

3. Un rôle concret sur la terre

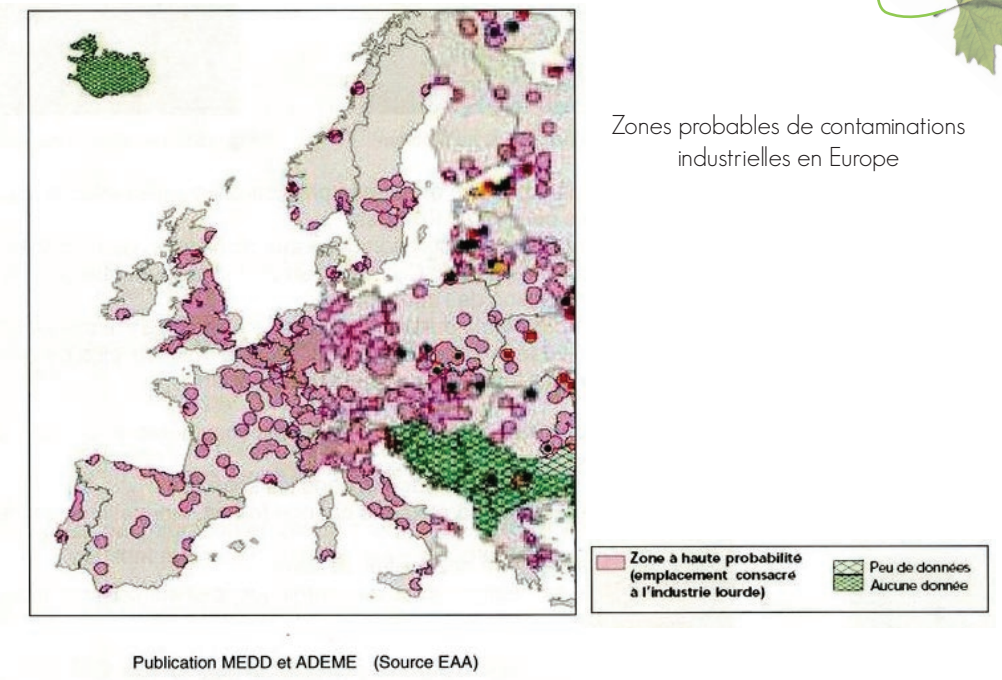
Si les végétaux ont un effet non négligeable sur la dépollution de l'eau et de l'air, leur effet sur les substrats pollués est également intéressant. En effet, la dépollution est possible que ce soit sur site ou hors site.

A. Les techniques de dépollution par action directe

Certains terrains pollués peuvent être dépollués ou assainis par les végétaux. En effet, en fonction du type de polluant, certaines plantes peuvent absorber les particules polluantes, voire même les transformer dans le but de les valoriser. C'est le principe de spéciation, c'est-à-dire l'attirance d'une plante pour un polluant particulier. C'est par exemple le cas du trèfle qui absorbe les ions ferreux pour les transformer en fer. On dit que le trèfle est un hyperaccumulateur de fer : il peut absorber jusqu'à plus de 1% de sa matière sèche finale, ce qui est énorme par rapport aux autres plantes. Le fer peut ensuite être récupéré après incinération du trèfle pour resservir à une autre utilisation. La phytoextraction est aussi la technique utilisée par la Thlaspi Caruelescens, qui absorbe le zinc présent dans les sols.

Le saule pleureur quant à lui, absorbera toute l'eau en trop dans le site qui lui est dédié. Il absorbera également les éléments présents dans cette eau. C'est la raison pour laquelle le saule pleureur absorbe les résidus de gasoil présent dans le substrat dans lequel on le plante.
Certaines plantes sont quant à elles capables de dégrader des polluants. C'est le cas du maïs avec les hydrocarbures par exemple. Alors que la plupart des plantes ne pousseraient même pas dans ces terres polluées avec des hydrocarbures, le maïs, lui en est friand. Une concentration de 7 tonnes par hectare ne le dérange absoluement pas pour se développer correctement.

En associant plusieurs plantes, un terrain -comme une friche industrielle-, pollué par plusieurs types de particules peut donc être dépollué. Par contre, l'inconvénient majeur de ces techniques est le traitement superficiel. En effet, seule la couche supérieure du substrat est traitée. En fait, l'action de la plante se limite à la taille de ses racines, qui ne dépassent en général pas 80cm.



Zones probables de contaminations industrielles en Europe

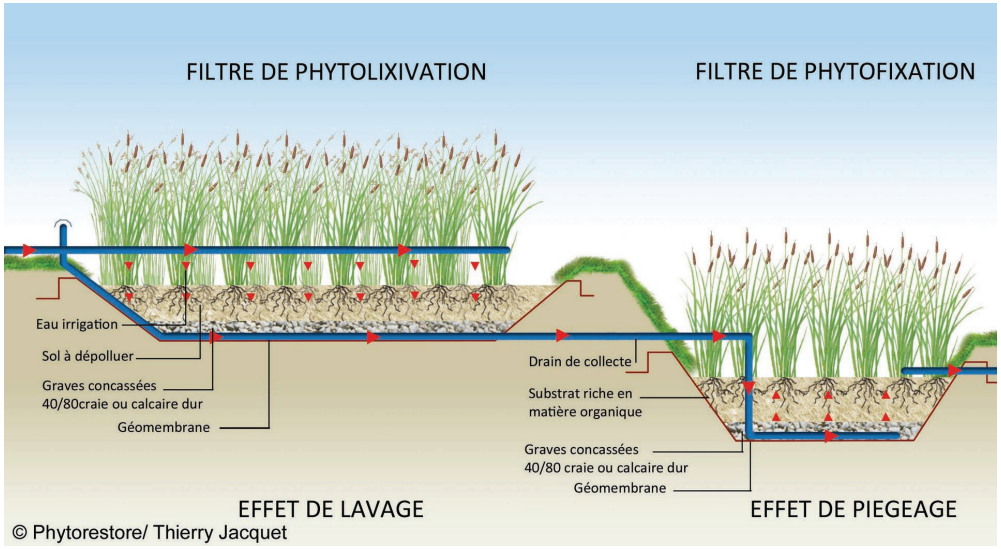


Schéma du principe de l'action des plantes sur un sol pollué

Des études ont été menées pour justifier l'action de ces plantes sur les terres concernées. Elles ont été menées par l'Institut National de l'Environnement et des Risques avec l'aide l'ADEME, de l'union européenne et de l'école des mines de Douai. En comparant sur des parcelles expérimentales, l'évolution des concentrations de métaux sur des parcelles plantées ou non et avec micro-organismes apportés ou non, l'INERIS a observé et comparé les résultats. Les parcelles où seules les plantes ont été semées sont les plus rentables, vis à vis de la dépollution : en effet, rien n'empêche les végétaux de capter, fixer et stocker les métaux présents dans le substrat. Ils ne se propagent donc pas dans les terres voisines et les terres concernées sont assainies. Cette technique n'est en général pas utilisée en ville pour dépolluer les terrains pollués en friche car elle est trop longue par rapport au temps de la ville. Le temps minimal pour dépolluer un terrain moyen est de 10 ans, mais ce temps peut varier en fonction de différents paramètres tels que la concentration du polluant, le type de polluant, le climat, ...

Les organismes qui s'occupent d'asainir les terrains avant de les revendre dans le but de les rentabiliser foncièrement n'ont pas le temps d'attendre que les plantes se développent correctement et absorbent ce qu'elles peuvent absorber. L'Établissement Public Foncier de Lorraine a en général des contrats de 4 ans pour assainir les terrains concernés. Les techniques physico chimiques sont donc préférées par cet organisme. Elles sont en effet plus chères mais plus rapides et plus fiables. Le coût est vite rentabilisé par le terrain qui prend de la valeur une fois qu'il peut être construit.

Cependant, certains font quand même le choix de la phytoremédiation. En effet, les terrains consacrés à la dépollution par phytoextraction ou phytodégradation peuvent avoir une autre fonction en même temps, avant d'être rendus au domaine public ou foncier. C'est le cas par exemple du parc Evol'U4 à Uckange. En effet, cette friche industrielle fortement polluée va devenir un parc dans le but de dépolluer, et surtout d'expérimenter ces nouvelles techniques. Le site du haut fourneau était peut attirant pour les visiteurs jusqu'à présent. L'association d'un autre acteur, à savoir un parc, va permettre de valoriser le lieu et de faire évoluer son image.

Projet pour le parc Evol'U4 à Uckange

B. Les techniques de dépollution végétale en dehors du site

Certaines terres, trop polluées pour être traitées sur place sont enlevées de leur site de base. Ce procédé peut aussi être appliqué à un terrain qui doit être traité rapidement, afin de lui donner une valeur foncière. Au lieu de les stocker, un nouveau procédé est en train de voir le jour à Brosse Montceaux, dans le centre de la France. C'est le principe de Bioferme. Les terres sont amenées sur le site pour y être dépolluées. Le principe est de transformer les boues et les terres en liquide et de les faire circuler dans des filtres horizontaux et verticaux, dans le but de les dépolluer. A la fin, le liquide sortant est sain et permet aux terres polluées arrivantes d'être transformées en liquide avant d'être dépolluées.

Un autre procédé pourrait également être de disposer le substrat pollué dans un espace vierge non utilisé, d'y planter les plantes qui le dépollueront, avant de le réexporter sur un terrain qui a besoin de terres saines.
Un gros inconvénient subsiste à ces techniques : le transport de la terre coûte extrêmement cher. Il faudrait donc qu'une bioferme soit implantée pour desservir chaque rayon de 30 à 50 km.

Cette technique n'étant pas assez développée, des études doivent être menées pour justifier et vérifier ses actions dépolluantes. Si les résultats s'avèrent encourageants, cette méthode pourrait être amenée à se développer.

Beaucoup d'études montrent que n'importe quel végétal a un impact positif sur l'environnement extérieur. Cette partie a montré comment les plantes peuvent dépolluer directement. Certaines d'entres elles sont réellement dépolluantes.
Cependant, toutes ne le sont pas, mais ont quand même un rôle dans l'environnement qui nous entoure, puisque sans plantes l'écosystème ne se développerait pas et ne survivrait pas. Ces végétaux ont donc également un rôle sur la gérance de la pollution, mais celui ci est indirect.

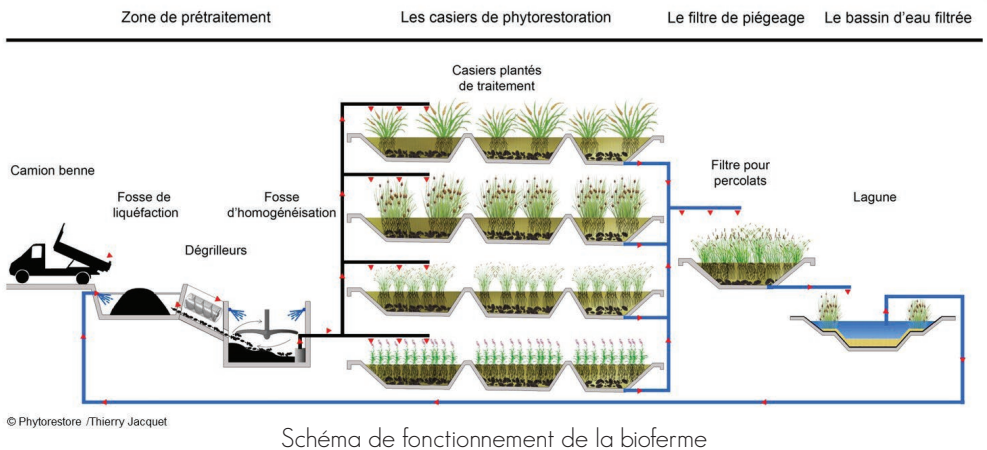


Schéma de fonctionnement de la bioferme

Insertion dans le site

Bassin de traitement de la Bioferme

Plan masse de la Bioferme

Sources

- Phytorestore : *http://www.phytorestore.com/*

- zone de rejets végétalisées : *http://www.phytoserpe.com/*

- musée du quai branly : *http://www.murvegetalpatrickblanc.com/*

- gare lyon perrache : *http://www.netafim.fr/*

- toitures terrasses végétalisées : journée LQE du 15 avril 2014
http://www.ecovegetal.fr/
http://www.cstb.fr/

- mur végétalisés : Habitat et Société n°46 : *Le concept du mur végétal et la ville*

- Les cahiers techniques du bâtiment : dossier *Dépollution des sols*, Octobre 2009

- centre commercial beaugrenelle ; *http://www.paris.fr/*
http://www.20minutes.fr/
vidéo : 66 minutes, M6 : *Beaugrenelle : le centre commercial du futur*

- entretiens : Patrice Loosdregt et Benoit Chancerel

- étude du gouvernement canadien : *le moniteur, Bâtiment et urbanisme* : de l'intérêt des plantes, 25/02/2014

- Mobilier urbain végétalisé : *http://www.vivarmor.fr/*
http://dechetsdesmenages.typepad.fr

- *Google Maps, Street View*

Dans cette partie seront abordées les différentes méthodes qui impliquent le rôle indirect des végétaux vis à vis de la dépollution.
Les végétaux peuvent avoir un rôle indirect sur plusieurs éléments. Par exemple, les roseaux permettent une meilleure filtration de l'eau. L'utilisation de nouveaux substrats peut aussi changer la donne.

1. SUR L'EAU

L'eau est de meilleure qualité quand les végétaux la gèrent et la nettoient. En effet, plusieurs études montrent que l'eau est plus saine quand les végétaux s'installent à ses côtés. C'est la raison pour laquelle tous les points d'eaux sont colonisés par des végétaux. Pour assainir l'environnement, certaines villes prennent la décision de re-créer des points d'eau, dans le but de voir leurs espaces urbains être colonisés par la végétation. En effet, les rôles indirects ne sont ni minimes ni inutiles. C'est ce qui a pu être observé lors de la création de mares biologiques par exemple.

A. Les mares biologiques

En ville, de nombreuses mares biologiques sont créées. Elles ont pour but d'apporter une biodiversité en milieu urbain. C'est ce qui peut actuellement être observé sur le nouveau campus ARTEM à Nancy. Claire Alliod est la paysagiste qui a conçu ces bassins écologiques. Elle explique que sans les végétaux, ces bassins ne pourraient pas fonctionner et faire respirer le campus. Les plantes apportées à cet ouvrage permettent en fait de limiter la prolifération d'algues, et donc de laisser respirer l'eau qui contient de nombreux micro- organismes.

Ces mares peuvent être implantées dans toutes sortes de milieux différents, comme en terrain très sec ou en terrain marécageux. Seules les espèces de plantes différeront, puisqu'elles doivent être adaptées à leur substrat. Le but est de ramener quelques végétaux, qui en attireront d'autres. Cela permettra à la nature de reprendre des droits dans un espace urbain qui lui est réservé. L'entretien de ces espaces doit être réduit au minimum, pour que la nature et les végétaux soient le plus libres possible dans leur développement. Une fois que les végétaux ont atteint une

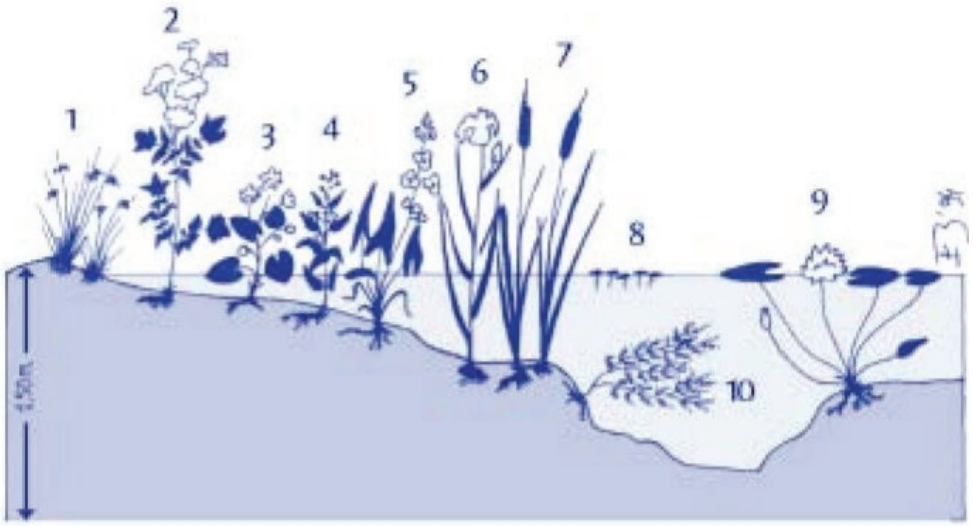


Figure 1: les plantes de la mare - Catégories écologiques.
Plantes des berges et des rives marécageuses : (1) Jonc épars, (2) Reine-des-Prés, (3) Populage des marais, (4) Lysimaque vulgaire.
Plantes semi-aquatiques : (5) Sagittaire, (6) Iris jaune, (7) Massette.
Plantes flottantes : (8) Lentille d'eau, (9) Nénuphar blanc.
Plantes submergées : (10) Myriophylle. Créer une marre naturelle dans son jardin

Principe de composition de la mare biologique

taille acceptable, la biodiversité commence à se réinstaller dans le paysage induit par la mare. C'est ainsi que de nouvelles espèces ont élu domicile à proximité des bassins écologiques créés sur le campus ARTEM. On observe en effet l'apparition de nymphes à corps de feu, de crapauds, ...

Pour ramener un équilibre au milieu créé, il faut planter au moins un tiers de la surface du bassin avec des végétaux de plusieurs espèces différentes. Cette technique a déjà été éprouvée au jardin naturel à Paris. Installée entre plusieurs espaces végétaux différents tels que prairie, friche et sous-bois, la mare du jardin naturel aujourd'hui en action depuis plus de 10 ans abrite de nombreuses espèces animales au sein de la capitale, comme des libellules rouges, des araignées d'eau, des oiseaux...

Ce concept est donc en train de prendre ses marques en France dans différentes villes, qui veulent laisser le végétal reprendre sa place naturellement. A Rueil-Malmaison, un lac est également projeté, dans le but de créer une continuité dans la trame verte et bleue des Hauts de Seine. Ce lac a en effet pour but de procurer de nouveaux espaces protégés aux oiseaux migrateurs ou non, ainsi qu'aux autres espèces.

Les végétaux assainissent l'eau et recréent de la biodiversité, de par leurs propriétés physique ils peuvent aussi apporter du positif dans d'autres procédés. C'est le cas par exemples de stations d'épuration à filtres sableux plantés de roseaux.

localisation du lac à Rueil

Photographie personnelle

intégration du lac dans son environnement à Rueil

Photographie personnelle

http://mairie20.paris.fr/

Mare du jardin naturel à Paris

http://voyages.liberation.fr/

Mare du jardin naturel à Paris

B. Les stations d'épuration à filtre sableux plantés de roseaux

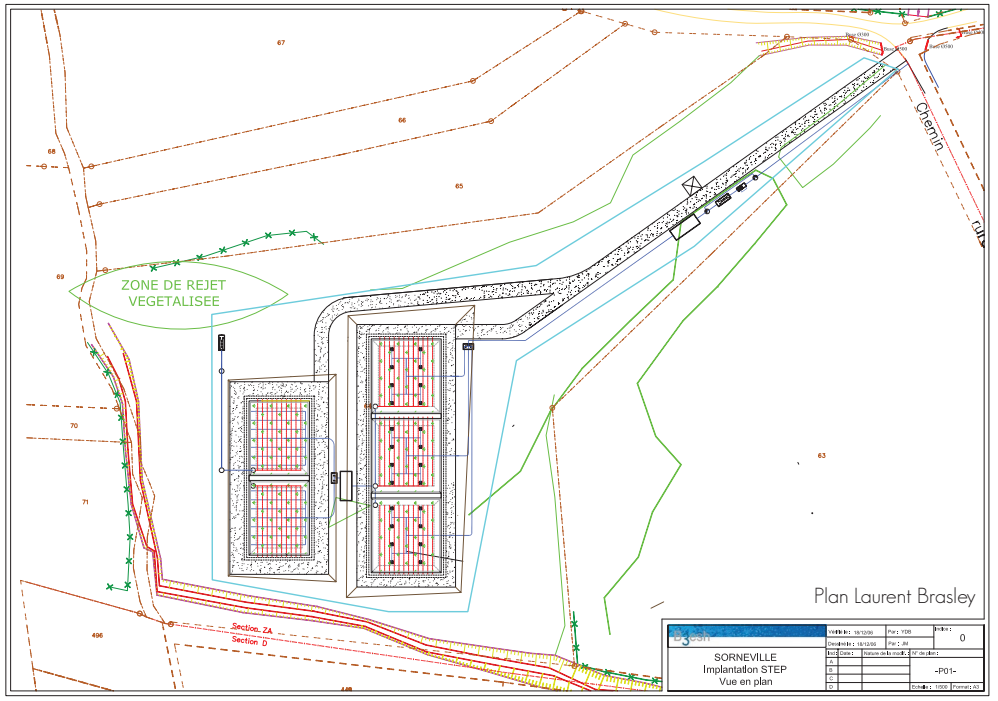
Les stations d'épuration à filtres sableux plantés de roseaux se développent de plus en plus dans les petites communes. Elles permettent en effet d'intégrer plus facilement la station d'épuration dans le paysage qui l'entoure.

Elles sont faciles à implanter dans les communes qui disposent d'un minimum de terrain à consacrer à leur gestion, elles prennent environ trois fois plus de place qu'une station d'épuration classique. Les roseaux absorbent le phosphore et l'azote accumulés dans les eaux polluées. Bien que ces végétaux aient une qualité de phytoremédiation biologique, leur rôle sur le sable est également mécanique. En effet, leurs longues tiges ont une grande prise au vent, et leurs racines permettent donc de faire bouger le sable dans lequel ils évoluent. Cela permet donc une meilleure infiltration de l'eau dans le sol, et donc un meilleur traitement.

Environ une commune française sur quatre serait équipée de filtre vertical sableux à un seul étage. En fonction de la taille et du niveau de pollution de la commune, un ou plusieurs bassins peuvent être utiles. Ils peuvent facilement être associés à des jardins, qui pourront également sensibiliser le public. La topographie du terrain est importante pour ce type de station d'épuration. En effet, le procédé demande en général plusieurs bacs composés de différents filtres. Pour passer d'un filtre à l'autre, la topographie peut être un atout. Sinon, il faudra en créer une ou ajouter des pompes pour réguler le débit tout au long du traitement.

Cette technique fonctionne bien pour les communes relativement restreintes mais peut aussi s'appliquer aux zones de rejets végétalisées associées aux stations d'épurations plus techniques/technologiques dans les communes plus importantes. C'est le cas pour les villes de Vauvert et Marguerittes en France. En effet, ces procédés sont composés d'une partie plantée de roseaux.
Ces procédés sont difficilement applicables en ville. Un manque de place se fait ressentir. Il faudrait au moins 4m^2 de jardin filtrant par habitant pour ne plus avoir de station d'épuration aux procédés physico chimiques. Cependant, si ces techniques étaient appliquées aux façades ou aux toits végétalisés, n'y aurait 'il pas besoin de moins de surface au sol pour traiter ces eaux ?

Insertion de la station d'épuration dans le paysage



Plan de la station d'épuration

De nombreux exemples existent partout en France. Dans les alentours de Nancy, les communes qui disposent d'une station d'épuration à filtre sableux planté de roseaux sont entre autres Mazerolles, Drouville, Sornetville, Saint Maurice sous les côtes, ... Les critères qui ont attiré ces communes sont ceux énoncés ci-dessus, à savoir la disposition d'un emplacement dans la commune, la topographie, le rendement épuratoire demandé, et le coût. Ce type de station ne coûte pas plus cher qu'une station classique. L'entretien est quant à lui facile, il suffit d'entretenir les roseaux une à deux fois par an. Ainsi, les végétaux sont l'objet de nombreuses nouvelles expérimentations, puisque la prise de conscience de leur impact est de plus en plus importante par l'ensemble de la population.

C. Des expérimentations nouvelles

D'autres expérimentations sont menées pour donner un rôle à la végétation dès lors qu'une source d'eau existe. Par exemple, en lorraine, l'entreprise B3ESH (Bureau Etudes Expert Environnement Structures Hydrauliques) tente de nouvelles expériences.

Pour intégrer au mieux le fossé qui permet de ramener l'eau de la station d'épuration à l'état naturel dans le ruisseau, la commune de Crévéchamps a décidé de végétaliser le fossé pour qu'il se fonde dans le paysage. En fait, au lieu de planter des espèces particulières, la commune a laissé les espèces de végétaux s'implanter comme ils le voulaient. Leur rôle n'a pas encore été réellement prouvé. Des études sont en cours de réalisation, pour voir si d'autres avantages existent en plus de celui esthétique.

Laurent Brasley, gérant de la société B3ESH pense que si ces végétaux s'implantent à proximité de ce cours d'eau, c'est qu'ils y apportent un effet particulier, puisqu'ils en ont besoin pour vivre. Pour lui, l'effet ne peut être que positif, et il attend donc le résultat des études en cours menées par le conseil général de Meurthe et Moselle pour savoir si il faut ou non entretenir d'une manière particulière les végétaux qui se développent de leur plein gré autour des cours d'eaux.

Fossé recouvert de végétation

Photographie Laurent Brasley

Photographie Laurent Brasley

Végétalisation du fossé

Insertion du fossé de Crévéchamps dans le paysage

Photographie Laurent Brasley

Ce principe de fossé végétalisé pour purifier l'eau existe déjà dans le sud de la France. Il permet en effet de protéger l'eau dans le milieu naturel, et d'éviter une évapo transpiration trop rapide puisque le climat y est plus chaud.

2. SUR LA TERRE

D'autres entreprises s'intéressent plus à la terre, au substrat qui permet de faire évoluer les plantes. En effet, certains sols trop pollués ou qui seraient trop long à dépolluer sont enfouis ou enlevés de leur espace. Il faut alors remplacer ces substrats par des terres saines. Certaines entreprises cherchent donc comment se procurer des nouveaux substrats adaptés simplement et écologiquement.

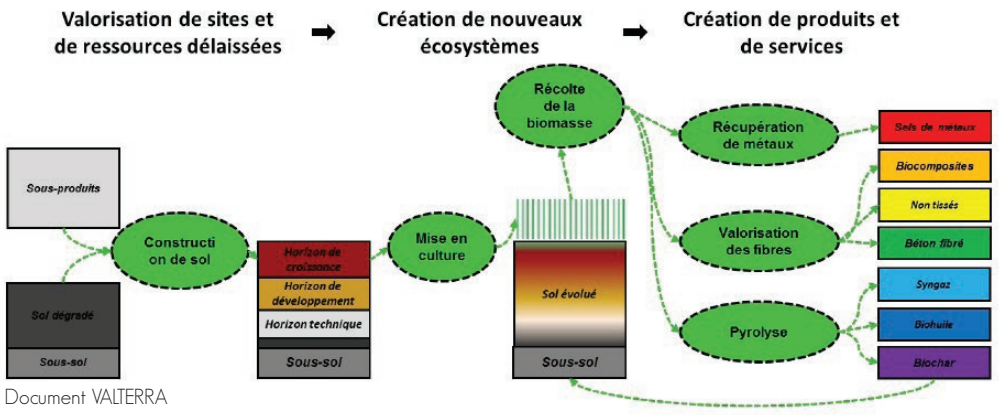
A. VALTERRA

L'entreprise Valterra a pour principe de limiter les déplacements de substrat, qu'ils soient sains ou non. Cette entreprise essaye donc d'en créer des nouveaux, dans le but de ne pas polluer en déplaçant des quantités de terres astronomiques. Deux projets sont susceptibles d'utiliser le même principe, pour obtenir un but différent. Le principe est de reconstituer des substrats susceptibles de faire grandir des végétaux à partir de déchets.

Pour ce, le champ des déchets est élargi. Il n'est pas constitué que des déchets au sens premier, qui viennent de la décharge. En effet, ce qui est susceptible de constituer le nouveau substrat sont :

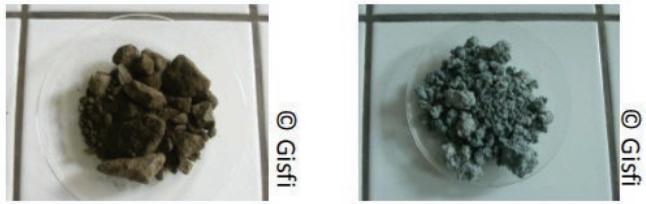
- Des terres polluées transformées par traitement thermique
- Des morceaux de papeterie
- De la matière organique
- Des balayages de rue, ...
- Des déchets de construction comme des morceaux de briques, de tuiles,...

Le premier projet qui pourrait utiliser ce nouveau substrat est le projet LORVER : LORraine VERte. Le but de ce projet est de revaloriser des sites délaissés en produisant de la biomasse à partir de déchets de sous-produits. Le but concret est donc



Document VALTERRA

Représentation de la fillière LORVER



Document VALTERRA

Types de déchets utilisés pour constituer de nouveaux substrats

de tirer une valeur économique et paysagère de sites délaissés. La production de biomasse permettrait de réintégrer ce foncier délaissé dans le circuit économique. Ce projet est pour l'instant pensé pour la Lorraine, en particulier sur les terrains en friches dans les communes un peu excentrées. Des tests sont actuellement réalisés à la station d'essais de Homécourt.

Le projet SITERRE fait quant à lui face à une problématique plus urbaine. Le but de ce projet est de réaliser des milieux urbains type square ou place avec des déchets locaux tels que les briques, les tuiles, les feuilles ramassées, les balayages de rues, ...

Pour développer ces deux projets encore en phase d'expérimentation, des sites pilotes sont recherchés. En effet, il faudrait tester concrètement ces procédés sur des espaces réels pour observer la croissance de végétaux sur des déchets. Bien que la croissance des végétaux puisse être plus longue sur ce nouveau substrat, il permettrait de remettre en valeur des matériaux réduits à l'état de déchets. Le résultat serait donc largement rentable financièrement par rapport à l'apport de terres saines. La seule preuve existante actuellement est l'essai qui a été réalisé à la station altimétrique de Homécourt. Sur des petites surfaces, ce procédé est une réussite. Cependant, la question qui se pose actuellement est la suivante : comment se comporteront les végétaux sur un espace beaucoup plus large ? D'autres terrains expérimentaux sont activement recherchés pour prouver les avantages de cette découverte. Cependant, très peu de propriétaires de terres laissent celles ci pour des expérimentations scientifiques. Ils préfèrent en général dépolluer rapidemment, quitte à payer cet assainissement au prix fort.

B. Sur la terre en général

Plantés sur n'importe quel type de terre, les végétaux apportent forcément des avantages et un mieux être à leur environnement. En effet, les végétaux qui poussent dans un milieu sont en accord avec celui-ci. Par exemple, sur un milieu sec, la présence de végétaux permet une infiltration des eaux en profondeur plus facilement grâce à leurs racines qui percent la terre agglutinée.

Réalité des terres urbaines

Plantations en ville dans un sol reconstitué

Rôle Indirect

En terrain plus humide, les végétaux permettront au contraire de tenir la terre et d'absorber l'eau en surplus. C'est l'action qu'a le saule pleureur sur ce type de milieu.

La terre polluée peut aussi rester polluée, si elle est protégée pour que les particules n'impactent pas les personnes qui la cotoient. C'est ce qui peut être observé au jardin des traces, dans le parc du haut fourneau U4 de Uckange. En effet, ce jardin, est dressé sur un espace qui, à la base, était entièrement composé de terre polluée, puisque les hauts fourneaux y étaient construits auparavent. Comme la dépollution était trop chère, ou trop longue, une autre alternative a été trouvée. Il s'agit du stockage de la terre polluée sur le site, mais isolée des autres substrats par des bâches spéciales. Ces bâches ont ensuite été recouvertes de revêtements minéraux pour les intégrer au mieux dans le jardin des traces. Ces terres ont été regroupées pour marquer un passage ou pour créer des espaces de repos surélevés. Le visiteur non averti ne se doute absoluement pas que ce subterfuge abrite des terres nocives pour l'environnement. Les terres polluées peuvent donc aussi trouver un rôle respectueux de leur environnement proche. Le problème cependant soulevé est : comment évolueront ces terres? Combien de temps peut durer ce subterfuge? Les particules polluantes sont elles vraiment piégées? Ne peuvent elles pas se propager dans l'air?

Utilisation des terres polluées dans le jardin des traces à uckange marquage de la circulation

Photographie personnelle

Utilisation des terres polluées dans le jardin des traces à uckange espaces de repos

Photographie personnelle

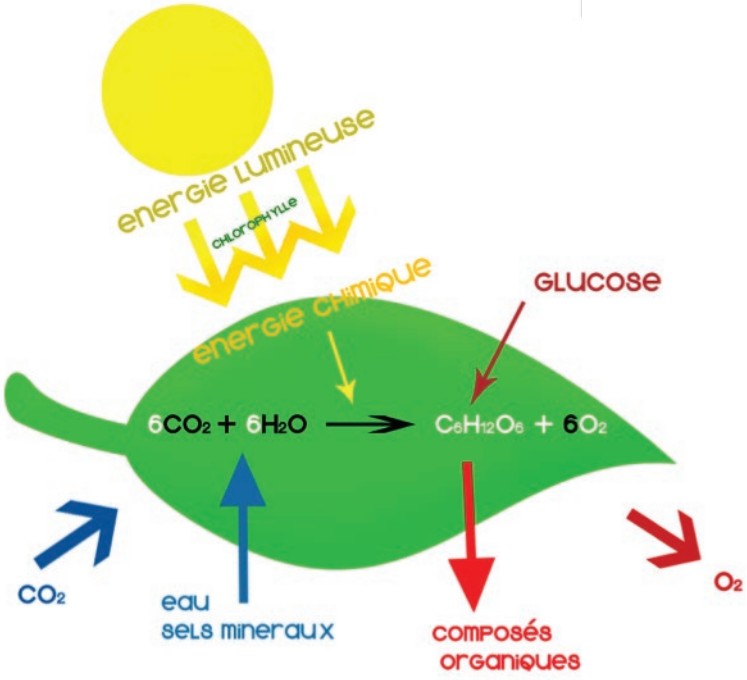
3. Sur l'air

Les végétaux ont également une action positive sur l'air. Grâce à la photosynthèse, ils assainissent l'air, et permettent ainsi de faire baisser la température extérieure en ville. En effet, la présence de végétaux en ville permet de lutter contre le phénomène d'ilot de chaleur urbaine. On ressent alors une baisse de quelques degrés (un ou deux degrés celsius) lorsque des végétaux sont présents en espace urbain par rapport à un espace urbain voisin non végétalisé.

Les végétaux ont donc forcément une action positive sur la ville, qu'elle soit liée à leur capacité biologique, à leur manière de se développer et de croitre, ou à leur manière de se défendre vis à vis des phénomènes qu'ils subissent.

Aussi, de par leur présence, ces êtres vivants attirent une curiosité au public, au citadin, à toutes les personnes qui les côtoient. En effet, les espaces végétalisés sont beaucoup plus prisés, plus de monde aime en profiter par rapport aux espaces bétonnés ou minéralisés. Le végétal aurait-il donc aussi un rôle d'éducateur, de formateur de la population en plus du rôle qu'il joue déjà sur le milieu naturel?

schéma du procédé de photosynthèse



http://lepoumondelaplanete.e-monsite.com/

Sources

- mares biologiques : http://www.mairie20.paris.fr/
Créer une mare naturelle dans un jardin, Département Botanique de Liège
Nature en ville, Mares et petits étangs urbains, Republique et Canton de Genève

- Stations d'épuration à filtre plantés de roseaux : *http://www.epurnature.fr/*

- Nouveaux substrats : *http://www.valterra.fr/*

- Phytoextraction : *http://www.plante-et-cite.fr/*

- Jardin des traces : stockage sur le site : *http://www.haut-fourneau-u4.fr/*

Entretiens :
- Sophie Guimont et Lucas Gossiaux
- Benoit Chancerel
- Laurent Brasley
- Claire Alliod
- Cendrine Jechoux

Rôle a développer en milieu urbain

La phytoremédiation, qu'elle soit hors site, sur site, biologique ou mécanique, nous fait avancer vers un futur plus serein vis-à-vis de la pollution. Son application, notamment en milieu urbain apporte un confort de vie aux citadins. De plus, elle permet de former, d'éduquer la population à un phénomène nouveau et ainsi d'être respectée par le plus grand nombre. Cependant, un point difficile relatif à ce sujet est le respect, l'adaptation aux législations existantes. Dans cette partie seront abordés : les problèmes législatifs vis à vis de ces nouvelles techniques, le rôle formateur de la végétation vis à vis des citadins et l'impact du développement de la biodiversité en ville.

1. Une législation ancienne à adapter

En effet, la phytoremédiation étant un sujet encore relativement récent, la législation ne l'a pas encore prise en compte dans ses lois, ses règles. Ainsi, l'application de la dépollution végétale à certains espaces reste difficile, et l'ouverture au public très discutée.

A. Exemple de la société VALTERRA

Par exemple, la société Valterra, en charge des projets SITERRE et LORVER a beaucoup de mal à faire passer ses projets du point de vue législatif et à trouver des terrains d'application à cause de la législation en vigueur. En effet, comme cette société réalise des substrats à base de déchets, si les personnes qui évaluent le projet ne font pas un effort de compréhension, le projet est directement refusé vis-à-vis de l'accessibilité au public. Or, le but principal de Siterre et Lorver est de rendre des terrains trop pollués au foncier, à la ville donc au grand public.

C'est la raison pour laquelle cette société travaille avec les organismes en charge de la création et l'adaptation de la législation. Ainsi, Sophie Guimont et Lucas Gossiaux, qui gèrent cette branche de la société expliquent leur projet, reconnaissent ce qui est dangereux ou pas et influent sur la création ou la modification de nouvelles lois.
Pour le projet Siterre, ce qui a été mis en place est une catégorisation des déchets selon le catalogue européen des déchets. Selon leur catégorie : dangereux, non dangereux ou inertes, le grand public non initié peut être ou non au contact de ces déchets donc de ce projet.

Aussi, pour que le grand public puisse s'approprier correctement ces espaces, des livres sont pensés pour expliquer ces projets au grand public. Ces livres sont aussi sources de règles pour respecter le projet s'il est accessible au grand public.

Enfin, un site internet à visée éducative est en cours de construction. Le but est de le communiquer largement pour que la société se fasse connaitre du plus grand nombre de communes possible, afin de développer leur projet de nouveau substrat.

Valterra n'est pas la seule société à plancher sur le sujet de la législation. En effet, tous les organismes qui touchent à la branche de la dépollution végétale, voire à la dépollution en général y sont confrontés.

B. Exemple de l'EPFL

L'Etablissement Public Foncier de Lorraine est aussi soumis à des règles particulières, et à des contrats qui empêchent la société de dépolluer les terrains en friche avec des plantes. En effet, les techniques qui pourraient être utilisées par cet organisme sont la phytoextraction ainsi que la phytodégradation. Cependant, le temps d'action de ces végétaux est au minimum de 10 ans. Le rôle de l'EPFL est pourtant transitoire : il s'agit du recyclage du foncier, et il doit donc être rentable le plus rapidement possible. La durée du rôle de l'EPFL entre les deux propriétaires est en général de 5 à 6 ans, dont 4 ans d'action « dépolluante » sur le terrain. Le temps de la phytoremédiation est donc difficile à appliquer dans certains cas.

Dans certains cas, la règlementation peut quand même autoriser la phytoremédiation, mais cette solution est envisagée très rarement. Elle peut concerner des friches qui ne sont pas en projet, et dont il faut changer l'image. Cependant, d'après Regis Stenger, étant donné la lenteur de leur action, les végétaux peuvent amener

d'autres particules, voire de la biodiversité sur ces terrains. L'Etablissement Public Foncier de Lorraine n'est pas vraiment pour la biodiversité, car elle impose des règles de construction trop compliquées. Le problème est régulièrement posé avec une espèce de chauves-souris en voie de disparition. C'est le problème qui s'est par exemple posé à Saint Louis les Bitches. La maison de direction de la cristallerie doit être rénovée, mais le début des travaux est empêché par une colonie de chauves souris rares qui logent à proximité.

En fait, le but de l'EPFL n'est pas réellement de dépolluer mais de gérer la pollution sur des terrains particulièrement impactés. Il faut alors trouver la source de pollution et gérer en fonction des quantités restantes dans le sol. Parfois, les terres polluées excavées sont réutilisées dans d'autres projets, tels que les sous couches routières, des murs anti bruits, ... Cependant, ce fait est difficile à faire accepter socialement.
Par ailleurs, la loi concernant les sols pollués a récemment évoluée et est devenue plus sévère. Les seuils de la doctrine concernée ont évolué en 2007, la nouvelle loi ALUR propose dans l'article 173 un dispositif sur les sites et les sols pollués, ...
En fait, le seuil limite que la DREAL a fixé est que le grand public ne doit pas avoir plus d'un risque sur 10 000 d'avoir un cancer en étant exposé à ce terrain. Malgré ces restrictions fortes et ces seuils qui manquent de souplesses, certains projets arrivent à ouvrir au public, tel que la zone de rejet végétalisée de Vauvert par exemple.

C. ZRV Vauvert

Concernant l'eau, la législation est également sévère vis-à-vis de la phytoremédiation. En effet, au début des jardins filtrants, ceux-ci ne pouvaient pas être accessibles au public, ou seulement lors de visites organisées. Le grand public ne pouvait pas être exposé trop longtemps aux polluants concernés. C'est ce qui se passe encore actuellement à Saint Louis les Bitche. Le jardin est clôturé, et visité de temps à autre par des groupes.

Aujourd'hui, la législation est requestionnée vis-à-vis de nouveaux projets. La question de l'ouverture au public a été posée pour les deux zones de rejet végétalisées à Vauvert et à Marguerittes. En effet, ce type de zone s'apparente fortement à un

Accès à la ZRV de Vauvert

Photographie personnelle

Accès à la ZRV de Marguerittes

Photographie personnelle

jardin. L'ouvrir au public mettrait en valeur la station d'épuration voisine et requalifierait l'espace positivement.

La zone de Vauvert est finalement intégrée à un parc complètement accessible au public, alors que celle de Marguerittes est clôturée. Des visites sont tout de même organisées, mais le grand public ne peut pas y accéder seul. Pourquoi une telle différence de traitement ? En effet, les deux communes appartiennent au même département, elles ont subi la même commission de sécurité, quasiment en même temps,...

Il faut croire que la volonté de la commune a un impact sur la décision prise par la commission de sécurité. La seule condition pour que la zone de rejet végétalisée de Vauvert soit ouverte librement au public était la mise à disposition d'un gardien tous les jours. Celui-ci s'occupe également de l'entretien de la zone, il ne fait donc pas vraiment de surveillance, mais il est disponible en cas de problème majeur. En fait, il est surtout là pour prévenir les utilisateurs et répondre aux questions de ceux ci. En rendant des parcs comme celui-ci accessible, les utilisateurs se questionnent à propos de l'impact des végétaux. Il y a donc une prise de conscience de la part du grand public depuis quelques années.

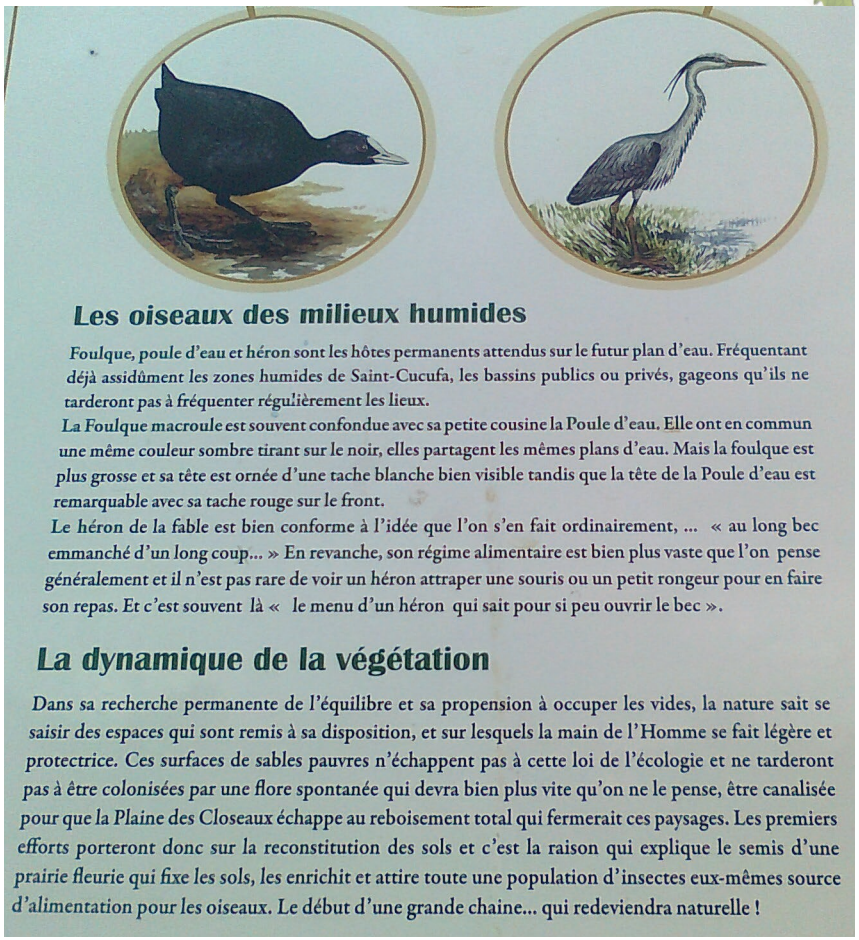
2. Le rôle formateur de la végétation

En ouvrant ces zones au grand public, de nombreuses personnes s'intéressent et se questionnent sur le rôle de ce parc, proche de la station d'épuration. Des panneaux explicatifs sont donc disposés dans le parc. La végétation joue un rôle formateur.

A. Des procédés minimes qui changent le quotidien

La dépollution en amont, ou préventive peut en effet se faire de plusieurs manières. Une façon très simple, déjà utilisée dans l'histoire est de marquer les routes par un alignement d'arbres. Cette technique crée une réduction visuelle de la route, et incite donc le conducteur à ralentir de son plein gré. En circulant moins vite, le conducteur utilise moins d'énergie pour se déplacer. Les arbres absorbent aussi une partie du CO_2 émis par le véhicule. L'air est donc moins pollué que si les arbres n'avaient pas existé.

Pancartes explicatives dans le parc naturel urbain de Rueil



Les oiseaux des milieux humides

Foulque, poule d'eau et héron sont les hôtes permanents attendus sur le futur plan d'eau. Fréquentant déjà assidûment les zones humides de Saint-Cucufa, les bassins publics ou privés, gageons qu'ils ne tarderont pas à fréquenter régulièrement les lieux.

La Foulque macroule est souvent confondue avec sa petite cousine la Poule d'eau. Elle ont en commun une même couleur sombre tirant sur le noir, elles partagent les mêmes plans d'eau. Mais la foulque est plus grosse et sa tête est ornée d'une tache blanche bien visible tandis que la tête de la Poule d'eau est remarquable avec sa tache rouge sur le front.

Le héron de la fable est bien conforme à l'idée que l'on s'en fait ordinairement, ... « au long bec emmanché d'un long coup... » En revanche, son régime alimentaire est bien plus vaste que l'on pense généralement et il n'est pas rare de voir un héron attraper une souris ou un petit rongeur pour en faire son repas. Et c'est souvent là « le menu d'un héron qui sait pour si peu ouvrir le bec ».

La dynamique de la végétation

Dans sa recherche permanente de l'équilibre et sa propension à occuper les vides, la nature sait se saisir des espaces qui sont remis à sa disposition, et sur lesquels la main de l'Homme se fait légère et protectrice. Ces surfaces de sables pauvres n'échappent pas à cette loi de l'écologie et ne tarderont pas à être colonisées par une flore spontanée qui devra bien plus vite qu'on ne le pense, être canalisée pour que la Plaine des Closeaux échappe au reboisement total qui fermerait ces paysages. Les premiers efforts porteront donc sur la reconstitution des sols et c'est la raison qui explique le semis d'une prairie fleurie qui fixe les sols, les enrichit et attire toute une population d'insectes eux-mêmes source d'alimentation pour les oiseaux. Le début d'une grande chaine... qui redeviendra naturelle !

Photographies personnelles

Route bordée d'arbres (30)

C'est le même raisonnement qu'a tenu Marc Verdier lorsqu'il a imaginé le parc infiltré du quartier Bianca Maria à Vandoeuvre. Il s'agit d'un parc très peu large qui passe au milieu du quartier projeté. Il fait entre 5 et 10 m de large au maximum. Bien que les plantes qui s'y développent ne soient pas spécialisées dans une technique de phytoremédiation particulière, l'ambiance globale du parc incite les habitants à se déplacer à l'aide de modes de transports doux. La pollution qui aurait été engendrée par les déplacements en véhicule motorisé n'étant pas développée, à terme l'air de ce quartier sera plus sain que dans d'autres du grand Nancy.

La végétalisation des espaces inciterait donc à utiliser davantage les modes de transport doux et à respecter l'environnement, c'est une des raisons pour lesquelles la végétation a une place de choix dans tous les nouveaux projets urbain.

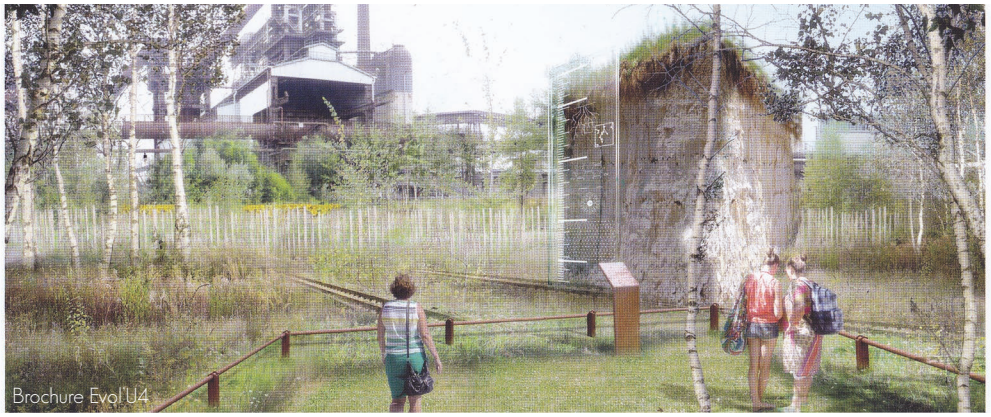
B. Des expériences formatrices et porteuses d'espoir

D'autres expériences sont menées, à plus grande échelle. C'est le cas au Parc du haut fourneau U4 à Uckange. En effet, ce parc évoqué précédemment est actuellement une grande étendue polluée par les restes des hauts fourneaux de Uckange. Plusieurs types de polluants sont présents dans ces sols. Le terrain et le bâtiment restant étant classés, aucune construction ne doit voir le jour rapidemment. Le temps n'est donc pas compté comme dans la plupart des cas en ville. Le projet ici est de créer un parc qui attirerait le visiteur à visiter aussi les hauts fourneaux. L'intérêt d'un visiteur pour l'un l'amènerait également à visiter l'autre. A côté un port va aussi être réaménagé.Voilà les raisons pour lesquelles le projet de tester plusieurs techniques de phytoremédiation sur ce site a été accepté.

Plusieurs ilots seront découpés, et chaque ilot comportera plusieurs petites parcelles. Dans chaque parcelle seront testées des techniques différentes de dépollution, telles que la phytoextraction, la phytostabilisation, ...
Ce parc sera ouvert librement au public en journée, et des pancartes explicatives seront disposées aux points clés du parc.

Exemple d'aménagement d'un quartier de l'ilot Bianca Maria à Vandoeuvre

Perspective d'aménagement du parc Evol'U4



Ce parc a donc comme visée principale de présenter aux visiteurs l'enjeu du site et à travers cet enjeu, les nouvelles techniques de dépollution peuvent être testée sur un site plus grand que des échantillons de laboratoire.

Ainsi, l'évolution des végétaux, et de la biodiversité en général pourra être étudiée à Uckange afin de voir l'impact de la dépollution sur ceux-ci.

Cela permettrait également de réintroduire une biodiversité en ville. C'est aussi ce qu'a essayé de faire Claire Alliod en projetant des bassins écologiques sur le campus d'Artem. La réintégration d'une biodiversité en milieu urbain permet de former la population a un nouveau mode de vie, de respect de l'environnement. Par exemple, Claire Alliod a pensé aux bassins écologiques sur le campus d'ARTEM pour permettre aux étudiants de cohabiter avec une nouvelle biodiversité. L'école des Beaux-Arts étant associée au projet, le but est que les étudiants viennent dessiner à proximité de ces bassins. Ils observeraient donc de nombreux animaux comme des crapaux ou des libellules (nimphes à corps de feu) et en parleraient autour d'eux. Il y aurait donc une prise de conscience générale et, à terme, un changement d'attitude vis-à-vis de l'environnement en général.

3. Apporter une biodiversité en ville

Le but principal des bassins écologiques est quand même la réintégration d'une biodiversité en ville. En effet, les habitants du quartier Blandan à côté du campus ARTEM peuvent depuis peu observer de nouveaux voisins. Il s'agit en fait des crapauds et des autres animaux qui arrivent à proximité du bassin. Qui dit crapauds dit insectes, et ainsi la chaine se met en route. Des libellules (des nymphes au corps de feu), ... se développent désormais en plein centre-ville de Nancy, ce qui aurait été improbable il y a encore quelques années.
Par ailleurs, des apiculteurs essayent de réintroduire les abeilles en ville. Cependant, pour cela, il faut des fleurs à butiner. C'est la raison pour laquelle des ruches investissent des toitures végétalisées comme celle du centre commercial Beaugrenelle à Paris.

Enfin, les murs végétalisés attirent aussi des animaux. Il s'agit en particulier des oiseaux. On observe l'arrivée de plus en plus d'oiseaux autres que des pigeons. La végétalisation en est pour beaucoup. En effet, la végétation attire les animaux et leur donne un cadre de vie plus

Réintégration de la biodiversité en ville

Apiculteurs sur le toit du centre commercial Beaugrenelle

sain, tandis que les grandes tours vitrées sont invisibles pour les oiseaux qui s'assomment en entrant en colision avec.

Rapporter végétaux en ville permettrait donc d'améliorer nettement notre cadre de vie, en diminuant et en favorisant le développement de la biodiversité et de la formation de la population au respect et à la connaissance de son environnement.

Sources

Entretiens :

- Sophie Guimont et Lucas Gossiaux
- Cendrine Jechoux
- Benoit Chancerel
- Régis Stenger

- quartier Biancamaria : *http://www.vandoeuvre.fr/*

- Centre commercial Beaugrenelle : *www.m6replay.fr : Beaugrenelle, le centre commercial du futur*

- Zones de rejets végétalisées : *www.phytoserpe.com*

- Parc Evol'U4 : http://www.haut-fourneau-u4.fr/
  Brochure récupérée sur place : *Projet Evol'U4*

- Législation : *http://www2.ademe.fr*
  http://www.ineris.fr/

TECHNIQUE	PRINCIPE / ELÉMENT	TEMPS	DURÉE DE VIE	COÛT	VISUEL	SURFACE	ATOUTS	LIMITES
Jardin filtrant	filtration des eaux polluées	formation du jardin en 1 an. Dépollution des eaux en quelques jours	longue si entretenu comme un jardin	abordable : 150e/m^2	jardin classique avec bassins	2m^2/habitant	filtration des eaux sortantes de la STEP	besoin de place entretien
Zone de rejet végétalisée	filtration des eaux sortantes de la STEP	formation du jardin en 1 an. Dépollution des eaux en quelques jours	végétaux à renouveller de temps en temps en fonction des espèces	abordable : 10e/m^2	jardin / parc classique avec bassins	3m^2/habitant	parc qui assaini l'eau Prix, Sécurité	Surveillance obligatoire
Mur végétalisé Toiture végétalisée	Assainissement de l'air voisin	formation rapide. Dépollution en quelques jours	végétaux à renouveller de temps en temps en fonction des espèces	cher : 450e/m^2	ponctuation végétale dans la ville	en fonction du type de bâtiment	visuel, thermique, acoustique	Prix/ durée de vie/ entretien
Phytoextraction	Transformation des particules polluantes	Dépollution en 10 ans en moyenne	10 ans	Assez cher : en fonction de la concentration et des végétaux	prairie	1 ha pour 7 tonnes de polluants	peu d'entretien	durée d'action
Phytodégradation	Dégradation des particules polluantes	Dépollution en 10 ans en moyenne	10 ans	Assez cher : en fonction de la concentration et des végétaux	prairie	1 ha pour 7 tonnes de polluants	peu d'entretien	durée d'action
Bioferme	Elimination des particules polluantes	Formation en quelques mois. Dépollution en quelques jours	végétaux à renouveller de temps en temps en fonction des espèces	très cher : déplacement des terres visciées et nettoyées	ferme associée à un jardin filtrant	6000m^2 pour 30000 tonnes/an	hors site, déplacement des terres	prix
Mares Biologiques	Attraction de la biodiversité	Formation en au moins un an. Installation de la biodiversité ensuite.	longue en fonction du contexte. Plus de 10 ans	5e/m^2	ferme associée à un jardin filtrant	quelques m^2, en fonction de la biodiversité attendue	réintégration de la biodiversité, cout	population à éduquer
Station d'épuration à filtre planté de roseaux	Assainissement des eaux usées	Formation en un an. Cycle en 3-4 jours	changement des roseaux tous les 30 ans	même prix qu'une station classique	prairie haute	4 à 7m^2/habitant	insertion dans le paysage, cout	surface utilisée
Substrat nouveau	Création de nouveaux substrats	Formation rapide	en fonction de l'entretien	peu cher : reprise de déchets triés	substrat classique	en fonction du besoin pour les végétaux	cout, innovation	expériences trop récentes
Stockage Confinement	Trouver une fonction aux terres polluées	En fonction du temps d'exécution	très longue - bâche à surveiller de temps en temps	peu cher : entre 0 et 50e/m^2	visuel voulu - revêtement souhaité	en fonction de la surface à stocker et de la surface disponible	peu cher, création de dénivelés	risque de fuites
Photosynthèse	Transformer CO_2 en O_2	Formation en fonction des végétaux	en fonction des végétaux	gratuit - se fait directement quand un végétal évolue	visuel voulu en fonction du végétal	pas de surface particulière - biologie des végétaux	assainissement de l'air, peu cher	marche que en journée
Route bordée d'arbres	Faire ralentir les automobilistes pour assainir l'air	Action immédiate une fois les arbres poussés	très longue	prix des arbres	chemin bordé de végétaux	en fonction des arbres	ralentissement des automobilistes, ombre	risque d'accidents

Conclusion

Bien que chacun des acteurs ait un avis différent sur le sujet, la phytoremédiation est un sujet à développer pour rendre la ville plus saine bien qu'il soit complexe. Certains acteurs croient entièrement à ces découvertes, d'autres n'y croient pas malgré les preuves. Certains ont un avis plus mitigé, qui est celui d'avoir besoin des plantes certes, mais peut être seraient elles plus efficaces associées aux nouvelles technologies. Des rencontres avec en particulier Claire Alliod, paysagiste nancéienne, Benoit Chancerel, spécialisé en zones de rejets végétalisés, Lucas Gossiaux, en charge du projet LORVER, et Laurent Brasley qui participe à la création de stations d'épurations vertes permettent de prendre conscience de l'importance de ces nouveaux phénomènes dans notre environnement proche.

Ce procédé peut aussi bien être mis en œuvre par des particuliers que par des professionnels. En effet, on observe aussi bien des maisons avec assainissement autonome à l'aide de plantes que des entreprises ou des associations qui amènent ces techniques dans les espaces publics. C'est par exemple le cas de l'Etablissement Public Foncier de Lorraine. Cet organisme met en œuvre parfois des techniques de phytoremédiation pour dépolluer des terrains récemment achetés dans le but de les revendre pour la mise en œuvre d'un nouveau projet. Le projet Lorraine Verte utilise également la phytoremédiation pour dépolluer des terrains lorrains dans le but de les rendre à l'agriculture.

En comprenant et en analysant les différents avis recueillis à travers plusieurs points clés, les avantages et les inconvénients de cette nouvelle technique verte peuvent être répertoriés, dans le but de comprendre quels éléments intégrer en ville et comment.
Dans un premier temps, le stade du projet auquel ou à partir duquel la phytoremédiation intervient est primordial. Il est en effet déterminant pour la suite du projet et pour le développement de la ville. L'utilisation de la phytoremédiation doit en effet être pensée en amont d'un projet. Elle peut aussi être amenée en aval dans le but de dépolluer un site particulier, comme un ancien site industriel ou des sites voisins de grands axes routiers.
Par ailleurs, le temps est déterminant dans le processus de phytoremédiation. En effet, ces techniques demandent un temps assez long pour se développer. Elles paraissent demander plus de temps que le temps de la ville en lui-même.

Conclusion

Cependant, ce temps de développement peut aussi être un avantage, du fait que la ville se construit au fur et à mesure. La ville pourrait alors se construire à partir de ces nouvelles techniques de dépollution, d'épuration, d'axes végétalisés, etc... Une question primordiale serait donc de faire coïncider le temps de la ville et le temps de la phytoremédiation, aussi différents soient-ils. La phytoremédiation pourrait-donc elle être une condition pour qu'une ville se développe correctement ?

La multiplicité des principes de phytoremédiation utilisés peut surement être une réponse partielle pour faire coïncider ces temps distincts. Le ou les principe(s) seront sélectionnés aussi bien en fonction des qualités que des inconvénients du site concerné. La cristallerie de Saint Louis les Bitche préfèrera par exemple installer des jardins filtrants alors qu'une ville comme Paris optera pour la mise en place de murs végétalisés dans le but de réduire le bruit et la pollution automobile. La question de l'échelle du projet est donc primordiale.

La phytoremédiation concerne actuellement surtout des espaces qui lui sont entièrement dédiés. Cependant, un des axes principaux de développement des espaces urbains est la mise en place de la mixité sur l'ensemble de la ville. La modularité, la malléabilité est un point clé de l'avenir. L'enjeu du développement de la phytoremédiation serait donc de rendre les sites concernés par celle-ci mixte. Il s'agit par exemple du parc du chemin de l'ile à Nanterre, qui est aussi une station d'épuration verte. Les enjeux de cette nouvelle technique sont donc de répondre à un double enjeu : dépolluer et éduquer.

Le problème soulevé par cette envie, ce besoin de mixité est l'adaptation de la législation à ces espaces. Les lois en vigueur ne prennent pas forcément en compte tous les éléments qui qualifient les espaces concernés. Souvent, les projets ne peuvent donc pas être accessibles au public.

De par les lois draconiennes concernant l'hygiène, la population n'est pas informée -ou pas assez-des nouvelles techniques d'épuration. Certains habitants sont donc sceptiques par rapport à ces nouveaux procédés. Comment la population appréhende-elle cette évolution de la société ? La réponse souvent donnée par les

détracteurs de ces techniques est : « oui mais, que faire de ces végétaux ? ». Ils dénoncent en effet le recyclage de ces plantes. C'est, vrai, comment les plantes, qui sont les principales actrices de la phytoremédiation sont-elles ensuite recyclées ?

Des sociétés tentent quand même de trouver un usage ou une place à ces végétaux. Il s'agit par exemple de la société Valterra et de son projet Siterre. Aussi, dans d'autres pays, les substrats ou les végétaux pollués sont utilisés pour construire des routes, des murs anti bruits, ...

Sous le terme phytoremédiation se cachent donc de tout point de vue des techniques primordiales pour le développement futur des villes. Les chercheurs tentent en fait de reproduire ce que la nature tend à faire seule sur des plus petites échelles, des plus petits espaces. C'est ce que prônent les artistes ou certains inventeurs : les procédés naturels sont mis en valeurs et étudiés pour trouver le fonctionnement de la ville future. Le but est de les reproduire avec les éléments qui posent problème en ville dans le but de les améliorer ou de les absorber, effacer, transformer.

En fait, avant l'ère industrielle, la nature dominait la ville, la vie des citadins. Depuis, la tendance s'est inversée : l'homme a voulu dominer la nature, faire ce dont il avait besoin où il en avait l'envie. Cependant, ces deux branches sont indispensables pour évoluer. Qui doit dominer? Pourquoi? La solution ne serait elle pas un compromis entre activité humaine et développement végétal et naturel de la ville? La ville future idéale serait alors surement l'harmonie entre l'activité humaine et le développement de la nature, de la végétation.

La phytoremédiation, prise telle quelle avec ses avantages et ses inconvénients, serait peut etre encore plus efficaces associée aux techniques plus complexes qui existent déjà? Ne serait-ce finalement pas un vecteur d'amélioration de ce qui existe déjà en terme de dépollution?

Phytostabilisation polluants LOIS

respect RECYCLAGE

AIR épuration TRANSFORMER

TEMPS protéger Sols

PHYTOREMÉDIATION

TECHNIQUE fleurs arbres

terres compromis VILLE

harmonie effacer EAUX

demain MÉTAUX ABSORBER

Remerciements

Dans un premier temps, je tiens à remercier Patrice Loosdregt, qui m'a accompagnée depuis la 1ère S sur le sujet de la phytoremédiation. D'abord dans le cadre de mon TPE pour le Baccalauréat, puis dans le cadre du mémoire de fin de licence en architecture. Il m'a accueilli à deux reprises à la cristallerie de Saint Louis les Bitches pour échanger sur le sujet.

Dans un deuxième temps, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont bien voulu m'accueillir pour me faire découvrir les différentes faces de la phytoremédiation et ses différents points de vue.

Un grand merci à :

- Claire Alliod, paysagiste nancéienne, qui m'a apporté beaucoup dans l'élargissement de mon sujet par la découverte des mares biologiques,
- Régis Stenger et Cécile Millard, qui m'ont donné le point de vue de l'Etablissement Public Foncier de Lorraine et leur démarche particulière vis à vis du traitement des sols pollués,
- Lucas Gossiaux et Sophie Guimont de la société Valterra pour leur échange à propos de la reconstitution de nouveaux substrats
- LQE pour la journée découverte des toitures végétalisées à Nancy,
- Benoit Chancerel pour son accueil et ses visites des zones de rejets végétalisées de Vauvert et Marguerittes,
- Laurent Brasley, de la société B3ESH pour son accueil et ses explications à propos de l'utilisation des végétaux dans le rendement épuratoire,
- Cendrine Jechoux pour son accueil à Uckange au sein du par du Haut Fourneau Evol'U4.

Un grand merci à eux tous de m'avoir répondu positivement et d'avoir pris le temps de m'écouter puis de m'expliquer leur point de vue sur le sujet.

Enfin, un grand merci à François Nowakowski, pour m'avoir suivi et accompagné dans le cadre de mon mémoire de fin de licence, bien que ma démarche ait été particulière de par l'appui sur de nombreux entretiens pour le construire.

Patrice Loosdregt, Responsable Travaux Neufs et environnement à la cristallerie de Saint Louis les Bitche

Le jardin filtrant, espoir à améliorer, renouveler ?

Le jardin filtrant, censé dépolluer les eaux sales rejetées par la cristallerie est actuellement en stand-by. En effet, il ne fonctionne plus comme à ses débuts. L'eau qui sort des filtres végétaux n'est pas dépolluée. L'entreprise recherche actuellement une solution pour rentabiliser à nouveau le jardin, quitte à associer cette technique verte à d'autres techniques.

Des pistes de recherches, des contacts

Patrice Loosdregt recherche actuellement une solution pour donner une nouvelle vie au jardin filtrant de la cristallerie. Pour cela, il est allé au salon Pollutec à Paris, et a échangé avec de nombreux contacts sur le sujet de la phytoremédiation. Ainsi, il a pu m'orienter vers plusieurs entreprises/contacts, tels que :

- L'entreprise Melting Pot

Ces jeunes entrepreneurs ont mis au point plusieurs techniques de dépollution, dont une technique de végétalisation de toiture associée à l'utilisation de coquilles de moules. Cette technique permettrait d'avoir un air plus sain et de valoriser les déchets.

- Noelle Vix Charpentier, Architecte urbaniste

Ayant participé à l'élaboration du Plan Local d'Urbanisme de Saint-Louis-lès-Bitche, elle essaye de mettre en avant les végétaux dans différents projets.

- Agence Française du Développement : Cette société utilise les plantes pour assainir l'eau dans plusieurs projets, tels que le projet libellule par exemple.

Valoriser au lieu de détruire

Pour patrice Loosdregt, il faut valoriser avant de penser à détruire ce qui existe. Ce n'est donc pas parce que le jardin ne filtre plus correctement les eaux qu'il doit être oublié et détruit. Il cherche une solution pour le rentabiliser à nouveau.

Associer phytoremédiation et technologies

Pour cela, il se tourne vers des solutions plus technologiques. Il pense en effet qu'en associant les technologies aux qualités épuratrices des plantes il pourrait arriver à obtenir un rendement meilleurs pour dépolluer les eaux sales de la cristallerie.

Claire Alliod, Paysagiste à Nancy

Les bassins écologiques d'ARTEM

N'ayant pas une réelle qualité dépolluante, les bassins écologiques d'artem ne fonctionneraient quand même pas sans les plantes qui le composent. En effet, celles-ci changent la qualité chimique de l'eau et empêchent la prolifération des algues qui altéreraient le bassin. Ce travail a été inspiré par les bassins biologiques du jardin naturel à Paris. Philippe Jacob est la personne qui a conçu ces bassins. Dans ces bassins, les plantes permettent un équilibre et permettent à la biodiversité de se développer. Pour cela, il doit y avoir au minimum 1/3 de la surface du bassin couverte de plantes.

Les stations d'épuration par lagunage / Filtre planté de roseaux.

La société B3ESH travaille sur ce type de station d'épuration, qui a priori fonctionne mieux que les jardins filtrants. Claire Alliod m'a donc conseillée de contacter Yves de Belly ou Laurent Brasley pour comprendre ce phénomène.

Le végétal peut aussi agir sur l'air

D'après Claire Alliod, le végétal climatise : par exemple, on dit de la forêt qu'elle symbolise « les poumons de la planète ». A une plus petite échelle, les toitures végétalisées permettraient donc de climatiser la ville. Le principe des murs végétaux serait donc identique aux toitures végétalisées.

Un rôle pour la nature en ville ?

La nature devrait donc avoir un rôle en ville, pour que les citadins ne puissent plus s'en passer. Elle pourrait en effet avoir un rôle de service, de loisir, de santé, ...

LE PROJET LORVER, TRAVAIL SUR LA NATURE EN VILLE

Fruit d'un travail de recherche de 5 ans, le projet LORVER a pour but de ramener la nature en ville par le biais de terres polluées par les usines. Le principe de ce projet est de produire des biomasses à partir de sites délaissés, et de construire des sols à partir de déchets de sous-produits. Ce projet a donc de nombreux avantages tant au niveau paysager qu'économique. En effet, pour rendre un terrain à nouveau végétalisable, il faut :

-soit dépolluer

- soit amener de la terre végétale par-dessus la terre polluée

- soit reconstituer un sol sain à partir de sous-produits divers. Ces sols peuvent être constitués : de terres polluées préalablement chauffées, de morceaux de papeterie, de matières organiques, ... Le but est en fait d'intégrer du foncier dans le circuit économique.

L'inconvénient de ce projet est la non-conformité à la législation. En effet, ces techniques étant récentes, les lois n'en tiennent pas compte. Du point de vue de la législation, les déchets doivent aller à la décharge.

VALTERRA est donc en train de construire la démarche avec la DREAL pour adapter la loi à ce type de projet, qui n'est en soit pas dangereux donc qui pourrait être réalisé. L'action menée par VALTERRA auprès de la DREAL est donc d'élargir le champ des déchets et de les catégoriser pour en autoriser certains à certaines utilisations. Pour tester les différents matériaux, une station expérimentale est construite à Homécourt.

Le principal problème / inconvénient vis-à-vis de cette technique est le temps pour réaliser les différentes expériences. En effet, les végétaux mettent longtemps à grandir et à devenir productifs. Cependant, ces techniques pourraient être utilisées au moins pour intégrer des espaces dans leur paysage environnant.

Le ressenti des citadins vis-à-vis de ce projet est plutôt positif. Ils trouvent ce projet innovant, intéressant mais ont peur car il sort des sentiers battus. Cependant, les expériences scientifiques rassurent et cadre le projet.

Entretien avec Lucas Gossiaux et Sophie Guimont,
entreprise VALTERRA

LE PROJET SITERRE : INTÉGRATION DE NATURE EN VILLE

Ce projet a pour but de réaliser des milieux urbains en trouvant des alternatives aux matériaux nobles. En effet, ce projet met en avant que les déchets locaux peuvent réaliser des substrats. Ces déchets peuvent être : de la brique, des tuiles, des feuilles, des terres excavées urbaines,... Des expérimentations sont menées à la station expérimentale d'Homécourt. Ce projet montre clairement que les plantes peuvent pousser sur des déchets.

Pour ce projet, le temps est moins problématique : puisque la plante constitue seulement un élément visuel, le temps est moins compté.

Les déchets utilisés par ces projets sont catalogués dans le catalogue européen des déchets. Seuls les déchets non dangereux et inertes peuvent être utilisés.

D'autres matériaux, tels que briques, compost, terres excavées, boues d'épuration, béton concassé, tuiles, morceaux de papeterie, déchets de balayage de rue, ...

Regis Stenger, Directeur Etudes et Travaux, EPFL

Le temps, donnée primordiale difficile à gérer

La phytoremédiation pose un problème majeur pour l'EPFL : Les plantes mettent longtemps à grandir et à fonctionner. De plus, les terrains dont s'occupe l'EPFL sont généralement multi pollués, et en général, une plante absorbe un polluant. Il n'existe pas à ce jour de plante magique...

Gérer la pollution, et non dépolluer

Deux sortes de friches existent :

- Des friches qui ne sont pas encore vouées à un projet. L'utilisation de la phytoremédiation sur ces friches pourrait être envisageable, mais ce procédé serait trop long. Elle pourrait cependant changer l'image du terrain concerné.
- Des friches transitoires. Ces friches sont contraintes à des crédits de 4 ans. La phytoremédiation ne serait donc pas assez rapide pour dépolluer ces sols. La mission ne peut pas durer plus de 4 à 5 ans car la concurrence poserait problème. De plus, Régis Stenger n'est pas sûr que la phytoremédiation peut régler les problèmes : il recherche une cohérence entre le futur et l'état du sol à venir. La dépollution n'est donc pas vraiment le maitre mot de l'EPFL. L'EPFL ne dépollue pas forcément les sols qu'elle traite. Pour améliorer la situation, elle cherche en général la source de pollution dans le but de l'enlever. Si la pollution est trop forte, l'entreprise pratique l'excavage des terres polluées pour réutiliser ces terres sous les routes.

La phytoremédiation ne présente pour lui pas encore assez de garanties. Elle est également couteuse. En plus, elle incite à la biodiversité et à la recolonisation des espèces. Cette biodiversité est vécue négativement par l'EPFL car elle apporte trop de contraintes pour les projets futurs.
De plus, la législation a rehaussé les seuils en termes de dépollution. La loi ALUR 173 et le BRGM règlementent cela.
Les Biofermes pourraient être une solution, mais il faudrait en trouver régulièrement sur tout le territoire, dans le but de ne pas payer trop de transport de terre.

D'autres contacts...

Lors de cet entretien, Régis Stenger a évoqué d'autres contacts et projets qui pourraient être intéressants puisqu'ils traitent de phytoremédiation.
La communauté de commune du Val de Fensch (CAVF) gère le parc du haut fourneau, Evolu 4. Il était au paravent constitué de friches industrielles, et est désormais devenu un vrai jardin d'agrément. Cendrine Jechoux gère actuellement ce parc.
Emanuelle DESPRES de l'AMREF pourra aussi m'apporter quelques éléments sur le sujet.

La phytoremédiation, des idées mais pas assez de recul

Pour Laurent Brasley, les plantes ont un rôle dans la dépollution. Cependant, il pense que les projets réalisés n'ont pas encore assez de recul pour en tirer les conséquences. Il a cependant tenté une expérience à Crevechamp. Un fossé a été réalisé en aval de la station d'épuration, et il a laissé les végétaux recoloniser cet espace. Il part du principe que si une plante vient naturellement s'implanter à un endroit, c'est qu'elle y est nécessaire.

L'utilisation des plantes dans le cadre des microstations d'épuration

Les microstations d'épurations peuvent fonctionner avec des plantes. Cependant, elles peuvent aussi fonctionner sans les végétaux. Les végétaux apportent seulement une amélioration. Les végétaux concernés sont des roseaux. Le principe d'une microstation d'épuration est d'envoyer des eaux usées en grande quatitée dans un bassin rempli de sable. Le sable filtre les particules et des drains récupèrent l'eau propre. L'opération est réalisée autant de fois qu'il le faut en fonction du niveau de pollution de l'eau injectée. Les roseaux, plantés dans le sablent permettent à celui-ci de bouger, d'être continuellement en mouvement. Ces mouvements permettent au sable de ne pas former de « croute » dans la partie supérieure, et donc de mieux filtrer les eaux usées infiltrées.
Le principe s'apparente aux Zones de rejets végétalisées, mais Laurent Brasley ne connait pas assez ce principe pour en parler.
Cependant, il a pu partager de nombreux documents (publics et personnels) pour le visuel du mémoire. Il s'agit entre autre de rapports de l'agence de l'eau, de photos personnelles de chantiers, et de stations qui fonctionnent,... Cet entretien mènera surement à une visite de mise en fonctionnement d'une microstation d'épuration à sable planté de roseaux.

Des critères particuliers

Pour construire une station d'épuration à filtre sableux plantés de roseaux, il faut de la place (environ 1 à 3 fois plus de place que pour une station d'épuration classique). Il faut aussi regarder d'autres paramètres tels que le cout, le rendement épuratoire, et la topographie. Les avantages sont le cout et la gérance, tandis que l'inconvénient principal est la place que prend la station.

Laurent Brasley, Responsable de la société B3ESH

Des contacts...

Cet entretien a apporté un échange de contacts. En effet, j'ai pu lui conseiller Benoit Chancerel, expert en zone de rejet végétalisées. De son coté, il a pu me conseiller de contacter Isabelle de Mortier pour en connaitre plus sur le fossé de la commune de Crevechamp. En effet, des études devaient être menées sur cet ouvrage précurseur.
Il va aussi me faire parvenir deux autres contacts : un de l'agence de l'eau, et un autre au conseil général, qui s'occupe des projets précurseurs comme celui de la commune de Crevechamps.

Visite des Zones de Rejet Végétalisées avec Benoit Chancerel, responsable secteur phytoépuration de la société Serpe

La phytoremédiation, une nouvelle lecture de la ville ?

Pour Benoit Chancerel, la phytoremédiation est un processus qui peut s'intégrer en milieu urbain. Il s'appuie en effet sur les exemples des pays plus avancés que la France pour se justifier. Pour lui, le but de la phytoremédiation est de reproduire artificiellement ce que fait la nature en un temps long.

Les zones de rejet végétalisées, une sécurité de la station d'épuration

La station d'épuration permet de rendre une eau viciée propre, mais il reste toujours des microdéchets qui sont rejetés en milieu naturel à la sortie des installations. Benoit Chancerel a essayé de trouver un procédé qui permettait à la fois de créer une sécurité à la station d'épuration et également un nettoyage, une dépollution plus poussée de l'eau traitée. A la sortie de la station d'épuration, l'eau contient en effet principalement des hormones féminines et des résidus médicamenteux, qui gênent le développement de la biodiversité dans le milieu naturel. Les zones de rejets végétalisées permettent de diminuer la concentration de ces composants chimiques dans l'eau. Elle permet aussi à celle-ci d'être en contact avec la biodiversité de manière plus progressive, et ainsi de se protéger plus facilement.

Un sujet plus développé dans le sud...

Les ZRVs sont plus développées dans le sud car l'eau est une ressource plus rare. Les communes sont donc soumises à des règles plus strictes vis-à-vis de l'eau et de ses composants,...

Des plantes spéciales...

Les ZRVs sont composées de plusieurs filtres, qui ont chacun leur action.

Deux zones principales composent le système : une première qui permet de décanter, de filtrer des gros déchets, et une seconde, qui permet d'absorber certains composants et d'oxygéner l'eau.

Les différents filtres sont horizontaux, verticaux, dans l'eau, sur le sol, ... Chaque filtre est composé de certaines plantes, qui favorisent son fonctionnement.

Des ressources ...

Ces ZRVs sont l'objet de nombreuses études scientifiques, qui démontrent que la zone a un réel impact positif sur l'environnement.

Aussi, elle a un effet secondaire. La zone de Vauvert est en effet ouverte au public et ainsi transformée en parc. Elle a donc un rôle éducatif vis-à-vis des usagers du parc.

Un parc classé soumis à des règles, mais à valoriser

Le parc du haut fourneau, désormais classé de par la présence du haut fourneau U4 restant de l'usine de Uckange est un espace à préserver et à protéger. Cependant, il est fortement pollué de par son histoire de fonderie.

Ces terres étant marquée par un passé industriel fort, leur avenir était en question depuis le début des années 2000, jusqu'à l'élaboration d'un projet dans le but de le rendre plus attractif vis à vis du public. En effet, les habitants de la commune de Uckange ne trouvaient pas que la présence du fourneau U4 était un atout, jusqu'à l'élaboration d'un projet de mise en valeur il y a peu.

Cette mise en valeur a en fait plusieurs buts. Il s'agit dans un premier temps de péréniser le site en professionnalisant le patrimoine. Des visites des restes industriels et un jardin nommé jardin des traces ont été concus, avec l'artiste Claude Lévêque.

Plusieurs avenirs possibles

En 2010, l'avenir du site est requestionné suite au festival des arts du cirque et de la rue. En effet, plusieurs avenirs s'offrent à celui-ci :

- un scénario type Esch-Belleval, c'est à dire la construction d'un nouveau quartier autour de l'industrie ancienne.
- créer un musée en gardant le site tel quel, pour montrer les conditions de travail.
- un autre projet permettant de renforcer la mémoire ouvrière.

Un centre d'interprétation qui met en avant la mémoire des ouvriers.

Le parti qui a été choisi est celui de la mémoire ouvrière. Il a été associé à la création d'un centre d'interprétation sur ces terres particulières. En effet, ces terres polluées peuvent être un endroit expérimental dans le but de tester l'évolution des plantes sur ce type de substrat. Il s'agit en fait de créer différents types de jardins, pour constater, et étudier leur évolution au fur et à mesure du temps. Il s'agit donc en fait d'un vrai laboratoire expérimental à échelle réelle.

Rencontre avec Cendrine Jechoux,
Chef du projet Evol'U4 et chargée de mission patrimoine
et tourisme au parc du haut fourneau U4 à Uckange

Un laboratoire expérimental...

Ce laboratoire, pensé par des chercheurs lorrains du GIFSI a donc pour but de faire des tests grandeur nature. Ce laboratoire sera en fait composé de 3 types de jardins différents :

- des jardins éphémères
- des friches observatoires du milieu
- et des jardins de transformation.

Ces derniers sont composés de plusieurs techniques de phytoremédiation biologiques différents, distingués en 4 sous parties :

- l'écosystème spontané, dont la moitié des parcelles concernées seront détruites puis laissées à l'état sauvage, tandis que l'autre moitié ne seront pas détruites avant d'être rendues à la nature.
- diagnostique de dépolution des zones polluées. Plusieurs procédés y sont associés, tels que l'utilisation des plantes indicatrices, la phytostabilisation assistée, ainsi que l'oxysol.

D'autres parcelles de ce jardin seront vouées à la construction de biomasse. Dans un premier temps non alimentaire, telle que production d'énergie, de fibres, de compost,... Dans un deuxième temps, elles pourront etre alimentaires. Il pourra donc s'agir de potagers, de productions de cultures diverses, de production de fourrages d'animaux, de plantes mélifères associées à des ruches, ...

Enfin, certaines parcelles seront plantés dans le but de récupérer les métaux tels que le nickel en particulier.

Ce jardin pourra donc permettre de mettre en valeur le parc du haut fourneau, d'attirer le public et d'inciter la population d'Uckange à accepter son patrimoine et sa mise en valeur. De plus, si une dépollution est engagée par les végétaux, le jardin et le site patrimonial seront accessibles de plus en plus librement.

Une législation encore floue

Puisque ce projet n'est qu'au stade de réflexion, la légilsation vis à vis des polluants et du rôle des végétaux est encore floue. Cendrine Jechoux espère une amélioration de la législation actuellement draconnienne sur ce sujet d'ici la création ou l'ouverture au public.

Des voisins contents

Les voisins sont très contents du projet qui va se développer en face de chez eux, bien que ça n'ait pas toujours été le cas. En effet, certains étaient réticents vis à vis du projet avant sa diffusion au grand public.

Un actuel jardin des traces qui vise déjà gérer la pollution actuelle.

En effet, le stockage des terres polluées sur le site a été entrepris pour l'ouvrir au public. Ces terres permettent en fait la création de dénivelés dans le jardin. Cela permet de créer un paysage, un visuel plus contrasté pour les espaces de passages par rapport aux jardins qui sont plus linéaires.

En fait, Cendrine Jechoux n'est pas contre la phytoremédiation. Elle est seulement clairement pour faire avec ce qu'on a où on en dispose. C'est la raison pour laquelle elle a opté pour l'excavage des terres sur le site avec l'EPFL lors des études de terrains.

BIOFERME : Espace de dépollution des sols et des boues à distance. Caractérisé par plusieurs zones de dépollution.

CANEVAFLOR : Entreprise spécialisée en mur végétal dépolluant.

COPARLY : Entreprise chargée de la surveillance de la qualité de l'air en Rhone Alpes.

EUTROPHISATION : dégradation d'un milieu aquatique lié à la surproduction d'algues.

FILTRE A TOURBE : Espace qui permet d'évacuer les eaux usées d'un espace construit.

FOSSE VEGETALISE : espace creusé permettant de laisser passer l'eau recouvert de végétaux divers.

JARDIN FILTRANT : espace végétalisé qui a pour but de traiter l'eau rejetée d'une usine par le biais des végétaux.

LAGUNAGE VERTICAL : filtre à sable planté de roseaux

MICRO ORGANISME : être vivant invisible à l'oeuil nu.

MUR VEGETALISE : espace vertical planté.

OLIGOPOLE : nombre de demandeur trop fort par rapport à la place libre existante.

PERMEABILISATION : fait de laisser passer les liquides dans un sol

PHYTOEXTRACTION : Technique de dépollution par les plantes dont la caractéristique est que la plante absorbe les métaux présents dans le sol.

PHYTODEGRADATION : Technique de dépollution des sols par les plantes dont la caractéristique est que les plantes attirent des micro organisme qui dégradent les mollécules polluantes présentes dans les sols.

PHYTOREMEDIATION : Trouver des solutions à des problèmes avec des végétaux vis à vis de la pollution.

POUZZOLANE : roche naturelle constituée par des morceaux de projections volcaniques

SPECIATION : préférence d'une plante pour un matal ou une substance particulière.

SUBSTRAT : base qui permet de reçevoir et de faire grandir des substances végétales.

TAILLIS : groupe d'arbres issus de la reproduction d'une souche particulière.

TOITURE VEGETALISEE : espace horizontal planté qui recouvre une surface construite.

ZONE DE REJET VEGETALISEE : espace aménagé entre la station d'épuration et le milieu naturel qui a pour but de sécuriser le traitement épuratoire et de rendre plus saine l'eau rejetée dans le milieu naturel.

Abréviations

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie

ARTEM : Ecole composée de trois domaines principaux : Art, TEchnologie et Management

ALUR : Loi pour l'accès au logement et un urbanisme rénové

B3ESH : Bureau Etudes Expert Environnement Structures Hydrauliques

CNRS : Centre National de Recherche Scientifique

CO_2 : Dioxyde de carbone

COV : Composé Organique Volatile

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

EPFL : Etablissement Public Foncier de Lorraine

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des RISques

LQE : Lorraine Qualité Environnement

MMH : Meurthe et Moselle Habitat

ZRV : Zone de rejet végétalisée

BIBLIOGRAPHE

La cité des plantes de Marie Paule Nougaret

L'évolution vue par un botaniste de Jean-Marie Pelt

Jardins en ville, villes en jardin, Jean Jacques Terrin

Les différents articles parus dans la presse grand public qui expliquent les projets réalisés :

Les cahiers techniques du bâtiment : dossier *Dépollution des sols*, Octobre 2009

Habitat et Société n°46 : *Le concept du mur végétal et la ville*

Les annales de la recherche urbaine n°74 : *L'entrelac du végétal et de l'urbanisation*

Le Moniteur : *Bâtiment et urbanisme : de l'intérêt des plantes*

Sitographie

http://www.futura-sciences.com

http://www.phytorestore.com/

http://www.phytoserpe.com/

http://www2.ademe.fr

http://www.epurnature.fr/fr

http://www.eaupure.fr/

http://www.phytorem.com/

http://www.vauvert.com

http://www.nimes-metropole.fr

http://www.vandoeuvre.fr

http://www.faitesrespirerlaville.com/

http://www.murvegetalpatrickblanc.com/

http://netafim.fr

http://www.ecovegetal.fr

http://www.cstb.fr/

http://www.paris.fr/

http://www.20minutes.fr/

http://www.mairie20.paris.fr/

http://epurnature.fr/

http://www.plante-et-cite.fr/

http://haut-fourneau-u4.fr/

VIDÉOGRAPHIE

- Série Naturopolis sur ARTE en 4 épisodes:
  Rio, du chaos à la ville durable

  * *New York, la révolution verte*

  * *Et si Paris se mettait au vert…*

  * *Tokyo, de la mégapole à la ville jardin….*

- 66 minutes sur M6 : reportage sur le centre commercial Beaugrenelle Paris
  Beaugrenelle, le centre commercial du futur