



AGROCAMPUS OUEST

CFR Angers

2 rue André Le Nôtre

F-49045 Angers cedex 01

SEMPERVIRENS

45, rue Lepic

75010 Paris

Mémoire de Fin d'Études

**Diplôme d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques,
Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage**

Année universitaire : 2012 - 2013

Spécialité : Paysage

Spécialisation ou option : Maîtrise d'Œuvre et Ingénierie

**La prise en compte de l'écologie dans l'aménagement des sites en contexte urbain : Application au site
du Parc des Expositions de Strasbourg**

Par : Morgan SARTIAUX

*Volet à renseigner par l'enseignant responsable de l'option/spécialisation
ou son représentant*

Date : .../.../... Signature

Bon pour dépôt (version définitive)

Autorisation de diffusion : Oui Non

Devant le jury :

Soutenu à Angers

le : 06/09/2013

Sous la présidence de : Mme Marie-Hélène MACHEREL

Maître de stage : M. Frédéric Charles AILLET

Enseignant référent : M. Christophe MIGEON

*"Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent
que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST".*

Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

Cadre lié à la confidentialité :

Aucune confidentialité ne sera prise en compte si la durée n'en est pas précisée.

Préciser les limites de la confidentialité ⁽²⁾ :

➤ Confidentialité absolue : oui non
(ni consultation, ni prêt)

Si oui

1 an 5 ans 10 ans

Le maître de stage ⁽⁴⁾,



 **sempervirens**
Frédéric-Charles Aillet - Raphaël Favory - Pierre Sarrien
paysage - urbanisme - design

45, rue Lepic 75018 PARIS, France
www.sempervirens.fr

0033 (0)1 42 57 43 93 - agence@sempervirens.fr
Siret 502043052 - Sarl capital 10 000 €

Cadre lié à la diffusion du mémoire :

A l'issue de la période de confidentialité et/ou si le mémoire est validé diffusable sur la page de couverture, il sera diffusé sur les bases de données documentaires nationales et internationales selon les règles définies ci-dessous :

Diffusion de la version numérique **du mémoire** : oui non
Référence bibliographique diffusable ⁽³⁾ : oui non
Résumé diffusable : oui non
Mémoire papier consultable sur place : oui non
Reproduction autorisée du mémoire : oui non
Prêt autorisé du mémoire papier : oui non


.....
Diffusion de la version numérique **du résumé** : oui non

➤ Si oui, l'auteur ⁽¹⁾ complète l'autorisation suivante :

Je soussigné(e) Morgan SARTIAUX, propriétaire des droits de reproduction dudit résumé, autorise toutes les sources bibliographiques à le signaler et le publier.

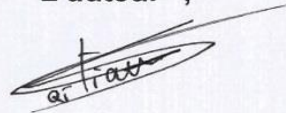
Date : 20.08.2013

Signature :

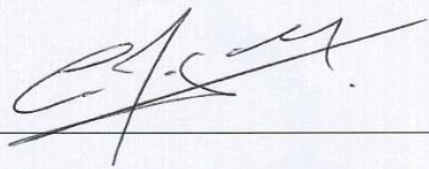


Angers, le

L'auteur ⁽¹⁾,



L'enseignant référent
ou son représentant



(1) auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

(2) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMBUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(3) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option)) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé.

(4) Signature et cachet de l'organisme

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier chaleureusement Christophe Migeon pour son écoute, son soutien sans faille et l'aide fort appréciable qu'il m'a apporté tout au long de ma formation et de mon stage.

Je remercie de même Frédéric-Charles Aillet, Raphaël Favory et Pierre Sarrien qui m'ont proposé un stage de fin d'étude riche et varié, et qui m'ont aidé par leur pédagogie et leur écoute.

Je souhaite aussi remercier Emilie Boltz et Richard Mariotte pour leur accueil chaleureux et pour les conseils qu'ils m'ont fournis tout au long de ce stage de fin d'étude.

Enfin mes remerciements vont à ma famille pour leur soutien inconditionnel.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS

TABLE DES MATIERES

GLOSSAIRE

LISTE D'ABBREVIATION

LISTE DES ANNEXES

LISTE DES ILLUSTRATIONS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| INTRODUCTION | 1 |
| 1 – L'ÉCOLOGIE URBAINE, FRUIT DE L'ÉVOLUTION DE LA PERCEPTION DES ESPACES PAYSAGERS | 2 |
| 1.1/ UNE DIVERSIFICATION DES VALEURS ATTRIBUÉES AUX ESPACES PAYSAGERS..... | 2 |
| 1.1.1. <i>Civilisations mésopotamienne, égyptienne et perse : Le jardin d'agrément, privilège des rois et reines</i> | 2 |
| 1.1.2. <i>Les jardins grecs et romains : liens religieux, culturels et sociaux</i> | 4 |
| 1.1.3. <i>Les clos médiévaux : Une recherche de l'Eden évoluant d'un but utilitaire à esthétique</i> | 5 |
| 1.1.4. <i>De la Renaissance aux Lumières : l'âge d'or du jardin d'agrément</i> | 5 |
| 1.1.5. <i>Les jardins paysagers : Poumons verts des villes</i> | 6 |
| 1.2/ L'ÉMERGENCE DE L'ÉCOLOGIE ET SON APPLICATION AU PAYSAGE | 7 |
| 1.2.1. <i>Les précurseurs de l'écologie</i> | 7 |
| 1.2.2. <i>L'écologie : du domaine scientifique à l'enjeu global</i> | 8 |
| 1.3/ L'ÉCOLOGIE URBAINE, CONSÉQUENCE DE LA GÉNÉRALISATION DE L'ÉCOLOGIE DES GRANDS ESPACES | 11 |
| 1.3.1. <i>Écologie urbaine : la mutation durable de l'espace urbain.</i> | 11 |
| 1.3.2. <i>Les particularités de l'éco-paysage urbain</i> | 13 |
| 2 – APPLICATION DES PRINCIPES DE L'ÉCOLOGIE URBAINE DANS L'AMÉNAGEMENT D'UN SITE EN CONTEXTE URBAIN | 16 |
| 2.1/ VOIES GLOBALES DE PROTECTION, AMÉLIORATION ET GESTION DES RESSOURCES ÉCOLOGIQUES EN CONTEXTE URBAIN | 16 |
| 2.1.1. <i>Mettre en place une gestion raisonnée des espaces verts existants</i> | 16 |
| 2.1.2. <i>Intégrer le végétal à la ville pour augmenter la densité des habitats.</i> | 17 |
| 2.1.3. <i>Étendre le réseau de continuités écologiques pour relier les îlots écologiques</i> | 18 |
| 2.1.4. <i>Constituer des zones de nature en ville</i> | 19 |
| 2.2/ LE FUTUR PARC DES EXPOSITIONS DE STRASBOURG, EXEMPLE DE LA PRISE EN COMPTE DE L'ÉCOLOGIE DANS UN PROJET EN CONTEXTE URBAIN : | 20 |
| 2.2.1. <i>Présentation du projet</i> | 20 |
| 2.2.2. <i>La prise en compte de l'écologie dans le projet du Futur Parc des Expositions</i> | 22 |
| 2.2.2.1. <i>Amélioration de la ripisylve des berges de l'Aar par modification de l'habitat</i> | 22 |
| 2.2.2.2. <i>gestion de la ripisylve améliorée par un cycle de perturbations graduelles</i> | 23 |
| 2.2.2.3. <i>Intérêts à l'échelle de la ville des interventions sur la ripisylve</i> | 25 |
| 2.2.2.4. <i>Mise en place de bassins plantés : création de micro-habitats en lien avec l'intérêt esthétique du site</i> | 27 |
| 2.2.3. <i>Limites du projet</i> | 28 |
| 3 – L'ÉCO-POTENTIALITÉ, ANTICIPATION DES ENJEUX ÉCOLOGIQUES DE DEMAIN | 30 |
| 3.1/ PRINCIPLE D'ÉCO-POTENTIALITÉ : UNE ÉVALUATION DE L'IMPORTANCE ÉCOLOGIQUE ACTUEL ET FUTUR D'UN SITE | 30 |
| 3.1.1. <i>Définition et enjeux</i> | 30 |
| 3.1.2. <i>Particularités de l'éco-potentialité en ville</i> | 32 |
| 3.2/ L'ÉCO-POTENTIALITÉ COMME ANTICIPATION DES ENJEUX FUTURS | 32 |
| 3.2.1. <i>La cartographie de l'éco-potentialité : Une analyse à grande échelle déterminant les futures politiques territoriales</i> | 32 |
| 3.2.2. <i>L'écologie : potentiel pour les enjeux du futur</i> | 33 |
| 3.2.3. <i>Recherche de la valeur économique d'un potentiel : Tout est-il convertible en devise ?</i> | 33 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.3/ INTEGRATION DE L'ÉCO-POTENTIALITE AU PROJET DE FUTUR PARC DES EXPOSITIONS DE STRASBOURG ET LIMITES DE L'ÉCO-POTENTIALITE DU PROJET | 34 |
| CONCLUSION | 36 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 37 |
| REFERENCES SITOGRAPHIQUES : | 38 |
| | |
| ANNEXE I | Extrait du Manuel d'interprétation des habitats de l'Union européenne : Forêts alluviales à <i>Alnus glutinosa</i> et <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Alno-Padion</i>, <i>Alnion incanae</i>, <i>Salicion albae</i>) |
| ANNEXE II | Extrait de l'analyse des potentialités écologiques du territoire régional menée par la Direction Régionale de l'Environnement Nord - Pas-de-Calais (2008) |
| ANNEXE III | Extrait de Measuring biodiversity in cities : the Singapore index on cities' biodiversity, rédigé par le Dr Lena Chan pour URBIO (2010) |
| ANNEXE IV | Visuels du bâtiment du projet du futur Parc des Expositions de Strasbourg (2013) |

GLOSSAIRE

Chacun des termes définis dans ce glossaire sera identifié par un astérisque (*) dans ce rapport.

- anthropisation :

Processus par lequel les populations humaines modifient ou transforment l'environnement naturel. (La déforestation, l'élevage, l'urbanisation et l'activité industrielle sont parmi les principaux facteurs d'anthropisation.)

- diversité biologique, ou biodiversité :

« Variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes. » Article 2 de la Convention sur la diversité biologique [9]

- biome :

Ensemble d'écosystèmes caractéristique d'une aire biogéographique et nommé à partir de la végétation et des espèces animales qui y prédominent et y sont adaptées. Le climat est un paramètre déterminant dans la répartition des biomes terrestres et dans une moindre mesure pour les biomes aquatiques.

- biosphère :

Système planétaire incluant l'ensemble des organismes vivants, des milieux où ils vivent et des interactions de ces organismes entre eux et avec leur milieu.

- chinju no mori :

Peut se traduire par « forêt du sanctuaire ». Cela désigne les vestiges de forêt conservés dans un but religieux autour des temples shinto, même en contexte urbain.

- écologie holiste :

Ecole de pensée selon laquelle la valeur d'un élément ou d'une entité (molécule, organe, hormone, organe, organisme, super organisme, population, écosystème, biome, etc.) n'est pas absolue, mais prend une valeur différente selon son environnement. L'écologie est étudiée sous la forme de systèmes globaux d'échelles variées et non par individus. Elle permet une vision globale des interactions entre les éléments d'un système.

- écologie urbaine :

Concept précisant les enjeux écologiques dans un contexte urbain ou périurbain. Son objectif est l'application d'un urbanisme respectueux de l'environnement par le biais de politiques territoriales limitant ou réparant les impacts environnementaux et favorisant la stabilité et la qualité des écosystèmes en contexte urbain et périurbain.

- écosystème :

Complexe dynamique formé d'une biocénose (association d'êtres vivants) et d'un biotope (environnement biologique, géologique, édaphique, hydrologique, climatique, etc.) qui par leur interaction, forment une unité fonctionnelle.

- essentialisme :

Conception selon laquelle les diverses espèces du vivant diffèrent entre elles par essence, ce qui implique la reconnaissance de la discontinuité du vivant.

- fixisme :

Croyance selon laquelle il n'y a ni transformation ni dérive des espèces végétales ou animales. Chaque espèce serait apparue telle quelle au cours des temps géologiques.

- friche urbaine :

Terrain bâti ou non qui peut être pollué. Sa fonction initiale ayant cessé, le site de taille extrêmement variable demeure abandonné, voire délabré. La friche urbaine est parfois due à une impossibilité d'utilisation du site provoquée par une particularité naturelle, comme un dénivelé trop important.

- gradient écologique :

Répartition spatiale des espèces végétales et animales due à la variation continue (croissante ou décroissante) d'un facteur écologique dans l'espace.

- habitat :

Aire spatiale dont les caractéristiques permettent la viabilité et le développement d'une population d'individus (ou d'un groupe d'espèces symbiotiques ou vivant en guildes). L'aire peut être très restreinte spatialement (bâtiment, crevasse) et ne constituer qu'un élément du milieu, le terme de micro-habitat est alors plus adapté.

- palette végétale :

Ensemble cohérent de végétaux choisis pour un aménagement précis. Le choix est adapté aux spécificités du site et aux exigences du projet.

- paysage (définition biogéographique), ou éco-paysage :

Mosaïque organisée, associée à différents réseaux, d'unités écologiques en interaction. Le paysage est un système intermédiaire entre le biome et l'écosystème.

- phytogéographie :

Science de la répartition des végétaux à la surface du globe et des causes de cette répartition. Elle prend en compte les relations existantes entre les espèces ou communautés végétales d'une part, les caractéristiques environnementales d'autre part.

- population :

Ensemble d'individus d'une même espèce vivant sur une aire géographique donnée.

- réseau trophique :

Ensemble des relations alimentaires entre espèces au sein d'une biocénose et par lesquelles l'énergie et la matière circulent.

- résilience :

Capacité d'un milieu à retourner à son état d'origine suite à une perturbation.

- ressources écologiques :

Ensemble des éléments vivants ou non-vivants favorisant la diversité biologique d'un site et son intérêt écologique. Ces différentes ressources entretiennent des interactions entre elles au sein du site mais aussi avec les ressources d'autres sites.

- ripisylve, ou forêt ripicole :

Formations végétales qui se développent sur les bords des cours d'eau ou des plans d'eau situés dans la zone frontière entre l'eau et la terre (écotones).

- surface hors œuvre nette :

Mesure de superficie des planchers pour les projets de construction immobilière. Elle permettait le respect du coefficient d'occupation des sols applicable au terrain et de calculer les taxes liées à la construction du bâtiment. (remplacée depuis 1^{er} mars 2012 par la surface de plancher)

LISTE D'ABBREVIATION

- **av. J.-C.** : Avant Jésus-Christ
- **ap. J.-C.** : Après Jésus-Christ
- **CBD** : Convention on Biological Diversity
- **PLU** : Plan Local d'Urbanisme
- **URBIO** : Urban Biodiversity and Design
- **SCoT** : Schéma de Cohérence Territoriale
- **SHON** : Surface hors oeuvre nette*
- **ZNIEFF** : Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique
- **ZPS** : zone de protection spéciale (ZPS : Directive 2009/147/CE) du parlement européen et du Conseil du 30 novembre 2009 concernant la conservation des oiseaux sauvages)
- **ZSC** : zone spéciale de conservation (ZSC : Directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992) concernant la conservation des habitats naturels, de la faune et de la flore sauvages)

LISTE DES ANNEXES

Annexe I – Extrait du Manuel d'interprétation des habitats de l'Union européenne : Forêts alluviales à *Alnus glutinosa* et *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*)

Annexe II – Extrait de l'analyse des potentialités écologiques du territoire régional menée par la Direction Régionale de l'Environnement Nord - Pas-de-Calais (2008)

Annexe III – Extrait de *Measuring biodiversity in cities : the Singapore index on cities' biodiversity*, rédigé par le Dr Lena Chan pour URBIO (2010)

ANNEXE IV - Visuels du bâtiment du projet du futur Parc des Expositions de Strasbourg (2013)

LISTE DES ILLUSTRATIONS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 - Les jardins suspendus de Babylone, jardins mythiques préfigurant l'intégration du végétal au cœur du bâti, Ferdinand Knab [1]..... | 3 |
| Figure 2 – Le jardin de Sennefer, entre jardin de dignitaire et lieu de culte, auteur anonyme [2]..... | 3 |
| Figure 3 - L'étagement de la végétation en milieu montagneux : exemple de gradient écologique, (Mayoux, 2004) | 7 |
| Figure 4 - Hiérarchie des aires biogéographiques, Morgan Sartiaux..... | 9 |
| Figure 5 - L'ouverture du milieu forestier par le chablis illustrant le phénomène de perturbation écologique, auteur anonyme [6]..... | 10 |
| Figure 6 – Description de six stades d'une succession écologique forestière (cycle sylvigénétique) [7] | 10 |
| Figure 7 - Vestige de forêt primaire en contexte urbain : Chinju no mori*, Aike P. Rots [10] . | 12 |
| Figure 8 - Uniformisation du milieu dans les banlieues, exemple de Dallas (Texas), Justin Cozard [11]..... | 13 |
| Figure 9 - Modèle insulaire de Mac Arthur et Wilson : influence de la taille (a) et de l'éloignement d'un îlot par rapport à la source de biodiversité (b) sur le nombre d'espèces présentes sur cet îlot, Morgan Sartiaux d'après les travaux de Mac Arthur et Wilson | 14 |
| Figure 10 – Exemples de trois milieux où le modèle insulaire est applicable, réalisé à partir des clichés (a) de Ricardo Eliezer de Souza e Silva Maas (2009) [12], (b) d'auteur anonyme [13] et (c) de Piotr Kruczek (2009) [14] | 15 |
| Figure 11 - La gestion différenciée d'une pelouse permet de favoriser la biodiversité et de structurer le paysage et le cheminement, Aquil'Brie pour l'Agence de l'Eau Seine-Normandie [15]..... | 16 |
| Figure 12 - Le renouvellement périodique des végétaux d'ornement et leur sélection sur critère esthétique empêche une stabilité écologique à long terme, Sophie Carbonnel [16]... | 17 |
| Figure 13- Toiture végétalisée, un habitat alternatif en milieu urbain, d'auteur anonyme [18] | 18 |
| Figure 14 - Localisation du site de projet au Nord du centre-ville de Strasbourg, Agence Sempervirens | 20 |
| Figure 15 - Vue aérienne du site, Agence Sempervirens..... | 21 |
| Figure 16 - Trois types d'espaces extérieurs : Un parvis minéral, une sente d'agrément et une ripisylve aménagée, Agence Sempervirens | 22 |
| Figure 17 - Application de la taille échelonnée sur la ripisylve, Morgan Sartiaux | 23 |
| Figure 18 - Principe de réensemencement naturel facilité, Morgan Sartiaux | 24 |
| Figure 19- Simultanéité des étapes de succession écologique au niveau spatiale et temporelle, Morgan Sartiaux..... | 25 |
| Figure 20 - Le maillage de continuités écologiques de Strasbourg et l'enjeu des berges des cours d'eau, Agence Sempervirens | 26 |
| Figure 21 - Les bassins de rétention plantés fournissent des micro-habitats humides permanents ou temporaires de type mare/roselière, Agence Sempervirens | 27 |

INTRODUCTION

La ville est le milieu anthropique de référence, le milieu où l'impact des activités humaines exerce le plus de pression sur le paysage mais aussi l'écologie. En milieu urbain, l'un des objectifs de l'aménagement paysager est d'assurer une qualité écologique satisfaisante. En effet le contexte urbain est majoritairement constitué de sites écologiquement dégradés, dont les caractéristiques sont défavorables au maintien d'une biodiversité* viable. Le rôle du paysagiste est alors de permettre la conciliation entre écologie et aménagement paysager urbain d'une part, et entre les enjeux écologiques du site et les enjeux économiques et sociaux d'autre part.

Se posent dès lors plusieurs questions : Quels procédés permettent l'intégration de l'écologie à un projet ? Comment concilier protection des écosystèmes* et aménagement paysager ? Comment rendre la protection écologique viable économiquement et socialement ? L'existant d'un site doit-il être conservé ou modifié ? Est-il possible de s'écarter de l'existant pour améliorer la biodiversité* ? Une législation régit-elle la prise en compte de l'écologie ?

Pour répondre à ces questions je baserai mon étude sur la problématique suivante : La restauration, l'amélioration et la gestion des ressources écologiques* des sites en contexte urbain.

L'intégration de l'écologie à un projet peut se faire selon ces trois processus. La protection/conservation se base sur l'existant. On pérennise ce dernier pour éviter une dégradation des conditions écologiques du site. L'amélioration propose de dépasser l'existant et de tenter d'obtenir une plus-value par rapport à ce dernier. Il est basé sur une évolution de l'existant plus ou moins prononcée. Enfin la gestion complète les deux autres processus : elle est basée sur le suivi et l'évolution raisonnés de l'intervention à long terme.

Tout d'abord je présenterai les processus qui ont conduit à la prise en compte de l'écologie dans les aménagements paysagers urbains. Pour cela je rappellerai l'évolution des valeurs dont les espaces paysagers en ville se sont vus doter ; puis l'émergence et l'évolution d'une valeur primordiale : l'écologie. Je traiterai enfin la prise en compte de l'écologie en milieu urbain. Cela permettra de définir un état actuel de ces notions et de proposer une base historique à la protection, l'amélioration et la gestion des ressources écologiques*.

J'analyserai ensuite les voies de prise en compte de la biodiversité* au sein d'un projet d'aménagement paysager en milieu urbain. En me basant sur un cas concret étudié pendant le stage, le projet de Parc des expositions de Strasbourg, je proposerai des exemples d'approches permettant de protéger, améliorer et gérer durablement les ressources écologiques* d'un site. Je détaillerai de même l'intégration du projet à grande échelle par exemple par le biais de continuités écologiques, et la plus-value globale apportée par un aménagement en contexte urbain.

Je focaliserai finalement ma réflexion sur l'éco-potentialité d'un projet. En effet un aménagement paysager repose généralement sur un inventaire des ressources écologiques* sans prise en compte de leur maintien, tandis que la notion d'éco-potentialité ouvre une nouvelle voie de réflexion : Définir une évaluation des milieux selon leur fonctionnalité et leur intérêt écologique.

1 – L'écologie urbaine, fruit de l'évolution de la perception des espaces paysagers

La perception d'un site est la base de l'analyse de ce dernier. Il détermine les enjeux et prises de position en cas d'action sur le site. Or la perception est intrinsèquement subjective : l'information objective découlant de l'observation du site est nuancée et hiérarchisée selon les valeurs de ou des observateurs.

Outre les particularités de l'observateur, un paramètre détermine cette perception : l'époque. En effet selon l'époque tel courant de pensée, tel courant artistique sera reconnu ; tel concept sera accepté, telle technologie inventée : autant de paramètres qui influencent cette perception. Aussi me paraît-il important de dresser un historique des perceptions des espaces paysagers en contexte urbain selon l'époque pour mieux appréhender la perception actuelle de ce type de site.

1.1/ Une diversification des valeurs attribuées aux espaces paysagers

Les origines de l'espace paysager en ville n'est envisageable de nos jours que grâce au recours à l'archéologie et à l'étude des langues mortes. En effet l'espace paysager était déjà réfléchi et possédait des usages précis dès la civilisation mésopotamienne, égyptienne ou perse.

Afin d'éviter toute confusion ou anachronisme, je tiens à définir dès maintenant ce que j'entends par « espace paysager en ville » ou plus généralement « ville ».

Il est évident que la définition française d'une ville serait inenvisageable pour rendre compte de la diversité des villes et cités qui ont existé. De ce fait je qualifierai de ville les regroupements humains importants qui hébergent les services nécessaires au bon fonctionnement de la société – par exemple politique, religion ou encore commerce - selon chaque époque et civilisation.

Les termes « espace paysager en ville » sont définis comme des espaces privés ou publics situés dans ou en périphérie directe d'une ville, où l'intervention consiste à aménager un espace non bâti en partie ou totalement végétalisé.

1.1.1. *Civilisations mésopotamienne, égyptienne et perse : Le jardin d'agrément, privilège des rois et reines*

Les premiers espaces paysagers sont observables chez la civilisation mésopotamienne, qui s'est développée au Nord-Ouest du golfe Persique entre -3500 et -144 av. J.-C. Les espaces paysagers de l'époque sont « de grands espaces arborés [...] réservés à la chasse et des vergers composés le long des canaux d'irrigations » (Péna & Audouy, 2011). Ces espaces étaient clos et réservés à l'agrément de la royauté, notamment chez les assyriens. L'intérêt des espaces paysagers est alors principalement le divertissement de la classe dirigeante.

La civilisation mésopotamienne serait aussi à l'origine d'une des sept Merveilles du monde antique : Les jardins suspendus de Babylone. Notons bien ici que l'existence de ces jardins n'a pas été rigoureusement prouvée et que leur date de création, le dirigeant qui les a fait réaliser et même leur emplacement est encore sujet à discussion. Ces jardins auraient été mis en place à l'intérieur même de la citadelle, constituant ainsi un véritable espace paysager au cœur d'une des villes les plus importantes du peuple babylonien. Plusieurs descriptions des jardins ont été rédigées, je cite celle de Diodore de Sicile, historien grec, proposée par Larcher et Gelgon. Nabuchodonosor II entreprit de « reproduire artificiellement les prairies d'altitude de [...] Perse » (Larcher & Gelgon, 2000). L'espace prend la forme d'un

« jardin carré de 120 mètres de côté se [déployant] en trois terrasses disposées en amphithéâtre » (Larcher & Gelgon, 2000). L'amphithéâtre était maintenu par une architecture en arche supportant une charge importante de terre végétale propre à accueillir une végétation arborée pleinement développée.



Figure 1 - Les jardins suspendus de Babylone, jardins mythiques préfigurant l'intégration du végétal au cœur du bâti, Ferdinand Knab [1]

La complexité et le faste des jardins suspendus a inspiré nombre d'artistes. La figure 1, une représentation de Ferdinand Knab, est un exemple pertinent pour notre étude : Les jardins du premier plan mêlent harmonieusement bâti et espaces extérieurs – ceci comprenant la végétation, l'eau et les sculptures - et permettent le divertissement de la royauté, ce jardin étant inséré au cœur du contexte urbain évoqué par les bâtiments du palais en arrière-plan.

L'aménagement servait aussi de lieu de vie : « Du côté où elles recevaient la lumière, les galeries, qui se superposaient, abritaient plusieurs appartements royaux. » (Larcher &

Gelgon, 2000). Ainsi les jardins suspendus étaient à la fois un lieu d'accueil et un jardin d'agrément réservés à la royauté et aux dignitaires, situés au cœur de la cité. Cet espace paysager urbain était novateur sur plusieurs domaines : outre la prouesse technique de maintenir un jardin arboré sur une structure bâtie atteignant 25 mètres de haut, ces jardins avaient la particularité d'évoquer des paysages étrangers. Le jardin n'a pas seulement un but esthétique et de divertissement, il devient un aperçu d'autres paysages.

La civilisation égyptienne, s'épanouissant de -3000 à -1000 av. J.-C., est aussi à l'origine d'espaces paysagers en ville sous la forme de jardins intégrés aux palais. A l'instar des jardins mésopotamiens, ces derniers sont réservés à la royauté et aux dignitaires. Comme il est possible de le constater avec le jardin de Sennefer illustré par la figure 2, leur composition respecte des formes géométriques et pourvoit des zones d'ombrage grâce à la présence d'arbres fruitiers et de palmiers. Le Nil et plus généralement l'eau sont mis en valeur sous forme de bassins et de canaux, ce qui apporte aussi de la fraîcheur au jardin. Ces espaces sont animés par des poissons et oiseaux aquatiques.

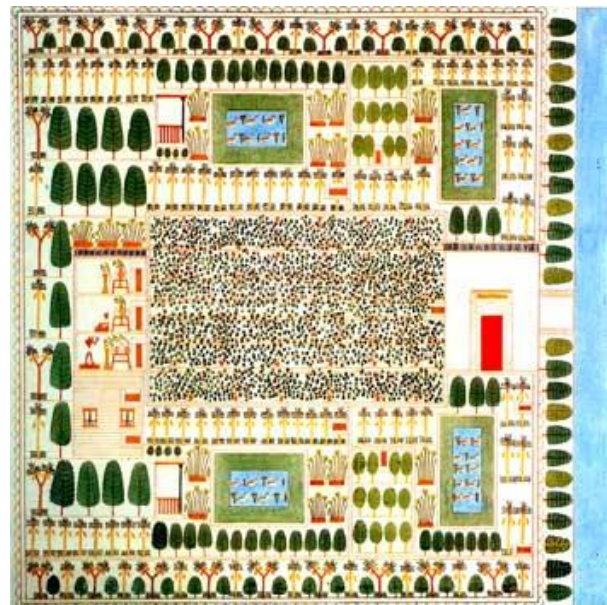


Figure 2 – Le jardin de Sennefer, entre jardin de dignitaire et lieu de culte, auteur anonyme [2]

Une notion différencie l'usage et la perception du jardin égyptien par rapport au jardin mésopotamien ou perse : l'aspect religieux. De nombreux éléments sacrés sont ainsi inclus ou symbolisés dans le jardin : Le lotus sacré (*Nymphaea lotus*), associé à la course du soleil, planté au sein des plans d'eau, ou l'ibis sacré, associé au dieu Thôt en sont deux exemples ; sans compter les sculptures de divinités ponctuant ces espaces. L'utilisation de jardins par les pharaons rehausse cet aspect religieux : ces derniers étant considérés comme des demi-dieux descendants de Rê, Horus ou Amon selon la période, le

jardin devient l'agrément à la fois des dieux et des puissants.

L'empire perse (-3000 av. J.-C. à 750 ap. J.-C.) a de même créé un type d'espace paysager en contexte urbain sous la forme de jardins. Ces derniers restent, à l'instar des jardins mésopotamiens et égyptiens, un privilège réservé à la classe dirigeante et sont, comme les jardins cités précédemment, clos et majoritairement intégrés aux palais. Ces jardins répondent à une symbolique bien définie : ils sont conçus « selon le principe de la division de l'univers [correspondant aux limites de l'empire perse] en quatre zones par les quatre grands fleuves (Nil, Euphrate, Tigre, Indus), la Terre étant le point de confluence. Les quatre fleuves sont matérialisés par des allées ou des canaux » (Larcher & Gelgon, 2000). Les formes géométriques sont ici encore respectées. La religion n'est cependant pas intégrée au jardin contrairement aux jardins égyptiens.

Les premiers espaces paysagers en ville sont donc majoritairement des jardins d'agrément royaux, destinés à divertir la classe dirigeante et à impressionner les dignitaires par leur opulence. Les attributs et spécificités de chaque culture se retrouvent au sein de ces structures, comme le lien aux divinités pour les égyptiens. Les éléments naturels y sont maîtrisés et prennent une symbolique propre à chaque culture.

1.1.2. Les jardins grecs et romains : liens religieux, culturels et sociaux

La civilisation grecque s'est développée de -3200 à 300 av. J.-C. Contrairement aux espaces précédents, les espaces paysagers grecs ne sont pas des jardins d'agrément à l'origine. Les premiers espaces paysagers urbains grecs s'apparentent à des bosquets ou bois sacrés, où la seule intervention consistait à ponctuer l'espace de représentations de divinités. Ces bois étaient conservés à proximité d'édifices religieux – autels, temples – et constituaient une annexe boisée de ces derniers.

L'essor de la philosophie par le biais de grands philosophes, à partir de -500 av. J.-C., a par la suite entraîné une évolution de la perception de l'espace paysager urbain : « Lorsque Socrate, Platon et Aristote établissent les bases de la pensée européenne, la plantation des arbres se développe dans les académies et lycées » (Larcher & Gelgon, 2000). Les lieux d'étude sont alors dotés d'un aspect paysager inédit, réservé non pas aux dirigeants mais aux philosophes. Un élitisme des jardins est conservé mais l'espace paysager évolue d'un statut privé à public.

L'empire romain (-753 av. J.-C. à 450 ap. J.-C.) voit dans un premier temps ses espaces paysagers urbains directement inspirés de ceux de la civilisation grecque. Cependant le jardin s'individualise et se déporte majoritairement hors des villes, dans les villas. Les jardins redeviennent des espaces clos privés. Ces jardins s'inspirent des jardins grecs, égyptiens et perses. Ils acquièrent alors le rôle de jardin d'agrément, de jardin potager mais aussi de bois sacré, chaque partie du jardin assurant un ou plusieurs rôles.

Au sein des civilisations grecques et romaines, les espaces paysagers urbains évoluent : contrairement aux jardins d'agrément des mésopotamiens ou des égyptiens les paysages urbains grecs s'ouvrent à un nouveau type d'usagers et assument de nouveaux rôles : lieu de culte, lieu de réflexion ou lieu de discussion. Le cadre même des espaces paysagers évolue, dépassant le stade de la parcelle close incluse à un palais et s'intégrant à des bâtiments publics dédiés à l'apprentissage et à la philosophie. La diversification du jardin s'accélère grâce aux conquêtes d'Alexandre le Grand et à l'influence de nombreuses cultures européennes et asiatiques se ressentant tant sur l'aménagement que sur les usages de l'espace paysager.

1.1.3. Les clos médiévaux : Une recherche de l'Eden évoluant d'un but utilitaire à esthétique

Le système monacal assura dès la fin du V^e siècle en Europe occidentale l'héritage culturel de l'empire romain. L'espace paysager est alors séparé des villes et se perpétue au sein des monastères sous la forme de l' « *Hortus conclusus*, le "jardin clos" » (Larcher & Gelgon, 2000). Ce jardin géométrique, carré ou rectangulaire, ceint par les bâtiments du prieuré, monastère ou abbaye, fait directement référence au jardin d'Eden, jardin biblique symbolisant le paradis sur Terre. Le clos comprend donc un aspect religieux dans son principe même d'aménagement. A cette perception religieuse s'ajoute une dimension utilitaire : la majorité des végétaux cultivés sont des plantes alimentaires ou médicinales.

Ces clos monacaux ont servi de source d'inspiration directe pour un type d'espace paysager urbain : le jardin de château médiéval. Ce jardin reprend les principes de l' *Hortus conclusus*, avec une palette végétale* composée de simples, de fruitiers et de légumes mais cette fois au sein du château féodal. L'intérêt pour les jardins s'accroît si bien qu'au « XII^e siècle, tous les châteaux possèdent leur jardin médicinal ou aromatique. » (Larcher & Gelgon, 2000). Les jardins s'agrandissent vers la fin du XIII^e siècle et intègrent des dimensions esthétiques et de divertissement jusqu'alors négligées. Le jardin se dote ainsi de vergers, de prés fleuris, de bancs tandis que le mur d'enceinte en pierre est remplacé par des palissades ou des haies. L'eau est intégrée au jardin suite à l'influence des jardins andalous. Ces derniers constituent l'héritage des jardins perses adapté aux principes de l'Islam : on retrouve donc l'usage d'agrément du jardin ainsi que l'utilisation de l'eau qui a été complexifiée et amplifiée.

Les espaces paysagers urbains médiévaux sont donc principalement représentés par les clos de château : Ces derniers ont évolué du concept d'*Hortus conclusus* dédié aux végétaux utilitaires vers un jardin mêlant utilitaire et agrément, à l'esthétique puisant à la fois son inspiration dans la société occidentale et orientale.

1.1.4. De la Renaissance aux Lumières : l'âge d'or du jardin d'agrément

La révolution culturelle, philosophique et artistique du XV^e siècle a marqué la perception des espaces paysagers urbains. Cette évolution débute en Toscane, dans un contexte rural, avec l'engouement grandissant de l'aristocratie pour les villas de campagne ; puis se propage dans toute l'Europe.

L'organisation du site n'est plus dirigée par des formes géométriques mais par une nouvelle notion portée notamment par la peinture et le dessin : le paysage. Le concept de paysage est ainsi créé en 1415 (Péna & Audouy, 2011) et modifie la perception de l'espace : le jardin devient une œuvre d'art. Des points de vue sont créés par des jeux de perspectives, l'utilisation des reliefs naturels et l'ouverture sur l'extérieur. Les jardins de la Renaissance sont issus d'une perception artistique de l'espace. Leur raison d'être est l'esthétisme et le divertissement.

Au XVII^e siècle le jardin à la française se développe. Outre son gigantisme, il diffère du jardin de la Renaissance par la volonté d'en faire un espace festif et la volonté d'y maîtriser totalement la nature : il est l' « expression du classicisme dans l'art des jardins, autrement dit la recherche de la perfection formelle, d'une majesté théâtrale et d'un gout du spectacle » [3]. Il est tout comme les jardins de la Renaissance majoritairement inféodé aux demeures nobles, situées en milieu rural ou en bordure de ville.

Le milieu du XVIII^e siècle marque le début des jardins publics. L'un des premiers est le jardin de la Fontaine à Nîmes. Dès lors l'espace paysager urbain n'est plus réservé à la noblesse mais ouvert à tous. Cette ouverture des jardins correspond à la période des Lumières : l'aménagement des espaces paysagers s'éloigne des codes du jardin à la française et retourne progressivement à une vision plus naturelle de l'espace vert. Les premiers jardins anglais font leur apparition.

Ces trois périodes, toutes trois influencées par de grands courants philosophiques et artistiques, ne perçoivent l'espace paysager que sous l'aspect esthétique, ornemental et festif ou théâtral. Les notions de religion ou d'utilité présentes au Moyen Âge sont supplantées et assurées par d'autres espaces.

1.1.5. Les jardins paysagers : Poumons verts des villes

Au XIX^e siècle, l'industrialisation provoque un afflux de population vers les centres urbains. Les villes se densifient et s'étendent, la pollution augmente. De l'industrialisation né un besoin de nature au sein des villes, provoquant une mutation des espaces paysagers urbains : les premiers espaces verts publics de grande ampleur voient le jour.

Trois processus conduisent à leur création. Le premier est la reconversion d'anciens parcs et jardins privés en lieux publics. Hyde Park ou encore St James's Park, d'anciens domaines royaux au Royaume-Uni reconvertis en parcs publics, en sont de parfaits exemples. Le second est la réhabilitation de friches urbaines : Les bois de Vincennes et Boulogne ont ainsi été aménagés à partir de fragments de forêts de chasse royale cédée à la ville de Paris par Napoléon III. Les Buttes-Chaumont ont de même été aménagées sur un ancien emplacement de carrière et de décharge. La dernière voie de création prend sa source dans la restructuration urbaine. Un exemple concret est remarquable en France avec les grands travaux Haussmannien. La réorganisation de Paris a permis la mise en place d'espaces paysagers urbains d'un nouveau type : les grands boulevards. Les voies de circulation sont ainsi végétalisées par le biais d'alignements d'arbres.

Ces nouveaux espaces paysagers urbains sont ici au cœur des villes et répondent à un nouvel enjeu : fournir des espaces mimant la nature en contexte urbain. Les premiers jardins paysagers sont ainsi très travaillés, proposant des falaises et des cascades, des rivières artificielles et des espèces végétales exotiques en ville. Cette recherche du paysage remarquable s'atténue au XX^e siècle, où les jardins s'approchent de l'ordinaire, des espaces naturels communs.

Par la suite, comme le remarque Larcher et Gelgon, pendant les deux guerres mondiales « la priorité n'est pas à la réalisation de jardins et encore moins à celle de grands parcs publics » (Larcher & Gelgon, 2000). Les mutations des espaces paysagers urbains stagnent ainsi durant un demi-siècle. La création d'espaces paysagers après 1945 est conditionnée par le besoin immédiat de reconstruire : les dommages de la seconde guerre mondiale sur les villes provoquent une reconstruction hâtive où les espaces paysagers ne sont dans un premier temps que les raccords entre les différents éléments du bâti et non le fruit d'une réflexion propre.

A partir des années 1970/1980, la création paysagère prend de l'importance et se diversifie. Les espaces paysagers en contexte urbain se parent de nouvelles facettes : écologique, artistique. Ils prennent aussi des formes alternatives : je citerai ici l'exemple des potagers mis en place sur les toits d'immeubles à New York [\[4\]](#) ou encore la végétalisation des façades. Les espaces paysagers en contexte urbain deviennent des sites à forts enjeux : ils doivent à la fois répondre au besoin d'espaces verts et d'espaces d'agrément en ville mais aussi prendre en compte les problématiques écologiques, économiques et sociales ; et ce en s'insérant harmonieusement dans un tissu urbain complexe.

Des jardins mésopotamiens aux potagers des toits d'immeuble, de nombreuses formes d'espaces paysagers urbains ont été aménagés, assumant des rôles aussi variés que lieu de culte ou lieu de repos et d'agrément. Récemment la prise de conscience de l'enjeu écologique a remis en question la perception de ces espaces. Je vais donc définir la notion d'écologie et dresser un résumé de l'évolution de ce terme.

1.2/ L'émergence de l'écologie et son application au paysage

Le terme allemand « Oecologie », traduit en français par « écologie », a été inventé par le biologiste allemand Ernst Haeckel en 1866. Il désigne l'écologie sous la définition suivante : "Par écologie, nous entendons la totalité de la science des relations de l'organisme avec son environnement, comprenant au sens large toutes les conditions d'existence. Cela comprend les éléments organiques et inorganiques" (Citation [5] traduite de l'allemand / Haeckel, 1866). La définition a évolué pour être de nos jours la suivante : Science qui étudie les conditions d'existence des êtres vivants, les interactions entre les êtres vivants ainsi que les interactions entre les êtres vivants et leur milieu.

L'écologie est un principe complexe et interdisciplinaire. Son essor et son intégration aux enjeux globaux sont récents, cependant les idées fondatrices de l'écologie sont bien plus anciennes, se profilant dès l'antiquité et évoluant en lien avec le développement de la biologie.

1.2.1. Les précurseurs de l'écologie

Aristote décrit au IV^e siècle av. J.-C. les interactions entre espèces animales mais aussi entre ces espèces et leur environnement. Théophraste, l'un de ses élèves, complète ces données et mène une étude similaire des relations entre les espèces végétales et leur milieu. Ils ont ainsi formulé de nombreuses observations sur la physiologie mais aussi la répartition géographique et les migrations animales et végétales, ainsi que sur les comportements, donnant un aperçu fragmentaire du concept moderne d'écologie. Ces écrits restent une référence en la matière jusqu'au XVIII^e siècle, période des grandes expéditions scientifiques.

Ces expéditions permettent une nouvelle vision des interactions des espèces entre elles et avec leur environnement. Je prendrai comme exemple Alexander von Humbolt, explorateur, géographe et naturaliste, qui établit à partir de ses observations les bases du concept de gradient écologique* (l'étagement de la végétation en milieu montagneux, schématisé dans la figure 3 ci-dessous, est un exemple de gradient écologique* basé sur le paramètre température, ce dernier étant influencé par l'altitude).

Par la suite ses réflexions synthétisée dans son Essai sur la géographie des plantes,

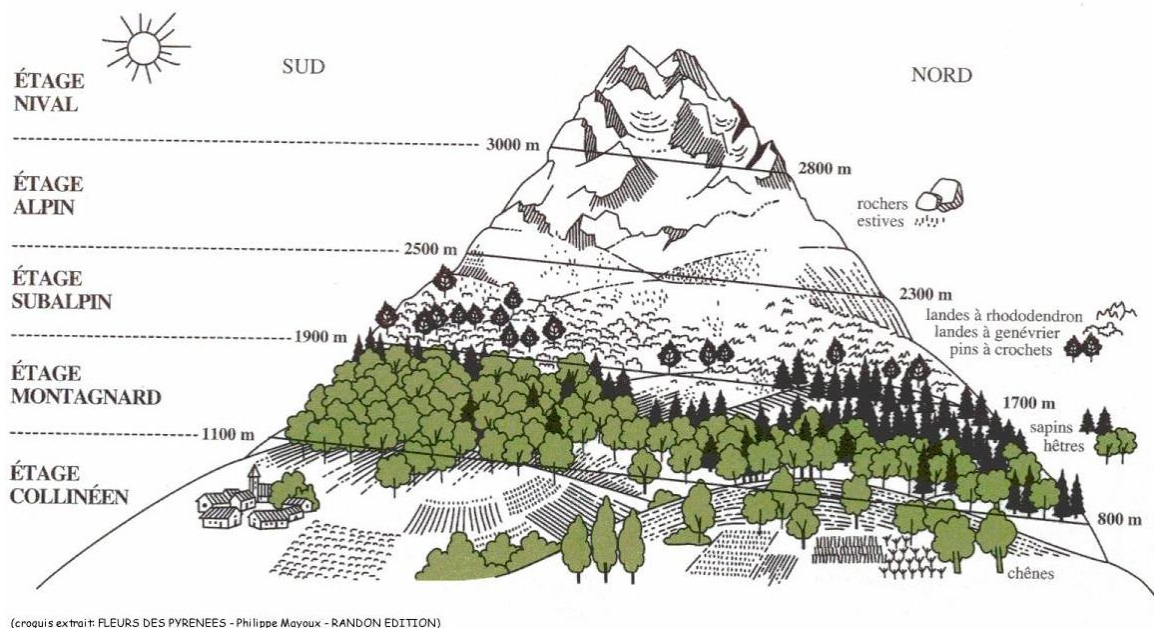


Figure 3 - L'étagement de la végétation en milieu montagneux : exemple de gradient écologique, (Mayoux, 2004)

combinées à celles de Johannes Eugenius Warming et Andreas Schimper posent les bases de la phytogéographie*. Cette notion est primordiale car elle envisage les interactions des organismes entre eux et avec leur environnement selon un paramètre spatial, préfigurant alors le concept d'écologie du paysage* ainsi que celui d'écologie holiste*. Comme le dit Jean-Paul Deléage, « Alexandre de Humboldt, avec la biogéographie, élargit l'espace aux dimensions de la planète entière », (Deléage, 1991).

Une œuvre majeure a par la suite bouleversé la conception jusqu'alors statique de la diversité des espèces où ces dernières étaient différentes par essence, sans lien entre elles (on parle d'essentialisme* et de fixisme*). Précédée par la théorie du transformisme que Lamarck développe dans Philosophie zoologique, Charles Darwin développe en 1859 dans De l'origine des espèces au moyen de la sélection naturelle, ou la préservation des races favorisées dans la lutte pour la vie les bases de la théorie d'évolution des espèces. Les interactions dynamiques des organismes entre eux et avec leur environnement sont à l'origine de la diversité des espèces. « Charles Darwin [...] introduit [à l'écologie scientifique] une conception dynamique et évolutive du temps. », (Deléage, 1991).

Comme je l'ai cité plus tôt, le terme même d'écologie est défini peu après par Haeckel, en 1866. Cette fin de XIX^e siècle et le début du XX^e marque l'évolution de l'écologie d'un stade basé sur la description à un stade d'analyse scientifique.

1.2.2. L'écologie : du domaine scientifique à l'enjeu global

Suite à la définition de l'écologie proposée par Haeckel et précisée par Eugenius Warming en 1895, l'intérêt scientifique pour ce nouveau domaine s'amplifie et différentes écoles de pensées tentent de cerner l'écologie. Deux visions de l'écologie s'opposent au début du XX^e siècle :

L'une prône une vision globale de l'écologie, se focalisant sur les groupements et les interactions entre les éléments de ceux-ci : L'écologie est analysée sous l'angle du système, qui peut être suivant l'échelle une population*, un écosystème* ou la biosphère*.

L'autre se base sur l'étude de l'individu et considère les systèmes comme des associations uniques et fortuites d'éléments individuels.

Cette opposition a finalement abouti dans les années 1970 à l'acceptation de l'école de pensée se basant sur l'étude globale et systémique. Cette vision globale de l'écologie a permis de cerner des enjeux écologiques étendus à toutes les échelles.

Trois concepts issus de cette écologie globale sont primordiaux dans la résolution de notre problématique : l'écologie holiste*, la dynamique écologique et la biodiversité*. Ces trois notions abordent chacune un aspect de l'écologie devant être pris en compte lors de l'aménagement paysager.

Le holisme a été défini en 1926 par Jan Smuts dans Holism and Evolution de la manière suivante : c'est « la tendance dans la nature à constituer des ensembles qui sont supérieurs à la somme de leurs parties, au travers de l'évolution créatrice. » (Citation traduite de l'anglais / Smuts, 1926).

J'entends donc par écologie holiste* une conception de l'écologie axée sur l'étude d'ensembles dont les éléments ne peuvent être envisagés dans leur totalité sans prendre en compte les interactions qu'ils ont entre eux. Suivant l'échelle d'étude, ces éléments seront des individus, des populations* ou encore des écosystèmes*. L'échelle la plus large d'étude communément admise est la biosphère*, définie comme un système planétaire incluant l'ensemble des organismes vivants, des milieux où ils vivent et des interactions de ces organismes entre eux et avec leur milieu. De ce système-mère découlent une infinité de sous-systèmes, selon que tel ou tel paramètre est mis en avant.

Pour déterminer mes sous-systèmes d'étude je me focaliserai sur le paramètre spatial, pris en compte dans la biogéographie. Cette discipline consiste à étudier la répartition spatiale des êtres vivants et les causes d'une telle répartition, donc d'apporter aux

systèmes écologiques une détermination par des paramètres de répartition spatiale des organismes. La figure 4 présente un résumé de cette hiérarchisation des systèmes :

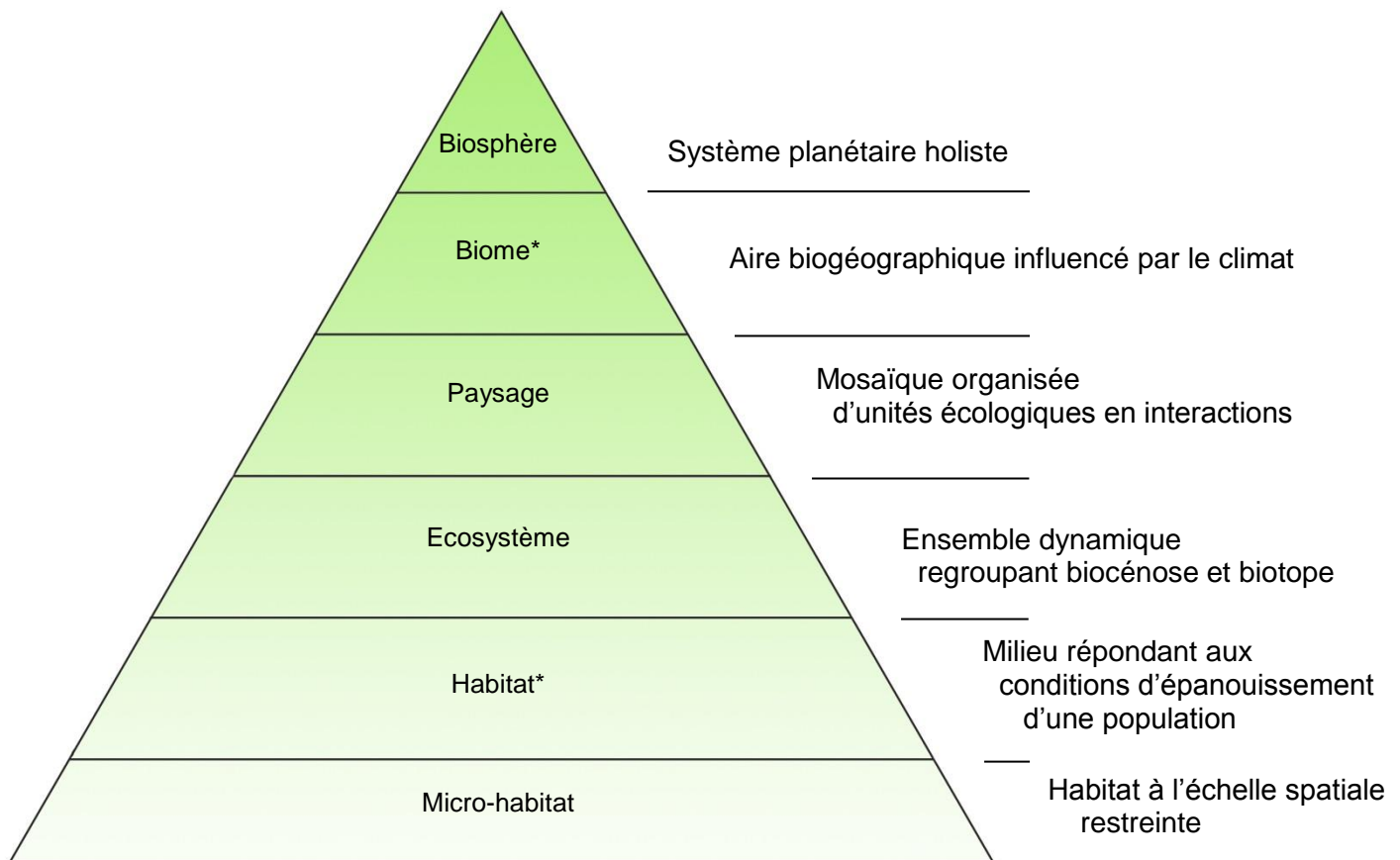


Figure 4 - Hiérarchie des aires biogéographiques, Morgan Sartiaux

L'intérêt d'une telle organisation dans l'aménagement paysager est de rappeler les interactions opérant à toutes les échelles. Les échelles étant interconnectées, une intervention à une échelle aura des conséquences sur les autres. Le paysagiste doit donc prendre en compte ces interactions et gérer l'impact de son projet à l'échelle du périmètre d'action mais aussi à d'autres échelles plus larges. Comme le disait René Dubos lors du premier sommet de l'Environnement en 1972, le principe est de « Penser global, agir local ».

La seconde notion que je dois aborder est la dynamique écologique. Cette notion évoque l'aspect évolutif et dynamique de l'écologie, où les différents milieux ne sont pas stables et inertes mais en modification et évolution constante. Deux principes complémentaires permettent de justifier ce caractère dynamique : la perturbation écologique et la succession écologique.

Une perturbation écologique est un événement altérant, dans le temps et dans l'espace, les relations entre les organismes vivants et leurs habitats*. La perturbation peut être naturelle ou anthropique. Un exemple connu de perturbation naturelle est le chablis ou le volis, arbre déraciné dans le premier cas ou dont la cime a été arrachée dans le second cas. Comme nous pouvons le constater sur la figure 5, la chute d'un arbre en milieu forestier provoque une modification des relations organisme/milieu : La percée de la canopée permet le développement de végétaux jusqu'alors rendu impossible par le manque d'accès à la lumière, l'arbre mort permet la mise en place de nouveaux micro-habitats* (bois mort, surface verticale constituée par le système racinaire renversé, cuvette d'eau au niveau de l'ancien emplacement du même système racinaire, etc.)



Figure 5 - L'ouverture du milieu forestier par le chablis illustrant le phénomène de perturbation écologique, auteur anonyme [6]

La succession est complémentaire de la perturbation écologique. C'est un processus d'évolution temporelle des milieux vers un stade théorique, le climax.

Deux types de succession sont observables : si la perturbation conduit à la mise en place d'un néosol (éboulement, coulée de lave, construction d'un mur) la succession est qualifiée de succession primaire car elle est établie sur un milieu vierge. Si la perturbation intervient au sein d'un milieu déjà colonisé et ne détruit pas l'écosystème*, la succession est qualifiée de succession secondaire. L'ouverture du milieu forestier est un exemple de succession secondaire. La figure 6 présente un exemple plus général de succession écologique : l'évolution après perturbation d'un site vers un milieu forestier.

La capacité d'un écosystème* à s'orienter vers son climax malgré une perturbation est nommée résilience*. Lorsque la perturbation provoque un changement de climax, la succession est qualifiée de transformation.

La dynamique écologique est due à ce phénomène de perturbation / succession (par résilience* ou transformation) envisagée à l'échelle du paysage* : les multiples perturbations

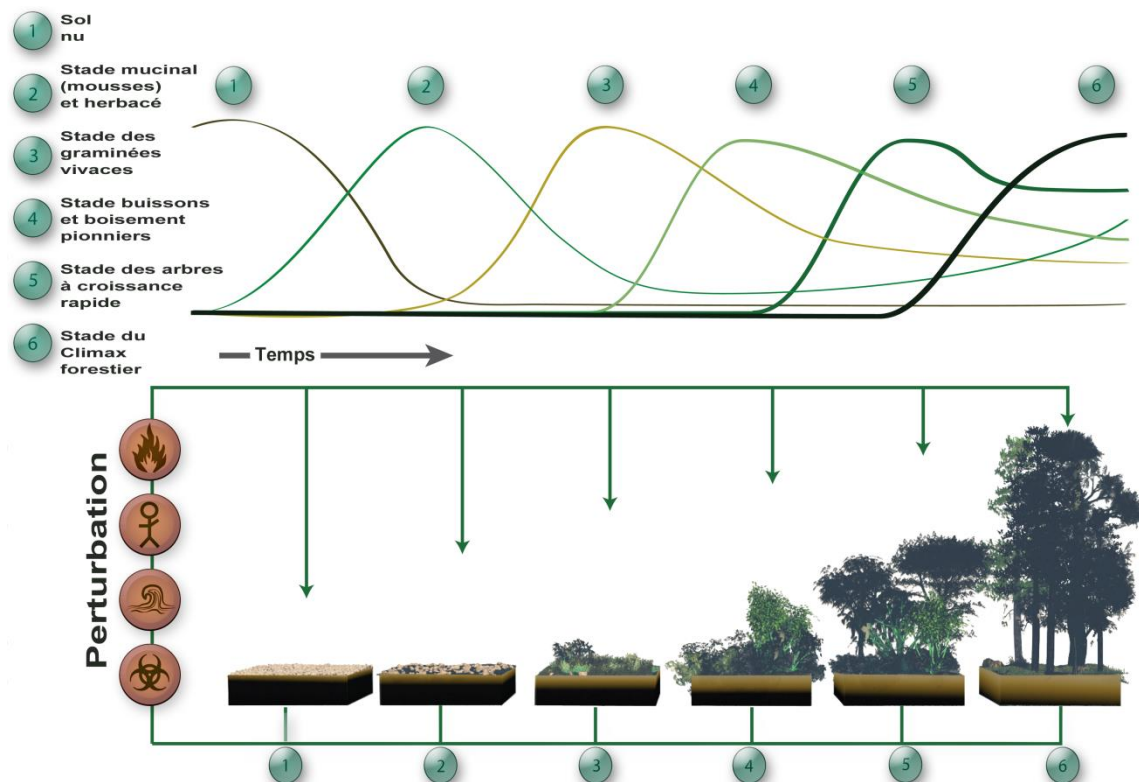


Figure 6 – Description de six stades d'une succession écologique forestière (cycle sylvigénétique) [7]

provoquent un état d'équilibre dynamique entre les différents stades de plusieurs successions écologiques. D'un point de vue spatial il y aura donc une variation de la localisation, de la surface et de l'organisation des stades des différentes successions présentes dans un paysage*, donc une migration des populations*.

L'impact dans un aménagement de la dynamique écologique est important : l'aménagement doit être pensé comme un stade de développement d'une succession, sujet à une évolution dans le temps et qui subira des perturbations, non pas comme une structure figée dont les ressources écologiques* sont inertes.

La troisième notion, la biodiversité*, est en lien direct avec la dynamique écologique. Cette notion est définie en 1992 de la façon suivante : « variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes* terrestres, marins et autres écosystèmes* aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes*. » [8]

Le lien entre biodiversité* et dynamique écologique est le suivant : l'équilibre dynamique des milieux permet la mise en place d'une diversité plus importante d'écosystèmes* que si le milieu était complètement au stade climacique théorique. Les différents stades des successions écologiques permettent une hétérogénéité plus importante du milieu, favorisant les interactions. La diversité spécifique est aussi enrichie par la diversification des types d'habitats* disponibles.

La sauvegarde de la biodiversité* est devenue en quelques décennies un des grands enjeux mondiaux. Cet intérêt est basé sur des raisons éthiques, morales mais aussi utilitaires : Outre le fait que l'Homme se responsabilise vis-à-vis de son environnement, la diversité biologique* est une source de matière première, un réservoir de ressources agro-alimentaires, cosmétiques, pharmaceutiques en constante évolution qu'il est préférable de conserver. Elle permet aussi l'intégration des systèmes de production anthropiques dans des systèmes écologiques, favorisant leur maintien (par exemple la pollinisation des végétaux cultivés sans intervention humaine). D'un point de vue écologique, une baisse de la biodiversité* au niveau global modifie l'habitat* de l'espèce humaine, pouvant compromettre en cas de trop importante modification sa viabilité.

La sauvegarde de la biodiversité* est de plus en plus présente dans les réflexions concernant l'aménagement paysager. L'aménagement prend une dimension de réservoir de biodiversité* à protéger et enrichir, permettant en retour d'améliorer la résilience* des milieux composant l'aménagement en cas de perturbation.

Pour répondre à notre problématique une dernière étape est nécessaire : définir les particularités de l'écologie dans un contexte urbain.

1.3/ L'écologie urbaine, conséquence de la généralisation de l'écologie des grands espaces

La ville est considérée comme le stade ultime de l'anthropisation*. L'intérêt écologique d'un tel milieu a été négligé notamment à cause de l'absence apparente d'écosystème* viable. La prise en compte grandissante des enjeux écologiques et sociétaux a cependant fait évoluer la perception de la ville, conduisant à la mise en doute de ce modèle d'urbanisation dénué de notion écologique.

1.3.1. Ecologie urbaine : la mutation durable de l'espace urbain.

L'écologie urbaine* est une application de l'écologie au contexte urbain, à savoir l'étude des conditions de vie et les interactions des êtres vivants entre eux et avec le milieu urbain. C'est une réponse aux enjeux écologiques au sein du contexte défavorable qu'est le

contexte urbain, mais également une recherche de la conciliation de ces enjeux aux enjeux inhérents à l'activité humaine importante. La fragmentation spatiale des systèmes, les conflits d'intérêts concernant les sites à intérêt écologique ainsi que la perception de ces espaces par les usagers deviennent des éléments-clés de l'étude écologique d'un site car ils déterminent non seulement la réussite écologique du projet mais aussi sa réussite sociale et économique.

Différents types d'espaces urbains sont propices à l'établissement de populations* d'organismes vivants autre que l'espèce humaine :

- Les espaces paysagers publics. Une variabilité importante de ces espaces est indéniable : Leur emprise spatiale peut aller de quelques dizaines de mètres carrés (jardin de quartier) à plusieurs hectares (ancien jardin royal ouvert au public) ; leur entretien peut être inexistant ou très important ; leur usage peut varier de l'intérêt esthétique à l'intérêt économique. Cette dénomination comprend à la fois les parcs et jardins publics mais aussi les alignements d'arbres, massifs plantés ou étendues d'eau publiques. Généralement ces espaces sont soumis à « une pression d'entretien plus marquée » (Boutefeu, 2001) et les essences végétales présentes correspondent à une palette végétale* restreinte à but ornemental. Un objectif de l'écologie urbaine* est d'améliorer la diversité biologique* de ces espaces.

- Espaces paysagers privés. Ces espaces dont la gestion est privée constituent un maillage végétal important des espaces urbains. Ils forment une mosaïque d'espaces paysagers généralement plus variés que les espaces publics, notamment grâce à une gestion privée donc différente selon le propriétaire. Pouvant prendre la forme d'un jardin ornemental comme celle d'un potager, ils diversifient la mosaïque urbaine et peuvent servir d'habitats* aux populations*. L'entretien de ces sites est très variable.

- Les forêts périurbaines anciennes et parcs anciens. Je sépare volontairement ces sites des espaces paysagers publics et privés car la richesse écologique des vestiges de forêts en font des sites importants dans l'écologie urbaine*. Ainsi certains de ces sites, étant des fragments d'anciens milieux forestiers primaires spontanés, peuvent héberger des essences d'arbres représentatives du milieu avant urbanisation.

Par exemple le botaniste japonais Akira Miyawaki a observé que les forêts conservées « aux environs des temples et des autels shinto, nommées "Chinju no

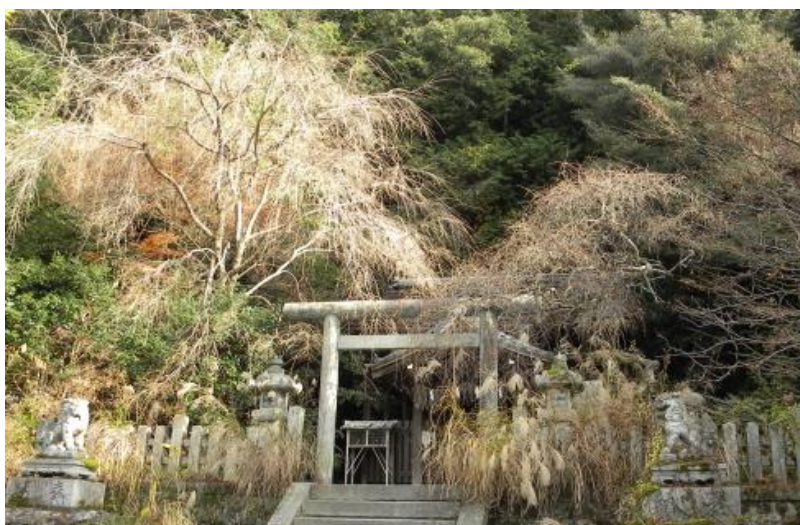


Figure 7 - Vestige de forêt primaire en contexte urbain : Chinju no mori*, Aike P. Rots [10]

mori" » [9] sont représentatives des forêts primaires japonaises, donnant ainsi à ces parcs un intérêt écologique primordial. La figure 7 représente l'entrée d'un temple au sein d'une « Chinju no mori* » situé au cœur de Kyoto (Japon). Lorsque ces forêts sont les vestiges de forêts plantées, une diversité biologique* peut se mettre en place par colonisation de ce milieu forestier, notamment lors de perturbations.

- Les friches urbaines*. Elles sont soit des espaces où une contrainte naturelle comme un dénivelé important ou une zone inondable ferme toute possibilité d'utilisation du site, soit un site dont l'activité initiale a cessé et qui est abandonné. Ces « milieux hétérogènes [...] se caractérisent par un entretien réduit voir nul. » (Boutefeu, 2001) La colonisation du milieu et le développement des populations* se font de manière spontanée. Ces milieux présentent parfois des fragments forestiers conservés ou des fragments de haies champêtres facilitant la colonisation du milieu et enrichissant l'intérêt écologique de ces sites.

Ces différents espaces permettent une diversité du paysage urbain propice à la diversité, et permettent aussi de lutter contre les conséquences de l'étalement urbain que je vais maintenant préciser.

L'étalement urbain provoque l'uniformisation et la minéralisation des paysages*, les banlieues pavillonnaires (*suburbs*) de certaines villes des Etats-Unis en étant un exemple flagrant, comme le montre la figure 8 avec ceux de Dallas. Ces deux phénomènes provoquent un appauvrissement de la biodiversité* en milieu urbain.

Un enjeu de l'écologie urbaine* est de remodeler, transformer le tissu urbain en l'innervant d'une matrice d'espaces paysagers variés permettant la mise en place d'une diversité biologique* importante. Une première voie d'intervention est alors d'investir les sites délaissés comme les friches urbaines* pour renforcer la trame écologique déjà présente. Une seconde voie consiste à modifier les espaces paysagers déjà présents pour favoriser la mise en place de biodiversité* par leur biais.

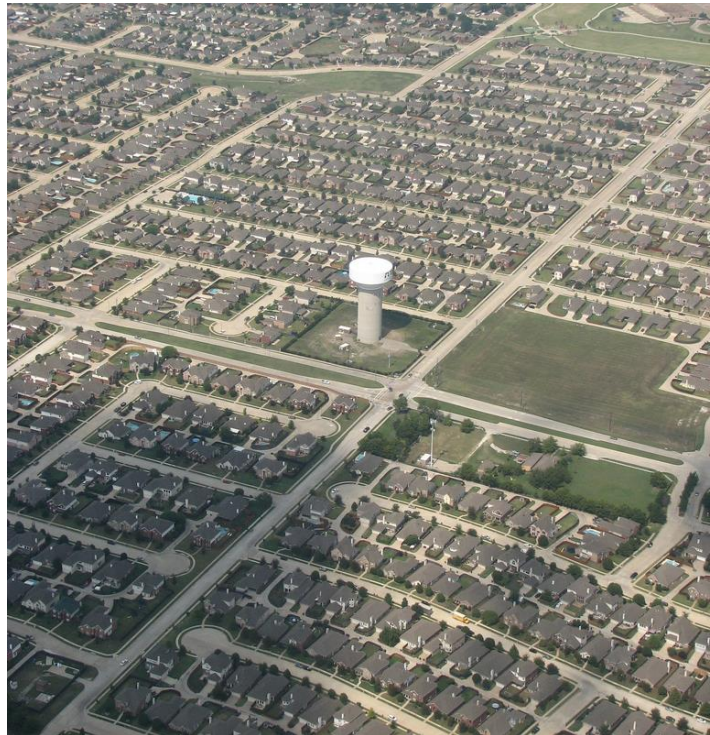


Figure 8 - Uniformisation du milieu dans les banlieues, exemple de Dallas (Texas), Justin Cozard [11]

La modification d'espaces urbains dans un but écologique doit cependant prendre en compte les particularités du contexte urbain. Par exemple un espace paysager peut jouer un rôle de « patrimoine local et [de] vécu commun des habitants » (Boutefeu, 2001). L'écologie urbaine* comprend alors une réflexion historique et sociale des sites, et négliger cet aspect historique et symbolique peut provoquer des conflits entre usagers, maître d'œuvre et maître d'ouvrage. D'un point de vue plus général, un espace paysager urbain doit être conçu selon les principes du développement durable, à savoir réfléchi sous l'angle écologique, économique et social. L'enjeu de l'écologie urbaine* est donc d'établir un équilibre entre ses objectifs propres et les objectifs sociaux et économiques d'un site.

L'écologie urbaine* a donc pour but de diversifier l'espace et de le rendre favorable à la biodiversité* tout en s'intégrant dans les problématiques sociales et économiques urbaines. Elle devient une science du durable, comprenant bien sûr un aspect écologique mais aussi une réflexion sociale et économique. Son objectif est de rendre la ville durable.

1.3.2. Les particularités de l'éco-paysage urbain

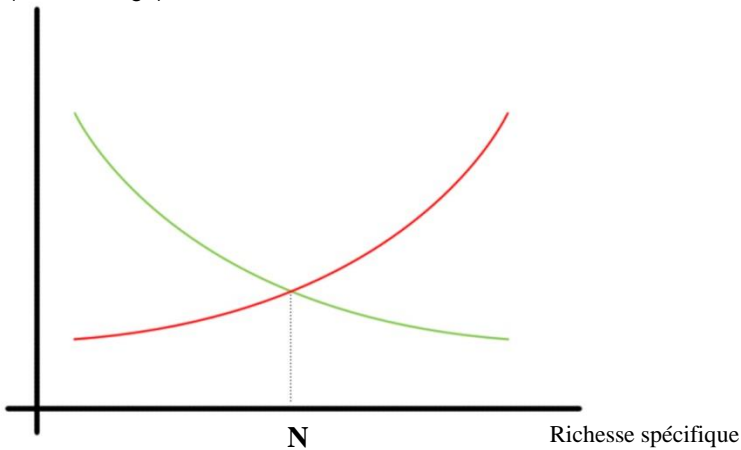
Le milieu urbain n'est pas seulement remarquable par sa multiplicité d'usage, il l'est

aussi par ses particularités en tant que paysage* écologique. Emmanuel Boutefeu propose dans Composer avec la nature en ville une application du modèle d'insularisation écologique pour décrire l'éco-paysage* urbain, modèle « appliqué avec succès aussi bien à [...] des villes américaines qu'à [...] Durban, le Cap et Johannesburg, en Afrique du Sud » (Boutefeu, 2001).

Le modèle insulaire décrit la relation entre la richesse spécifique d'un espace paysager envisagé comme un « îlot » et des paramètres comme la surface de l'îlot, son isolement par rapport aux autres îlots ou encore sa diversité biogéographique. La richesse spécifique repose en effet sur l'équilibre entre immigration et extinction des espèces, ces deux phénomènes étant influencés par les paramètres précédents. La figure suivante (figure 9) résume les liens entre la richesse écologique et les deux premiers paramètres.

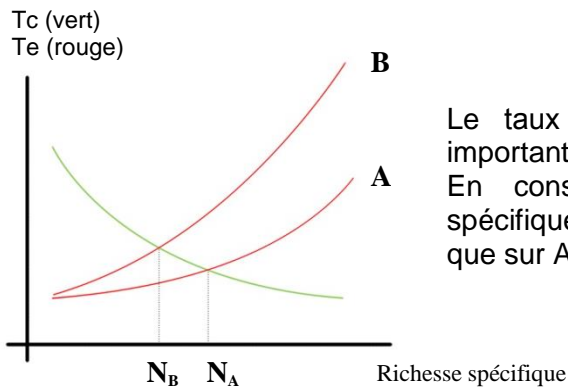
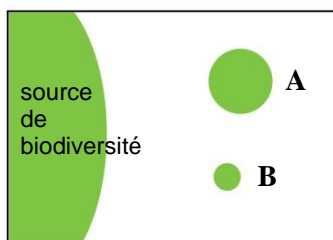
MODELE INSULAIRE : GRAPHIQUE D'ORIGINE

Taux de :
colonisation (courbe verte) T_c
extinction (courbe rouge) T_e



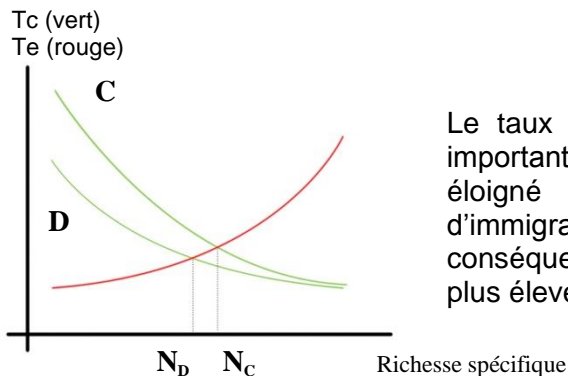
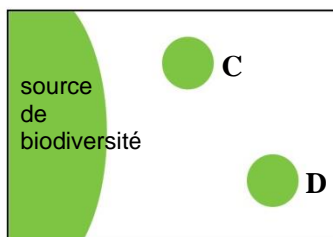
N correspond au nombre d'espèces présent au sein de l'îlot. Résulte de l'équilibre entre le taux de colonisation et le taux d'extinction.

(a) EFFET DE LA TAILLE DE L'ÎLOT



Le taux d'extinction sera plus important sur le plus petit îlot (B). En conséquence, la diversité spécifique sera plus faible sur B que sur A.

(b) EFFET DE L'ÉLOIGNEMENT DE L'ÎLOT



Le taux d'immigration sera plus important sur l'îlot le moins éloigné de la source d'immigration (C). En conséquence, la diversité sera plus élevée sur C que sur D.

Figure 9 - Modèle insulaire de Mac Arthur et Wilson : influence de la taille (a) et de l'éloignement d'un îlot par rapport à la source de biodiversité (b) sur le nombre d'espèces présentes sur cet îlot, Morgan Sartiaux d'après les travaux de Mac Arthur et Wilson

Le troisième paramètre, à savoir la diversité biogéographique, définit la diversité des milieux et donc le nombre d'écosystèmes* potentiels. Une plus grande diversité biogéographique permet une plus grande biodiversité*. En milieu urbain la diversité biogéographique au sein d'un îlot est restreinte par la taille de ces derniers. Le paramètre de couverture végétale est privilégié dans le cas d'îlots restreint spatialement.

Ce modèle insulaire a été appliqué avec succès aux trois milieux de la figure 10, c'est-à-dire au système d'archipels (a) d'où il a tiré son nom, mais aussi à d'autres contextes terrestre comme les fragments boisés isolés dans une zone de d'agriculture intensive (b) ou dans notre cas, en contexte urbain (c). L'espace paysager est considéré comme un îlot séparé des autres par le bâti, les surfaces minérales et l'infrastructure de transport.

En contexte urbain un autre paramètre a été identifié : le degré d'intervention humaine sur site. Des sites « peu altérés par les aménagements, les broussailles, les friches, les milieux peu artificialisés accueillent nettement plus d'espèces » (Boutefeu, 2001).



(a) archipels ou chapelet d'îles (b) fragments boisés isolés (c) îlots verts urbains

Figure 10 – Exemples de trois milieux où le modèle insulaire est applicable, réalisé à partir des clichés (a) de Ricardo Eliezer de Souza e Silva Maas (2009) [12], (b) d'auteur anonyme [13] et (c) de Piotr Kruczek (2009) [14]

Les paramètres à prendre en compte sont donc la taille de l'espace paysager, son isolement par rapport aux autres îlots, sa diversité biogéographique ou sa couverture végétale et le degré d'intervention humaine dans sa gestion.

Le milieu urbain est considéré comme un milieu extrême vis-à-vis de l'établissement d'écosystème*. Les conditions du milieu et l'organisation de ce dernier entraînent une restriction de l'installation de nouvelles populations* et des interactions. Il en résulte une simplification des écosystèmes* et des réseaux trophiques. Les espèces spécialisées, occupant des niches écologiques précises se trouveront restreintes par cette simplification des réseaux trophiques. Les espèces opportunistes s'acclimateront plus facilement, pouvant en effet établir des populations* dans des habitats* moins spécifiques.

Maintenant que les bases de ma réflexion sont posées, je vais aborder la question des mesures concrètes permettant la prise en compte de l'écologie en contexte urbain.

2 – Application des principes de l'écologie urbaine dans l'aménagement d'un site en contexte urbain

Dans l'optique de protéger, améliorer et gérer les ressources écologiques* d'un site en contexte urbain j'ai posé les bases de notre réflexion en dressant :

- Un aperçu historique des sites paysagers en contexte urbain prenant en compte l'évolution de leur forme et de leurs usages.
- Une définition de l'écologie, prenant en compte ses bases puis ciblant certaines notions particulières utiles à la résolution de notre problématique.
- Une analyse de l'écologie urbaine*, de ses particularités et de ses enjeux.

Je vais à présent m'appuyer sur cette base pour proposer des voies d'intégration des enjeux écologiques dans un aménagement urbain. Pour illustrer mes propos je m'appuierai sur un exemple concret : le projet du futur Parc des Expositions de Strasbourg.

2.1/ Voies globales de protection, amélioration et gestion des ressources écologiques en contexte urbain

2.1.1. Mettre en place une gestion raisonnée des espaces verts existants

Le milieu urbain possède de nombreux sites dont le potentiel écologique n'est que peu exploité. Les parcs, jardins et divers espaces verts font partie de ces sites. Une voie d'amélioration et de gestion des ressources écologiques* en contexte urbain est une gestion raisonnée de ces espaces.

Une action globale sur ces espaces peut se faire par l'établissement de classes d'entretien des espaces verts dans une optique globale de gestion différenciée. Cette dernière permet d'établir une hiérarchie des espaces verts et d'adapter l'intensité d'entretien selon la fréquentation de l'espace, la fragilité des sols ou son intérêt écologique. Outre l'intérêt financier, cela permet de conserver des zones où l'impact anthropique est moins élevé.



Figure 11 - La gestion différenciée d'une pelouse permet de favoriser la biodiversité et de structurer le paysage et le cheminement, Aqvi'Brie pour l'Agence de l'Eau Seine-Normandie [15]

La même logique peut s'appliquer à l'échelle d'un site : La figure 11 présente ainsi une gestion différenciée des pelouses. Cette gestion permet l'établissement de micro-habitats* et peut structurer l'espace et marquer des zones de cheminements au sein des pelouses.

Les pelouses non accessibles peuvent sur le même principe être transformées en prairie fleurie, nécessitant moins d'entretien qu'une pelouse conventionnelle et accueillant une diversité biologique* plus importante.

Ce type de gestion nécessite cependant un

investissement permettant une bonne information des usagers. Les espaces publics en contexte urbain ont en effet une symbolique importante, et une gestion différenciée de ces espaces peut être interprétée comme un simple manque d'entretien. La communication au public est donc une clé de la réussite d'une telle mesure, assurant une compréhension par les usagers des enjeux sous-jacents.

Une autre voie d'action sur les espaces verts existants est un renouvellement des palettes végétales utilisées et une stabilisation des espaces verts dans le temps. De nombreux espaces verts sont en effet végétalisés par le biais de plantations saisonnières renouvelées régulièrement, que les végétaux soient annuelles ou vivaces, comme nous pouvons le constater avec la figure 12 en prenant l'exemple d'un parterre fleuri au sein d'une pelouse à Cognac. Ces végétaux, majoritairement choisis sur des critères esthétiques sans prise en compte de leur impact écologique, ne permettent généralement pas la mise en place d'un écosystème* lié au site, et dans les rares cas où ils le permettent le renouvellement perturbe cet écosystème*.



Figure 12 - Le renouvellement périodique des végétaux d'ornement et leur sélection sur critère esthétique empêche une stabilité écologique à long terme, Sophie Carbonnel [16]

La sauvegarde des ressources écologiques* en contexte urbain est envisageable par une modification de ces palettes végétales : l'incorporation d'espèces locales permet de faciliter la colonisation de ces espaces par des populations* indigènes. Elle permet aussi de mettre en place des végétaux adaptés au climat et au type de sol, ce qui permet de maintenir les végétaux sur une période plus longue.

2.1.2. Intégrer le végétal à la ville pour augmenter la densité des habitats.

La prise en compte de l'écologie en contexte urbain est souvent focalisée sur les espaces verts. Il est cependant possible de constituer des espaces favorables à la biodiversité* alternatifs, par appropriation de nouveaux espaces par la végétation. L'établissement de micro-ilots de végétation permet de fournir autant de micro-habitats*, particulièrement utiles dans la sauvegarde des populations* d'invertébrés, d'oiseaux et de végétaux de strate basse en milieu urbain.

Une première voie d'intervention est la végétalisation des façades. Cet aménagement possède plusieurs avantages : Ne consommant pas d'espace au sol, il permet un isolement thermique supplémentaire des bâtiments, atténue la réverbération des sons par les façades et peut s'intégrer à la majorité des éléments bâtis. Selon une étude publiée le 18 Juillet 2012 dans le journal *Environmental Science and Technology*, une généralisation de ce type d'aménagement permettrait de résorber jusqu'à 30% de la pollution en contexte urbain. [17] L'impact sur la biodiversité* est d'abord indirect car il diminue la pollution. L'impact direct est cependant limité car ce type d'aménagement vertical ne permet pas ou peu la mise en place de nouvelles espèces végétales. Les végétalisations verticales peuvent cependant constituer des habitats* temporaires de populations* d'invertébrés, de chiroptères ou d'oiseaux.

Une seconde voie d'intervention est la végétalisation des toits. L'intérêt est multiple : Tout comme pour les façades végétalisées, les toits végétalisés apportent une isolation

thermique et sonore et permettent parfois de constituer, à l'instar des jardins suspendus de Babylone, de véritables espaces verts sur les toits. Ils permettent aussi de constituer une zone-tampon pour l'écoulement des eaux pluviales.

D'un point de vue écologique, la végétalisation d'un toit correspond à la mise en place d'un nouvel îlot écologique. La figure 13 est un exemple de ce type d'aménagement :



Figure 13- Toiture végétalisée, un habitat alternatif en milieu urbain, d'auteur anonyme [18]

la végétation est dans ce cas rase car exposé au vent, ce qui varie selon la configuration du toit végétalisé : certains toits en terrasses permettent la mise en place d'arbustes. L'avantage d'un tel espace est que dans la majorité des cas la présence humaine est restreinte et le milieu peu dérangé. L'accessibilité limitée des lieux permet surtout l'essor de populations* végétales, d'invertébrés et d'oiseaux. Des ruches peuvent notamment être installées sur ces toitures.

Les toitures végétalisées permettent donc de densifier les îlots écologiques en centre-ville. La taille de l'îlot étant déterminé par la taille du toit, il peut atteindre une surface importante : Ces aménagements alternatifs représentent un potentiel d'espaces à vocation écologique primordial du milieu urbain.

2.1.3. *Etendre le réseau de continuités écologiques pour relier les îlots écologiques*

La diversité écologique d'un paysage* présentant des îlots écologiques dépend en partie de l'isolement de chaque îlot, comme je l'ai détaillé dans la partie 1.3.2 de cette étude. En contexte urbain, la biodiversité* globale est fonction de la qualité, la diversité et l'ampleur du réseau de liens entre ces espaces, le réseau de continuités écologiques. Les aménagements d'espaces paysagers en milieu urbains prennent de plus en compte les continuités écologiques, dont je vais citer trois exemples :

- Le premier exemple est celui des berges de fleuves, de rivières ou de cours d'eau. L'enjeu écologique de ces sites est indéniable : il constitue en effet « des axes privilégiés de communication pour les espèces animales, des lieux d'échange et des terres de brassage pour les graines flottantes transportées par les courants » (Boutefeu, 2001). La conservation d'espaces boisés sur les berges permet d'innover un milieu urbain par une continuité écologique à forte biodiversité*, comme je le démontrerai dans l'étude du cas concret du Parc des Expositions de Strasbourg (partie 2.2.2.3.). Ces espaces répondent de plus au besoin de nature grâce à leur cadre paysager esthétique.

- Les bordures de voies ferrées sont des moyens moins connus de conserver une liaison écologique en milieu urbain. En effet les espaces ferroviaires s'apparentent à des friches urbaines*, entretenus annuellement, voire par cycles bisannuels ou trisannuels. Ces milieux sont majoritairement constitués par les remblais ou déblais pierreux nécessaires à la mise en place des structures ferroviaires. Ses espaces accueillent des populations* de plantes pionnières formant à terme des friches arbustives le long des voies, véritables liens écologiques au cœur des villes. La possibilité d'intervention sur ce type d'espace est restreinte car la colonisation du milieu est spontanée. Une intervention est cependant envisageable : un contrôle des plantes colonisatrices permettrait en effet de diminuer la propagation d'espèces considérées comme envahissantes. Par exemple le Buddleia de

David (*Buddleja Davidii*) voit son expansion au niveau des voies ferrées facilitée par le passage des trains, ces derniers générant des rafales disséminant les graines de cet arbuste.

- Les aménagements annexes à la voirie forment un réseau densément ramifiée en milieu urbain. Aménager ces espaces annexes comme autant d'habitats* et de micro-habitats* permet de ramifier le réseau écologique en ville tout en agrémentant les lieux de circulation. Ces voies peuvent alors évoluer de facteur de fragmentation des îlots écologiques à structure d'accueil d'espaces de liaison.

Les terre-pleins centraux, les ronds-points, les accotements et talus sont autant de zones de friches souvent non-exploitable pour un autre usage à cause de leur isolement par les voies de circulation motorisée. Leur isolement confère un avantage car ils « constituent des refuges qui servent de lieux de nourrissage, d'escales de repos pour les oiseaux, de gîtes pour les insectes, de couverts pour les petits mammifères ou même de couloirs de propagation pour les graines ailées transportées par le vent » (Boutefeu, 2001). Les inconvénients de ce type d'espace sont directement liés à la circulation motorisée : la pollution engendrée et la hausse de la mortalité des populations* animales rendent ces milieux moins favorables à la biodiversité*. Les aménagements sécurisant les circulations comme les passages pour la faune permettent de réduire ces nuisances et d'envisager les espaces de bord de voie comme des continuités écologiques.

2.1.4. Constituer des zones de nature en ville

Comme je l'ai évoqué avec les espaces bordant certaines voies de circulation, il est possible de favoriser la biodiversité* en diminuant simplement la fréquentation d'un espace. Cela permet d'en diminuer l'entretien et de diminuer les interactions des usagers avec le milieu, donc de diminuer le degré d'intervention humaine sur le site. Le choix de ces sites doit être déterminé par une utilité écologique particulière - site de reproduction, habitat* d'une population* remarquable, etc -. La protection des sites est plus ou moins absolue avec pour certains un simple usage de panneau indicateur et de balisage de sentier, pour d'autre un isolement total du site.

La préservation de ces zones remarquables peut être assurée par l'utilisation de textes législatifs. Ainsi arrêtés municipaux et préfectoraux permettent une réglementation des activités sur une zone. Il est aussi envisageable de proposer une zone pour qu'elle soit intégrée au réseau Natura 2000. Ce processus, initié par action préfectorale, permet la désignation d'une zone comme Zone de Protection Spéciale (ZPS) ou Zone Spéciale de Conservation (ZSC). Si la proposition est validée, l'espace en question est intégré au réseau Natura 2000 et permet une sensibilisation des acteurs locaux aux enjeux écologiques du site. La force du réseau Natura 2000 est l'implication des acteurs locaux.

Une voie de protection plus restrictive des sites en contexte urbain est la modification du Plan Local d'Urbanisme : Ce dernier permet de déterminer l'orientation du site, de contrôler ou d'interdire les constructions sur celui-ci mais aussi de préconiser les caractéristiques de la construction. Il constitue un outil législatif important dans la protection des espaces à intérêt écologique. Le Schéma de Cohérence Territoriale permet ce type de contrôle à l'échelle intercommunal, ce qui en fait un appui législatif important dans la gestion des continuités écologiques.

Les divers moyens de prise en compte de la nature en ville que je viens de présenter sont basés sur les paramètres définis auparavant sur le principe d'insularisation écologique : La gestion raisonnée des espaces verts permet de diminuer sur certains îlots ou certaines parties d'îlots l'intensité d'intervention. L'intégration alternative du végétal ainsi que l'extension des corridors écologiques augmente le nombre d'îlots et améliore la liaison entre ces derniers, réduisant ainsi l'isolement de chacun de ces espaces. L'application de ces

quelques voies de prise en compte de l'écologie en milieu urbain permet donc une plus grande diversité biologique* à l'échelle de la ville et une stabilité accrue des ressources écologiques*. Les voies législatives comme les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) et les schémas de Cohérence Territoriale (SCoT) permettent d'inscrire ces aménagements à but écologique dans la réflexion globale de gestion urbaine. Le couplage de ces outils législatifs aux démarches participatives comme le réseau Natura 2000 permet une sensibilisation du public et des acteurs locaux aux enjeux écologiques en ville et facilite la mise en place des aménagements que j'ai présentés et leur acceptation par le public.

Suite à cette présentation théorique des différentes voies d'intégration de l'écologie dans l'aménagement urbain et des voies alternatives d'intégration de l'écologie dans le milieu urbain, je vais présenter et analyser un exemple concret de cette prise en compte : Le projet du futur Parc des Expositions de Strasbourg, conçu par l'agence Sempervirens.

2.2/ Le futur Parc des Expositions de Strasbourg, exemple de la prise en compte de l'écologie dans un projet en contexte urbain :

2.2.1. Présentation du projet

L'exemple sur lequel je vais m'appuyer est un projet envisagé par la Communauté urbaine de Strasbourg dont le concours a été publié en Août 2012. Ce projet a pour but la construction d'un nouveau Parc des Expositions sur une parcelle de 85000 mètres carrés, dont la partie bâtie doit atteindre une superficie totale de 50 000 mètres carrés de Surface Hors Œuvre Net* (SHON). Le Parc des Expositions permettra l'accueil de foires, de salons, de conventions d'affaires et de manifestations grand public. Un traitement paysager des espaces extérieurs est attendu.

Le site d'étude est donc localisé à Strasbourg, à 800 mètres au Nord du Centre-ville (carte de localisation : figure 14).

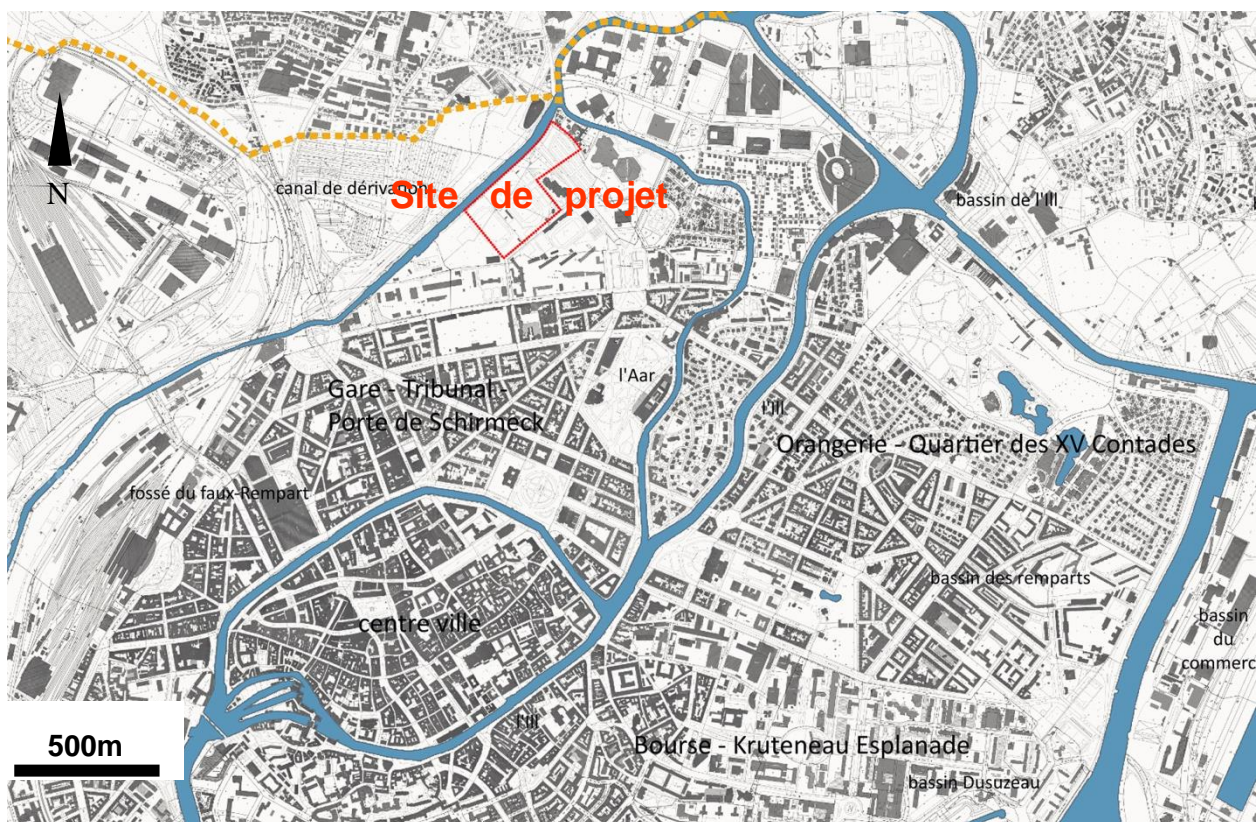


Figure 14 - Localisation du site de projet au Nord du centre-ville de Strasbourg, Agence Sempervirens

Il est actuellement occupé par un complexe sportif où subsistent quelques fragments de boisement. Le site est limité et bordé du nord au sud-ouest par un cours d'eau, l'Aar, dont les berges sont occupées par une ripisylve* (figure 15).

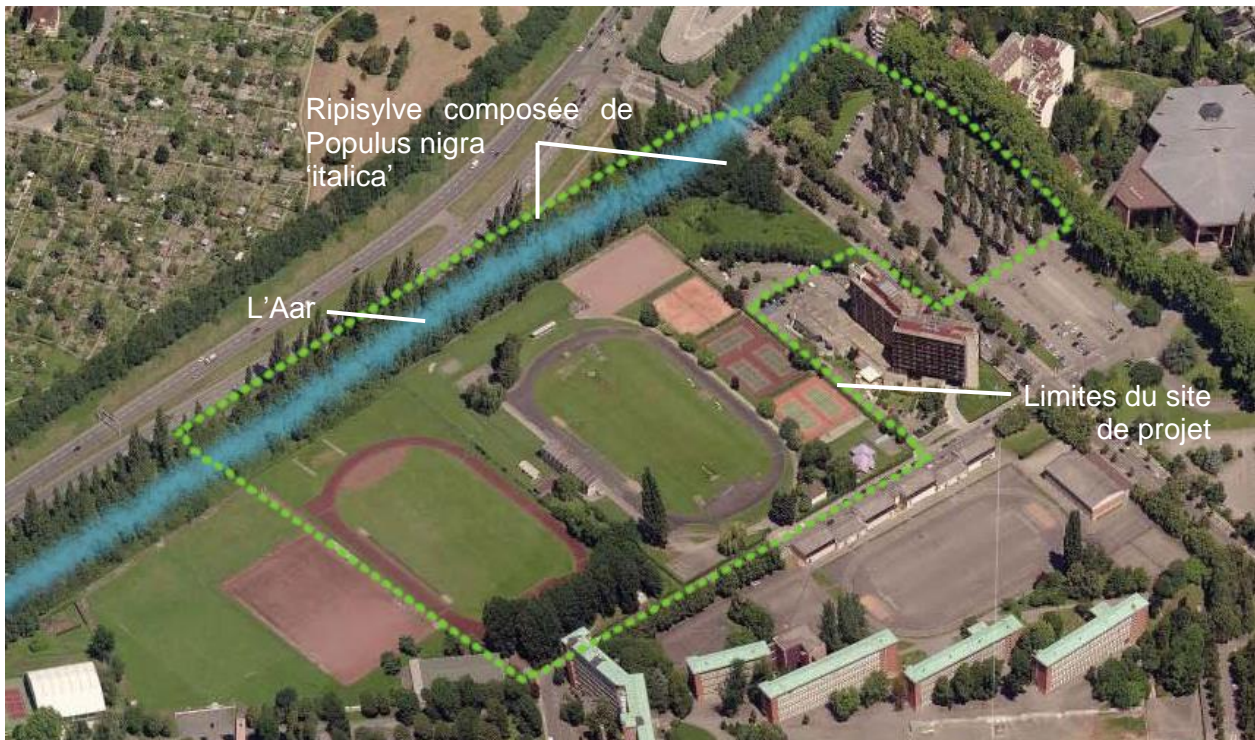


Figure 15 - Vue aérienne du site, Agence Sempervirens

L'entreprise Sempervirens a pour ce projet pris le parti d'allier écologie et esthétique, tout en facilitant la redécouverte de l'Aar par le biais de cheminement doux et d'aménagements invitant à la promenade et la détente. Les espaces extérieurs constituent donc un lien progressif entre le cours d'eau et sa ripisylve* d'une part et le bâtiment accueillant le Parc des Expositions d'autre part.

Les aménagements extérieurs sont décomposés en trois ensembles (figure 16) :

- Le parvis du Parc des Expositions (observable au premier plan de la figure 16). Cet espace d'interface privilégiée entre le bâtiment et le reste des espaces extérieurs est un parvis minéral dont une partie est immergée en cas de pluie importante. L'immersion est possible grâce au couplage du parvis avec un bassin de rétention des eaux pluviales. Un bassin permanent est aussi présent aux abords immédiats d'un des éléments bâtis. Le parvis minéral prend l'aspect de dalles de pierre de grande envergure formant une mosaïque.
- Une sente longe à la fois le cours d'eau et le bâtiment principal. Cet espace longiligne est agrémenté de bassins de rétention dont certains sont toujours en eau et dont d'autres sont en eau uniquement en cas de pluies importantes. Le sentier piéton et cycliste serpente entre ces bassins plantés. Quelques plateformes donnant sur le cours d'eau s'insèrent dans la ripisylve*. Des avancées de végétation de ripisylve* s'intègrent de même dans cette interface entre cours d'eau et bâtiment. Des structures de rétention d'eau sont recouvertes de surface poli-miroir, reflétant la ripisylve*, l'Aar ou les bassins plantés.
- La ripisylve* en elle-même est sujette à une attention paysagère particulière. Des percées à intervalles réguliers permettent d'ouvrir l'angle de vue entre les deux rives du fleuve. La végétation est modifiée et intégrée aux autres espaces cités ci-dessus. Il y a une double réappropriation : réappropriation de la berge par la ripisylve*, et réappropriation de la berge par les piétons.

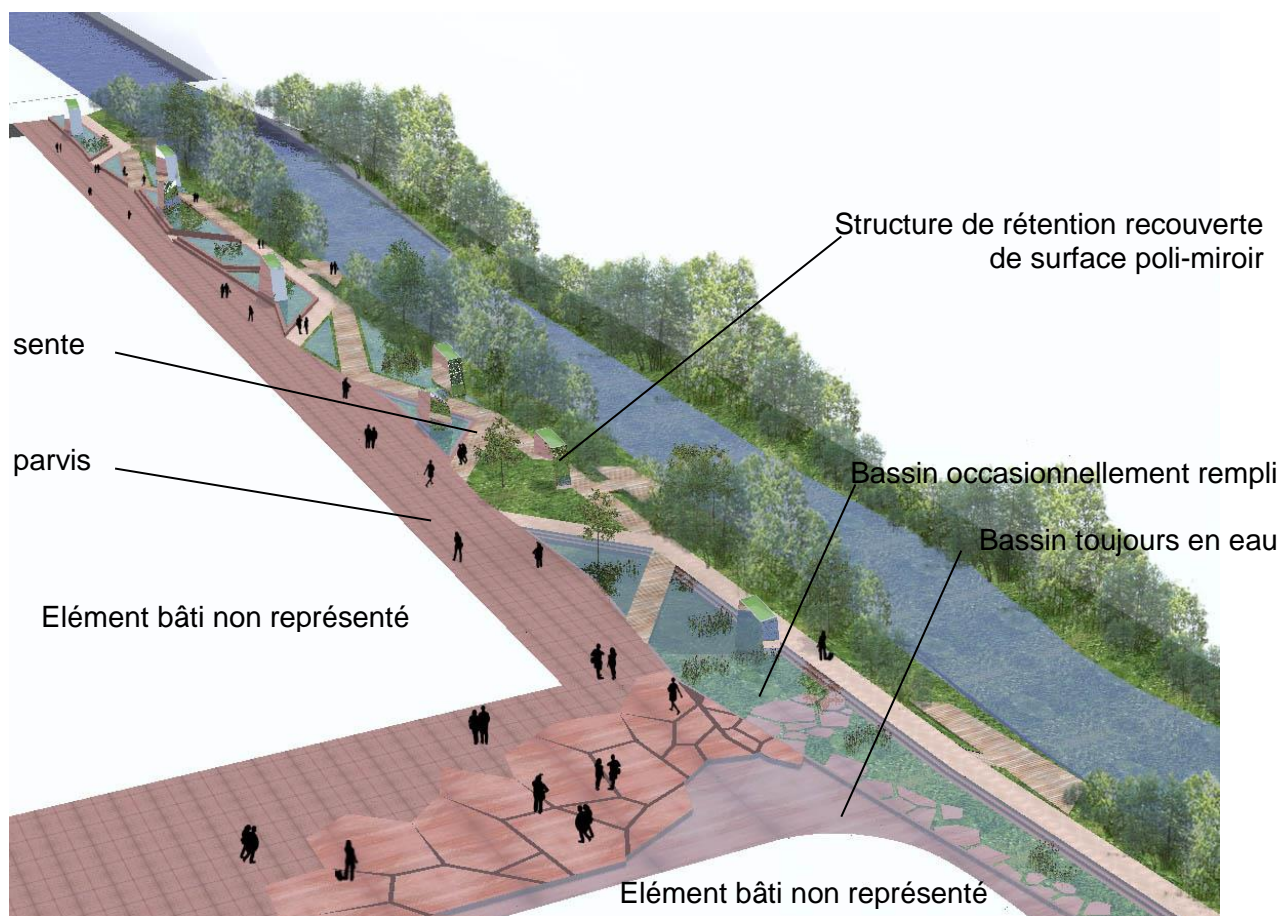


Figure 16 - Trois types d'espaces extérieurs : Un parvis minéral, une sente d'agrément et une ripisylve aménagée, Agence Sempervirens

2.2.2. La prise en compte de l'écologie dans le projet du Futur Parc des Expositions

La réflexion de l'agence Sempervirens concernant l'aménagement des espaces extérieurs du Parc des Expositions s'est orientée sur un couplage de l'intérêt écologique et de l'accès aux circulations douces. Le but était d'enrichir et de diversifier les ressources écologiques* du site tout en favorisant son aspect esthétique et la circulation des usagers, constituant ainsi un espace paysager en limite de contexte urbain.

Le projet mis en place intègre une variété importante de mesures visant à favoriser la biodiversité* sur le site mais aussi à l'échelle du territoire. Les premières mesures que je vais développer concernent la ripisylve*, par la suite j'exposerai le traitement paysager des différents bassins de rétention.

2.2.2.1. Amélioration de la ripisylve des berges de l'Aar par modification de l'habitat

La ripisylve* présente sur le site est composée de peupliers d'Italie (*Populus nigra 'italica'*) issus de la populiculture qui ont colonisé les berges de l'Aar. L'intérêt écologique de cette espèce est limité : Etant issue de l'arboriculture, la diversité génétique des populations* de *Populus nigra 'italica'* est limitée. Hors elle peut facilement polliniser le Peuplier noir sauvage (*Populus nigra*), provoquant un appauvrissement et une pollution du patrimoine génétique de ces populations*. Le Peuplier noir est d'ailleurs sujet à un programme de sauvegarde car les populations* s'appauvrissent à cause des hybridations dues à la populiculture et de la raréfaction des milieux propices.

Les populations* de peupliers d'Italie sont donc peu souhaitées pour au moins deux aspects : Ils envahissent les milieux auparavant occupés par des populations* de peupliers

noirs sauvages, provoquant par hybridation une perte de diversité génétique ; de plus cette perte de diversité biologique* provoque une fragilisation des populations* : Une faiblesse à un parasite ou une maladie peut se généraliser à cause de la baisse de la diversité génétique des populations* de peupliers et provoquer une chute du nombre d'individus en cas de propagation du parasite / de la maladie.

Le but à long terme de l'intervention est donc de remplacer cette ripisylve* composée majoritairement de peupliers d'Italie par un habitat* de « forêts alluviales à *Alnus glutinosa* [...] (*Alno-Padion*, *Alnion incanae* » [19]). Les données concernant ce type d'habitat sont résumées dans l'annexe 1. En effet cet habitat*, présent naturellement dans la vallée du Rhin, est en régression importante à cause des pratiques anthropiques. Outre sa diversité biologique*, ce type d'habitat* permet la fixation des berges, notamment par le biais des aulnes. Cette action permettra d'une part de freiner l'expansion des populations* de *Populus nigra* 'italica' et d'autre part d'établir un habitat* en régression dans la vallée du Rhin. Les ressources écologiques* du site sont donc améliorées, car on modifie profondément ces ressources*.

Pour ce faire, des tailles de plusieurs sections de la ripisylve* sont réalisées et les zones taillées sontensemencées d'essences correspondant aux premiers stades d'un *Alno-Padion* : Le renouvellement des ressources écologiques* se fait progressivement. La figure 17 représente le principe de taille échelonné directement appliqué au site de projet : Les tailles s'échelonnent dans le temps et l'espace, la taille totale se réalisant en quatre temps (la durée totale est de vingt ans). Cela permet de conserver une couverture végétale sur le site pendant la transition d'un habitat* à l'autre. Sur la figure 17 les groupes possédant le même chiffre correspondent aux sections taillées en même temps. Le temps d'attente entre chaque vague de taille est de 5 ans.

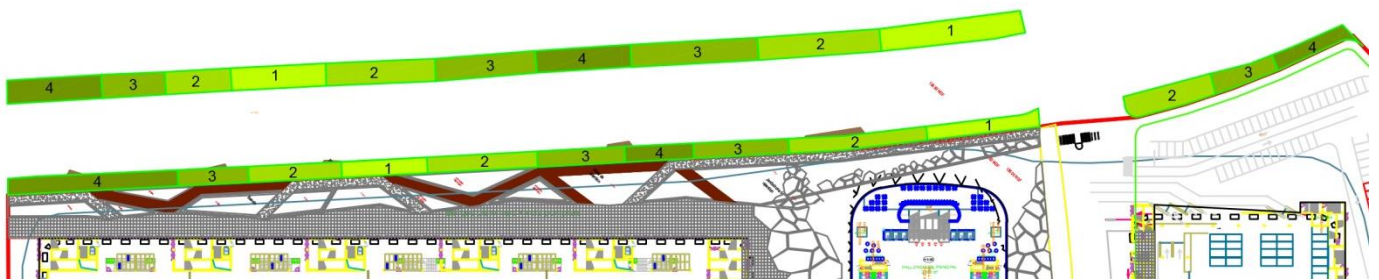


Figure 17 - Application de la taille échelonnée sur la ripisylve, Morgan Sartiaux

Une gestion tout au long du processus de mutation des ressources écologiques* du site est nécessaire : En effet avant qu'un *Alno-Padion* soit établi sur la totalité de la ripisylve* traitée, les zones taillées seront en contact avec des fragments de ripisylve* à peupliers d'Italie. Pour éviter une recolonisation des espaces ouverts par les peupliers d'Italie, deux stratégies se complètent : tout d'abord intégrer aux semences des essences colonisatrices (l'aulne en fait partie) pour concurrencer les populations* de peuplier, ensuite un contrôle direct des peupliers par arrachage.

Cette étape de l'intervention s'achevant en vingt ans a donc un but d'amélioration des ressources écologiques* du site, par modification des essences de la ripisylve* pour favoriser l'établissement d'un habitat* plus diversifié. La répartition spatiale des secteurs taillés permet de coupler intérêt écologique et intérêt esthétique : ces percées de la ripisylve* ouvrent des points de vue sur le Parc des expositions depuis l'autre rive.

2.2.2.2. gestion de la ripisylve améliorée par un cycle de perturbations graduelles

Suite à cette étape d'amélioration de la ripisylve*, une étape importante de gestion des ressources écologiques* est réalisée. Cette étape fait intervenir le concept de succession écologique pour permettre une diversité rehaussée au sein de la ripisylve*. Le principe est le suivant : le schéma de taille échelonnée est conservé sur les zones qui ont

été replantées et joue le rôle de perturbation du milieu. La taille est effectuée tous les 5 ans en suivant le schéma précédent, cette fois au sein de la ripisylve* de type *Alno-Padion* implantée sur les berges, conservant un cycle de taille de vingt ans à chaque fois. Les zones taillées sont réensemencées directement par les zones où la végétation s'est développée comme le précise la figure 18, à l'instar des chablis que j'ai présentés précédemment.

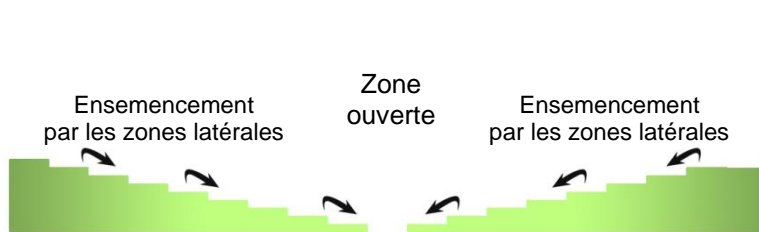


Figure 18 - Principe de réensemencement naturel facilité, Morgan Sartiaux

Cette intervention provoque donc à l'échelle du site des perturbations dans la succession écologique conduisant à une forêt ripicole* à *Alnus glutinosa* et *Fraxinus Excelsior*.

L'établissement de cette forêt ripicole* ne se fait pas directement : suite à une taille, la végétation qui se mettra en place évolue vers cette forêt ripicole*. Cette succession écologique peut se décomposer en trois stades (notons que ces stades sont choisis arbitrairement et que le passage de l'un à l'autre se fait progressivement) :

- Le premier stade après perturbation est la colonisation du site par des espèces pionnières. Dans notre cas le site est rapidement colonisé par les aulnes blancs (*Alnus incana*) et glutineux (*Alnus glutinosa*) ainsi que par une végétation basse composée de laïches (*Carex acutiformis*, *Carex pendula*, *Carex remota*, *Carex strigosa*), de prêles (*Equisetum telmateia*, *Equisetum ssp.*), de benoîte aquatique (*Geum rivale*) et de lycoper d'Europe (*Lycoper europaeus*).

Le développement d'une telle végétation enrichie le sol en matière organique et stabilise les berges par le biais des aulnes, permettant l'établissement d'une végétation plus diversifiée par la suite. Les aulnes sont des éléments-clés des écosystèmes* se mettant en place car leurs racines plongeant directement dans le cours d'eau fournissent des abris à la faune aquatique. La végétation basse éparsée et les jeunes arbres permettent une nidification d'espèces ornithologiques de milieu humide, source de biodiversité* importante de toute la vallée du Rhin.

- Cette végétation d'espèces pionnières évolue progressivement vers une mégaphorbiaie, une prairie humide parsemée de jeunes arbres. Les essences ligneuses se densifient et se diversifient avec l'implantation de frênes (*Fraxinus excelsior*), de peupliers noirs (*Populus nigra*), de bouleaux (*Betulus pubescens*) et de saules (*Salix alba*, *Salix fragilis*). L'implantation des peupliers sera cependant restreinte pour éviter un retour à une peupleraie similaire à l'état existant.

La diversité de la végétation basse augmente avec l'établissement de nombreuses herbacées hygrophiles et méso-hygrophiles. Cet espace de prairie arborée se peuple ainsi de cardamines (*Cardamine amara*, *Cardamine pratensis*), de Cirse maraîcher (*Cirsium oleraceum*), de Reine-des-Prés (*Filipendula ulmaria*) et d'ortie dioïque (*Urtica dioica*) mais aussi d'espèces de zones boisées comme l'angélique des bois (*Angelica sylvestris*), la laïche des bois (*Carex sylvatica*), le géranium des bois (*Geranium sylvaticum*), la lysimaque des bois (*Lysimachia nemorum*) ou encore la patience des bois (*Rumex sanguineus*).

L'évolution de l'espace ouvert vers la ripisylve* se remarque par l'apparition de nombreuses espèces inféodées au milieu forestier. En contrepartie, la mégaphorbiaie se referme progressivement, provoquant une baisse démographique des populations* de milieu ouvert.

- La fermeture progressive du milieu aboutit à une ripisylve* de type *Alno-Padion*. La végétation de sous-bois se développe au dépend des espèces

inféodées aux espaces ouverts. La strate arborée subit le même type de compétition et les saules sont concurrencés par les populations* d'aulnes et de frênes. L'apparition d'orme (*Ulmus glabra*) est parfois observable.

Les intérêts d'une telle intervention sont multiples : L'intérêt esthétique de cette intervention est la même que précédemment, à savoir ouvrir des percées visuelles dans la ripisylve* sur le Parc des Expositions.

L'intérêt majeur est cependant écologique : l'aménagement permet une simultanéité des différents stades de la succession écologique de la ripisylve* de type *Alno-Padion* sur un même site, donc une multiplication des habitats* et en définitive une augmentation conséquente de la biodiversité*.

Comme on peut le constater sur la figure 19, lorsque le cycle de perturbation est mis en place un gradient spatial permet un maintien des différents stades de la succession écologique précisée ci-dessus. Chaque stade sera réparti en plusieurs segments sur le site, séparés par des stades plus ou moins avancés de la même succession écologique, ce qui augmente la résilience* globale de la ripisylve* de type *Alno-Padion* par réensemencement naturel facilité (figure 18).

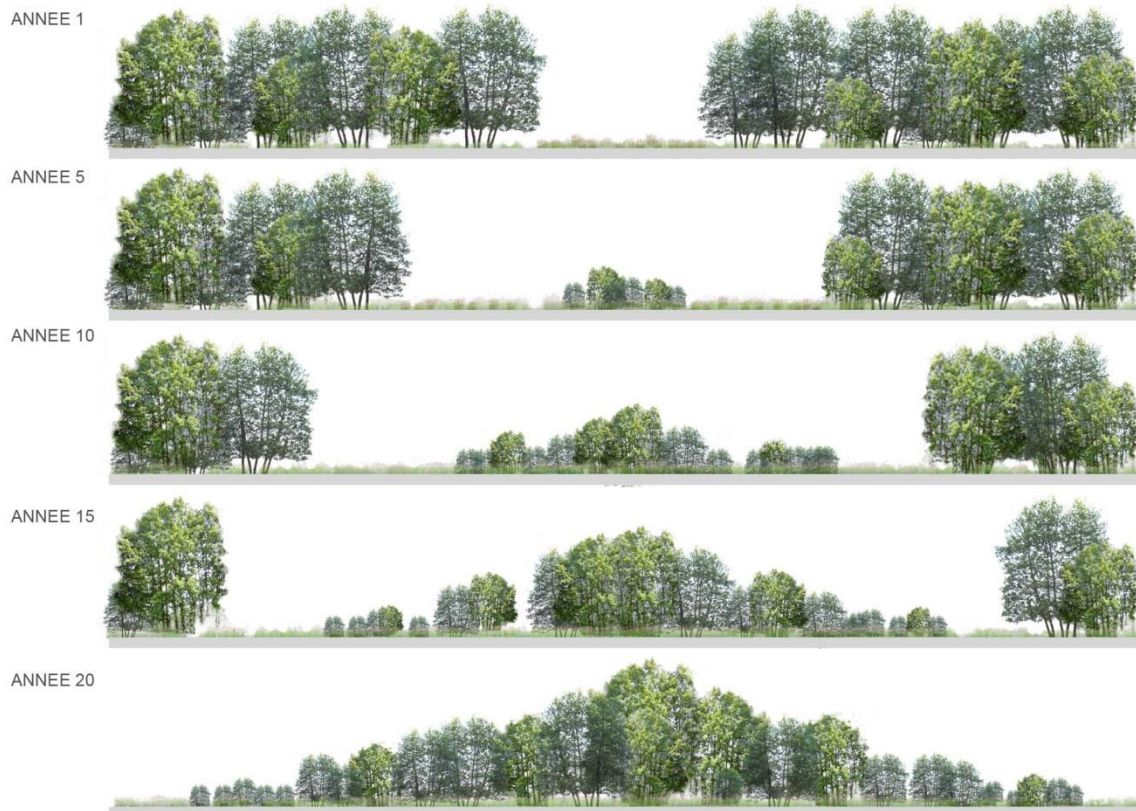


Figure 19- Simultanéité des étapes de succession écologique au niveau spatiale et temporelle, Morgan Sartiaux

Ce maintien est aussi temporel : Sans intervention humaine de gestion des ressources écologiques*, les berges évolueraient vers une ripisylve* à aulnes et frênes, milieu forestier fermé. L'intervention permet de maintenir dans le temps des milieux intermédiaires comme la mégaphorbiaie. Cet intérêt fait écho aux notions d'éco-potentialité et de fonctionnalité écologiques qui seront abordées dans la partie 3.

2.2.2.3. Intérêts à l'échelle de la ville des interventions sur la ripisylve

Les deux voies d'intervention présentées sur les berges comprises dans le site de projet du futur Parc des Expositions de Strasbourg - à savoir l'amélioration des ressources

écologiques* par remplacement progressif d'une ripisylve* de *Populus nigra 'italica'* par une ripisylve* à aulnes et frênes (*Alno-Padion*), et la gestion de la nouvelle ripisylve* par maintien des différents stades d'une succession écologique – ont été réfléchies tant à l'échelle du site qu'à une échelle plus large.

La sauvegarde de ce type de milieu actuellement en régression est primordiale dans la dynamique écologique du site mais aussi dans la dynamique du réseau écologique de Strasbourg et de la vallée du Rhin car il comprend des milieux à grande diversité biologique*. La qualité et la diversité écologique de ce lien constituent des enjeux territoriaux de la ville de Strasbourg et à plus large échelle de la vallée du Rhin.

Comme le montre la figure 20, le réseau de cours d'eau et rivières, et notamment l'Aar, jouent un rôle primordial dans la trame de continuités écologiques : ce réseau constitue l'une des liaisons majeures entre les différents points d'eau (par exemple au sud sur le plan) et les espaces boisés présent à Strasbourg. Il représente de même l'un des seuls espaces de liaison écologique à proximité du centre-ville. Son importance écologique n'est pas seulement due à ses milieux à fort intérêt écologique, elle est aussi due à la position centrale de ces milieux dans la trame écologique de la ville.



Figure 20 - Le maillage de continuités écologiques de Strasbourg et l'enjeu des berges des cours d'eau, Agence Sempervirens

La présence en contexte urbain d'une telle ripisylve* possède d'autres avantages : La strate arborée va tout d'abord permettre une stabilisation des berges. L'impact est à la fois écologique comme je l'ai précisé plus tôt avec la création d'un habitat* propice à la faune aquatique, mais aussi économique car le réseau de cours d'eau et rivières sera à terme moins fragile et nécessitera moins d'entretien. La qualité des berges boisées peut aussi constituer un frein à la minéralisation de ces dernières.

Ces berges boisées remplissent aussi le rôle d'espace vert en contexte urbain. L'emprise spatiale globale des berges sur le territoire de Strasbourg en font l'un des poumons verts de la ville. La diversification du paysage* fluvial, avec sur le site que j'ai étudié une variation de la ripisylve*, apporte une valeur ajoutée à cet espace vert. Les berges répondent au besoin de « contact avec la nature [permettant de] fuir l'agitation urbaine, [de] se ressourcer, [de] se détendre » (Boutefeu, 2001) et concilient besoin de nature et amélioration/gestion des ressources écologiques*. Au contraire d'un espace vert comme un parc public ou un square, la ripisylve* possède un caractère « naturel » recherché par la population urbaine. Sur le site de notre projet par exemple, les interventions sur la ripisylve* sont ponctuelles et l'implantation des végétaux est réalisée naturellement. La ripisylve* conserve donc un aspect naturel, a contrario d'un site où la végétation est entretenue régulièrement.

Le site peut même devenir un lieu didactique de vulgarisation de cette prise en compte de l'écologie par le biais de communications avec les usagers (panneaux explicatifs, activités sur le thème de l'écologie).

2.2.2.4. Mise en place de bassins plantés : création de micro-habitats en lien avec l'intérêt esthétique du site

Comme je l'ai présenté plus tôt, l'espace non-bâti du site de projet est occupé par un parvis minéral prolongé d'une sente réservée aux cheminements doux qui longe des bassins plantés, comme le montre la figure 21.

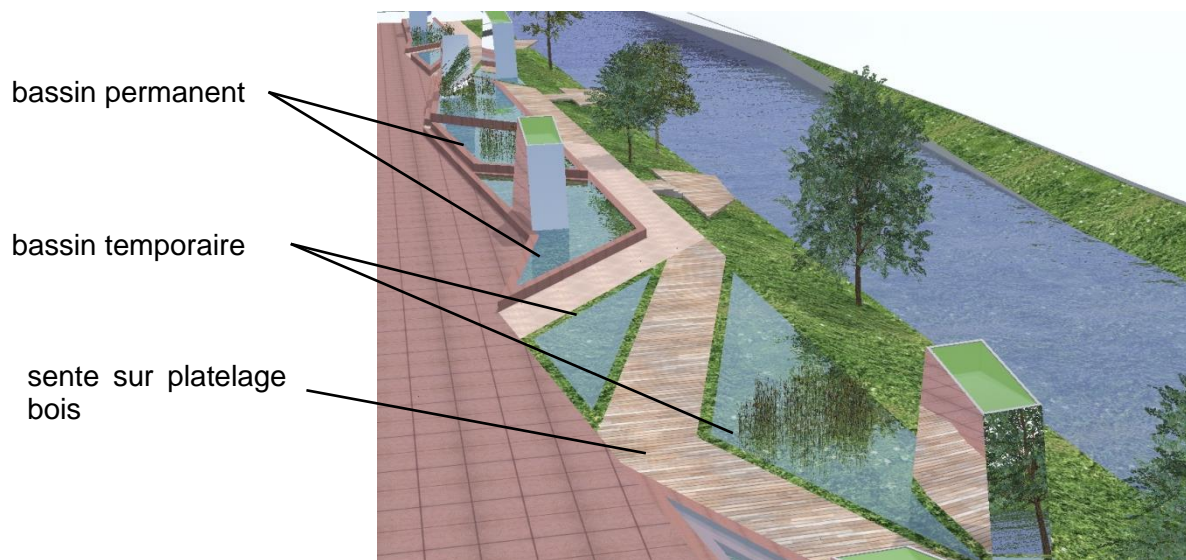


Figure 21 - Les bassins de rétention plantés fournissent des micro-habitats humides permanents ou temporaires de type mare/roselière, Agence Sempervirens

Les bassins sont divisés en deux groupes : certains sont toujours emplis d'eau (visibles en arrière-plan sur la figure 21) et d'autres en eau seulement en cas de fortes pluies (visibles au premier plan de la même figure).

Les deux sont végétalisés par une palette végétale* inspirée à la fois de la ripisylve* et des

habitats* de type roselières ou point d'eau (*phragmites communis*, *Equisetum sp.*, etc). A l'instar des interventions sur la ripisylve*, ces bassins allient un rôle d'aménagement paysager esthétique et un rôle écologique.

L'aménagement est agencé entre le pavage minéral et les berges de l'Aar. Ce lien paysager est donc conçu comme une transition entre le terrestre et l'aquatique, l'aménagé et le naturel, le minéral et le végétal. Le cheminement permet de passer du pavage aux berges où plusieurs plateformes font office de point de vue sur l'Aar. Les bassins apportent de la hauteur à l'aménagement et les bordures servent aussi de bancs pour les usagers. Ils font écho au cours d'eau, le longeant sur la majorité du site de projet.

D'un point de vue écologique, ces bassins constituent un réseau de points d'eau temporaires ou permanents selon la configuration du bassin considéré. La végétation, citée précédemment, a pour but de reproduire un réseau de micro-habitats* de milieu humide. Les bassins pourront héberger une faune de milieu humide.

La protection, l'amélioration et la gestion des ressources écologiques* sur le site du futur Parc des Expositions sont donc majoritairement basées sur la modification de la ripisylve*. L'amélioration de la diversité biologique* de cette dernière et sa gestion dans le temps permettent un enrichissement des ressources écologiques* à l'échelle du site mais aussi à l'échelle de la ville et de la vallée du Rhin. Elles pérennisent en effet sur le site des habitats* en régression et permettent d'envisager une amélioration des ressources écologiques* des berges à l'échelle de la ville. L'aménagement des bassins permet la mise en place de micro-habitats* et la création d'un lien entre un espace minéral bâti et un espace végétal et aquatique. Ces espaces constituent aussi un nouvel espace vert de qualité en contexte urbain, répondant à la fois aux attentes écologiques et au besoin de nature auquel doit répondre un aménagement paysager en milieu urbain.

2.2.3. Limites du projet

Quelques nuances sont cependant à apporter au projet exposé. Je focaliserai ces remarques sur les limites d'un point de vue écologique du projet.

Le projet en lui-même est une limite à l'enrichissement écologique car la majorité du site est dévolu au bâti, avec une occupation de la surface de 85% par le bâti (environ 72000 mètres carrés de surface bâtie). Une large proportion du site se retrouve donc minéralisée. Les espaces extérieurs sont conçus sur les limites du site, dans les zones où le bâti n'est pas envisageable. Le bâti est aussi une limite à l'enrichissement écologique car il n'intègre pas d'espace végétalisé et sa structure ne permet pas de structure de végétalisation comme une toiture végétalisée. Une réflexion sur le recyclage des eaux de pluie est inscrite dans la conception du bâtiment, cependant l'aspect durable du bâtiment est atténué par le fait que les parois en verre provoquent une déperdition thermique importante.

Ce paradoxe entre conception d'espaces extérieurs axé sur l'écologie et bâtiment n'intégrant pas ces notions soulève une des limites de l'aménagement paysager : le paysagiste peut-il gérer l'aspect écologique et plus globalement l'aspect durable du projet s'il n'intervient que sur les espaces extérieurs ? Force est de constater, tout du moins dans cet exemple, qu'un aménagement en ville doit prendre en compte l'écologie dans la conception des espaces extérieurs mais aussi dans ses éléments architecturaux s'il veut être globalement efficace dans la sauvegarde des ressources écologiques*.

Une autre limite du projet global est qu'il provoque une hausse de la fréquentation du site importante. La fréquentation humaine peut provoquer une baisse de biodiversité* par une pollution et une détérioration des milieux. Certaines espèces, notamment des oiseaux nicheurs, ne pourront pas s'installer sur le site malgré la présence d'une ripisylve* améliorée. Ce constat est cependant atténué par l'abondance de la végétation prévue au niveau de la ripisylve* et des bassins, fournissant à l'avifaune de nombreuses caches et sites de

nidification.

La forme des aménagements extérieurs est désavantageuse d'un point de vue écologique, ce qui constitue une limite structurelle du projet. La ripisylve* comme la série de bassins plantés sont longilignes, d'une largeur correspondant à la berge de l'Aar à laquelle s'ajoute une dizaine de mètres. Cette organisation spatiale exacerbe l'effet-lisière en maximisant l'espace de lisière par rapport au cœur d'îlot. Il y aura de ce fait une pauvreté en espèces de cœur d'îlots par rapport aux espèces de lisières.

Les bassins en eau présentent plusieurs limites : Pour les bassins pouvant s'assécher, une perturbation régulière de l'habitat* est provoquée par la submersion ou l'assèchement du bassin. Il y aura donc une modification du micro-habitat* de manière régulière. Cela provoquera donc des migrations de population* ou empêchera tout simplement l'établissement de certaines populations*.

En ce qui concerne les bassins remplis en permanence, la gestion de l'eau peut être problématique. En effet en cas de période sèche un apport d'eau est nécessaire pour maintenir une lame d'eau dans les bassins, nécessitant donc un apport en eau externe soit par le réseau d'eau courante, soit par pompage dans l'Aar. Outre les questions de gestion durable des ressources que cela soulève, se pose la question de la qualité de l'eau et de son adéquation avec les caractéristiques requises de l'habitat*. En effet l'eau courante sera chlorée et peut donc perturber le micro-habitat* des bassins. L'impact sera moins important si l'eau est issue de pompage du cours d'eau.

Une limite d'ordre méthodologique du projet est qu'aucune évaluation de l'impact des aménagements n'est prévue. De ce fait il n'y aura aucun retour sur l'intervention sur la ripisylve* ou des bassins, les hypothèses sur lesquelles reposent l'aménagement des espaces paysagers ne seront ni validées ni infirmées. Une évaluation de l'impact de la gestion à long terme aurait été souhaitable car son impact économique sera aussi à long terme : Si la taille périodique de sections de ripisylve* n'a pas d'impact significatif sur la diversité biologique* sur le site et à plus large échelle, il est alors plus intéressant d'allouer le coût d'entretien à un autre programme favorisant la biodiversité* au sein de la vallée du Rhin.

Une dernière limite concernant la notion d'éco-potentialité sera présentée dans la partie 3.2.3.

En me basant sur le cas concret du projet d'aménagement du futur Parc des Expositions de Strasbourg, j'ai développé une analyse de site et la réflexion paysagère en découlant. Le projet basé sur cette réflexion permet, notamment par une intervention en deux temps sur la ripisylve* présente sur le site, de répondre à plusieurs enjeux écologiques pertinents à l'échelle du site mais aussi à l'échelle de Strasbourg et à celle de la vallée du Rhin. Cela m'a permis d'introduire une réflexion plus générale sur les moyens de prise en compte de l'écologie en milieu urbain, allant d'une meilleure gestion des espaces verts existants à l'extension des continuités écologiques.

3 – L'éco-potentialité, anticipation des enjeux écologiques de demain

Je vais dans cette dernière partie présenter une autre conception de l'écologie : l'éco-potentialité. Contrairement à l'approche actuelle basée majoritairement sur les ressources écologiques* du site, cette potentialité écologique prend en compte ce que peut fournir le site à long terme, en étudiant passé et perspective d'évolution.

3.1/ Principe d'éco-potentialité : une évaluation de l'importance écologique actuel et futur d'un site

L'analyse des sites est largement basée sur l'existant, focalisant par exemple sur la présence de telle ou telle espèce sur le site. Cette analyse prend en compte la richesse des ressources écologiques* du milieu au moment de l'étude, sans prendre en compte la biodiversité* dans le passé et surtout sans prendre en compte la capacité de maintien de la diversité biologique* dans le temps. La notion d'éco-potentialité, ou potentialité écologique, consiste à prendre en compte ce maintien dans le temps lors de l'évaluation de l'intérêt écologique d'un espace.

3.1.1. Définition et enjeux

L'éco-potentialité est une détermination de l'intérêt actuel et futur d'un site dans la sauvegarde de la biodiversité*. Elle est basée sur deux notions : la fonctionnalité écologique d'un site et son intérêt écologique à large échelle.

La fonctionnalité écologique d'un espace désigne la capacité de maintien de la biodiversité* de cet espace sur le long terme. En effet le seul inventaire de la diversité biologique* d'une zone est insuffisant pour déterminer son potentiel écologique, il faut aussi prendre en compte la capacité de maintien sur ce site de cette diversité. Cette notion est directement issue de l'écologie du paysage* et de la théorie d'insularisation écologique. En effet une étude menée en 2008 par la Direction Régionale de l'Environnement du Nord – Pas-de-Calais, dont un extrait ciblé sur l'éco-potentialité est disponible en annexe 2, définit cinq facteurs déterminant la fonctionnalité écologique d'un espace [20] :

- « la connectivité ;
- la naturalité ;
- la compacité ;
- la surface ;
- l'hétérogénéité. »

La connectivité est issue de la notion d'isolement de l'îlot écologique. Elle correspond aux échanges possibles entre des milieux, fonction donc à la fois de l'isolement et de la biodiversité* de l'îlot. Elle prend en compte, pour l'évaluation de la fonctionnalité écologique, du « brassage génétique et des échanges intra-populations » permettant donc d'éviter une érosion génétique conduisant à la fragilisation de ces populations*.

La naturalité correspond tout simplement au degré d'intervention de l'Homme sur le milieu. Comme je l'ai évoqué précédemment, une intervention humaine importante provoque une baisse de biodiversité*.

La compacité est liée au principe d'effet lisière que j'ai aussi évoqué précédemment. Ainsi les milieux possédant un ratio lisière/cœur d'îlot fort verront leur biodiversité* affaiblie en comparaison d'une zone aux mêmes caractéristiques dont la forme modifie le ratio (le

meilleur ratio étant assuré par une forme circulaire).

La surface est un des facteurs principaux dans la théorie d'insularisation écologique : Une plus grande surface permet le maintien d'une diversité plus importante en diminuant le taux d'extinction d'espèces. En diminuant ce taux, une surface plus grande maintient une diversité spécifique plus importante, permettant l'établissement d'écosystèmes* plus complexes et plus stables.

L'hétérogénéité correspond à la diversité biogéographique, c'est-à-dire la diversité de milieux sur le site étudié. Ce paramètre ne peut être pris en compte que par une étude globale de l'éco-paysage* englobant le site. Une hétérogénéité forte permettra une diversité d'habitat* plus importante, donc une variété d'écosystèmes* accrue. Selon le même raisonnement qu'auparavant, cette diversité cette fois-ci éco-systémique permettra une biodiversité* plus complexe et stable à l'échelle de l'éco-paysage*.

L'enjeu de l'éco-potentialité basé sur la fonctionnalité écologique est donc de lutter contre la fragmentation (diminuant les quatre premiers paramètres) et l'homogénéisation (diminuant le dernier paramètre) des milieux. Cela permet d'augmenter la capacité de maintien de la biodiversité* dans le temps à l'échelle d'un site mais aussi à l'échelle de l'éco-paysage*. Par extension cela permet de déterminer si un site permettra une diversité biologique* à long terme et donc la pertinence de sa sauvegarde.

La seconde notion de l'éco-potentialité, l'intérêt écologique d'un site, se détermine par comparaison avec les ressources écologiques* des sites environnants. L'échelle de l'éco-paysage* est ici pertinente car elle est définie comme une mosaïque organisée, associée à différents réseaux, d'unités écologiques en interaction. Les trois facteurs suivants permettent de mesurer cet intérêt écologique :

- Proportion de ressources rares.

Les ressources rares représentent les espèces peu représentées dans l'éco-paysage* ainsi que les espèces remarquables et protégées. L'intérêt augmente car ces populations* représentent une ressource écologique* rare : si le site ne permet plus le maintien de ces populations*, la biodiversité* en sera diminuée et la ressource écologique difficilement restaurée à cause de sa rareté.

- Proportion de ressources-clé des écosystèmes*.

Les ressources clés d'un écosystème* sont les espèces dont l'absence déstabilise tout le réseau trophique* d'un milieu. Plusieurs types d'effondrement des réseaux trophiques sont observés, je ne citerai que l'exemple d'effondrement par le haut : priver un milieu d'un prédateur important provoque une augmentation démographique des populations* de ses proies, ces dernières épuisant les ressources de nourritures du milieu, provoquant une chute démographique et une simplification de l'écosystème*.

- Proportion de ressources rendant un service aux activités humaines

Certaines ressources écologiques* permettent de faciliter et d'optimiser les activités humaines. Je citerai le cas connu de la pollinisation, qu'elle soit effectuée par des vertébrés ou des invertébrés, ou encore l'épuration des milieux par les végétaux. L'intérêt est ici économique et social, la sauvegarde de ces ressources* et des milieux qui les abritent ayant un impact aussi bien sur des filières de production que sur la qualité sanitaire de notre habitat*.

L'éco-potentialité a donc pour enjeu de rendre plus efficace et ciblée la sauvegarde des milieux : L'enjeu est de sauvegarder en priorité les espaces à intérêt écologique important, tout en prenant en compte le potentiel de maintien de cet intérêt à long terme.

3.1.2. Particularités de l'éco-potentialité en ville

En contexte urbain, la fragmentation de l'espace et l'uniformisation des milieux posent un problème de détermination de l'éco-potentialité d'un site. Au cours de la conférence URBIO de 2010 une solution a été proposée avec la détermination de plusieurs indicateurs permettant l'évaluation de l'Index de Biodiversité* Urbaine (IBU, à l'origine CBI pour City Biodiversity Index). Vingt-trois indicateurs sont ainsi répartis en trois classes : « Biodiversité* urbaine native (dix indicateurs), services éco-systémiques fournis par la biodiversité* native (quatre indicateurs) et gouvernance et gestion de la biodiversité* urbaine (neuf indicateurs) » [21]. Ces différents indicateurs sont consultables en annexe 3.

- La première classe d'indicateur prend en compte la diversité et la fonctionnalité écologique d'une aire d'étude. Il constitue la synthèse entre l'évaluation des ressources écologiques* d'une part et leur capacité de maintien d'autre part.
- La seconde classe d'indicateur correspond aux services rendus par ces ressources écologiques*, les indicateurs allant du potentiel de stockage de carbone (nombre d'arbres) aux services récréatifs (nombre de parcs urbains).
- La troisième intègre une notion que je n'ai que peu pris en compte jusqu'à présent : l'implication des populations humaines dans les enjeux écologiques. Cette notion est tout à fait pertinente car en milieu urbain, la sensibilisation du public est un moyen efficace et durable de sauvegarder les ressources écologiques*, notamment en réduisant les nuisances par prise de conscience et action collective. Cet IBU est donc plus axé que notre précédente définition de l'éco-potentialité (partie 3.1.1.) sur l'Homme, ce qui peut être pertinent dans un milieu où les interactions majoritaires seront en lien avec les activités humaines.

Cette détermination spécifique aux villes (le modèle ayant été appliqué à Singapour mais aussi à certaines métropoles japonaise comme Nagoya) permet une pertinence accrue des documents législatifs (PLU, ScoT). Une base scientifique validée, focalisée sur les ressources écologiques* et leurs interactions avec l'Homme devient ainsi un outil de perfectionnement de la gestion des espaces en ville.

La notion d'éco-potentialité est très récente (l'IBU a été défini en 2008) et encore peu utilisée sciemment dans les études d'impact et les aménagements paysagers. Les conférences URBIO développent cette notion et permet une perfection des indicateurs sélectionnés dans le cas du contexte urbain. L'application aux politiques de gestion du milieu urbain n'est pas encore effective, cependant l'étude de l'IBU sur trente-cinq villes pilotes est prévue, six ayant été achevées en 2010 (Edmonton, Montréal, Curitiba, Hamilton, Bruxelles et Singapour) [22].

3.2/ L'éco-potentialité comme anticipation des enjeux futurs

3.2.1. La cartographie de l'éco-potentialité : Une analyse à grande échelle déterminant les futures politiques territoriales

Appliquée à une aire large, l'évaluation de l'éco-potentialité permet de dresser des cartographies du potentiel écologique allant de l'échelle de l'éco-paysage à celle de la région, comme l'a déjà réalisé la Direction Régionale de l'Environnement du Nord – Pas-de-Calais [20]. Ces dernières sont souvent focalisées sur la fonctionnalité écologique des différents sites (définies dans la partie 3.1.1.). Les différents critères sélectionnés en fonction du type de milieu se voient attribués une valeur numérique (détails en annexe 2), servant à

hiérarchiser l'éco-potentialité des zones de façon neutre sur la base d'un calcul mathématique intégrant la valeur de chaque variable. Cela détermine des aires d'éco-potentialité sur la zone étudiée.

L'intérêt d'une représentation cartographique de l'éco-potentialité est la comparaison facilitée avec les aires de protection des espaces naturels, les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZBIEFF) 1 et 2 ou encore les différentes zones d'un PLU ou d'un SCoT. Elle permet à grande échelle une modification des orientations territoriales (Une cartographie de l'éco-potentialité à l'échelle d'une région a ainsi été modélisée par la Direction Régionale de l'Environnement du Nord – Pas-de-Calais. Annexe 2)

3.2.2. L'écologie : potentiel pour les enjeux du futur

Actuellement la prise en compte de l'écologie, notamment en milieu urbain, consiste à allier enjeux écologiques et enjeux urbains actuels. Ainsi l'aménagement paysager urbain doit prendre en compte la conservation, l'amélioration et la gestion des ressources écologiques* tout en fournissant des espaces répondant aux intérêts des usagers comme le besoin de nature, l'intérêt économique ou l'amélioration des conditions sanitaires.

L'éco-potentialité permet une anticipation des ressources écologiques* futures. Un aménagement prenant en compte cette éco-potentialité sera donc pensé sur une longue période, assurant la fonctionnalité écologique d'un lieu. Je citerai ici l'exemple abordé précédemment, où la gestion sur le long terme de la ripisylve* assure une fonctionnalité écologique pour les habitats* intermédiaires. Ce maintien de l'aménagement dans le temps pose une autre problématique : L'aménagement, répondant aux enjeux actuels en termes d'écologie mais aussi en termes de besoins anthropiques ou de ressources au sens large du terme, permettra-t-il de répondre aux enjeux de demain ? L'éco-potentialité est une projection dans le temps concernant la biodiversité* mais elle doit aussi intégrer une réflexion sur l'évolution des enjeux. Par exemple le potentiel écologique peut être axé sur la potentielle raréfaction d'une ressource –eau, surface cultivable- et intégrer dans l'aménagement du site une sauvegarde de la ressource même si cette dernière est abondante lors de la conception de l'aménagement.

3.2.3. Recherche de la valeur économique d'un potentiel : Tout est-il convertible en devise ?

En 1976 est intégrée aux études d'impact la notion de compensation : lors de l'étude d'impact de la réalisation d'aménagement ou d'ouvrages, « l'étude des modifications que le projet [...] engendrerait [sur le site] et les mesures envisagées pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables pour l'environnement » (Giscard D'Estaing, 1976) sont obligatoires.

Ces mesures compensatoires ont ensuite été précisées par la Loi n°95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, la directive 2004 / 35 /CE du Parlement européen et du Conseil du 21 Avril 2004 et par les deux Loi Grenelle.

Les mesures compensatoires ont pour but de contrebalancer les effets dommageables d'un projet sur le potentiel écologique d'un site lorsque ces effets ne peuvent pas être atténués ou supprimés. Le principe de base voudrait que les mesures compensatoires rétablissent un potentiel écologique équivalent dans un milieu similaire à celui du site, si possible proche géographiquement, ce qui est désigné sous le terme de juste compensation. D'un point de vue pragmatique, ce type de compensation est rarement applicable, les voies d'application de ces mesures sont donc variées : Création de réserve de biodiversité*, restauration de milieu et même sensibilisation des usagers d'un site.

Pour mettre en place ce principe de compensation, une évaluation de l'importance écologique du site est nécessaire : en effet pour arriver à une juste compensation, l'évaluation de ce qui est perturbé est obligatoire. L'éco-potentialité, englobant l'importance actuelle et potentielle des ressources écologiques* d'un site, est souvent utilisée dans les études d'impact à cet effet. Cependant cette recherche de la valeur des ressources

écologiques* dérive sur la détermination d'une valeur économique pour cette valeur écologique.

Un type de compensation favorise cette dérive : la compensation par financement d'un organisme-tiers chargé de gérer cette compensation. Le principe est le suivant : Si un aménagement est soumis à des mesures compensatoires, il est possible de payer une structure externe qui assurera la compensation sur un autre site, le plus souvent un site foncier privé, et donc de s'affranchir moyennant une certaine somme d'argent des mesures compensatoires. L'évaluation de l'éco-potentialité d'un site est donc convertie en devises, posant la notion controversée de valeur de l'écologie. Comment se définit le prix d'un potentiel écologique ? Selon quels critères ? La dégradation d'un site ne se traduit-elle qu'en termes de coûts de projet supplémentaires ? Les ressources écologiques* sont réduites dans cette logique à de simples coûts, des contraintes budgétaires. Le principe poussé à l'extrême conduit à la création d'un marché de crédit écologique, ce qui s'est déroulé aux Etats-Unis dès les années 1980 avec les *mitigation banking*. La destruction de milieux est rendue possible à condition d'avoir les moyens financiers de payer les crédits écologiques correspondant.

La limite la plus importante d'un tel système reste le passage par une valeur économique : les paramètres de l'éco-potentialité, basés sur une étude du site, sur sa fonctionnalité et son intérêt écologique est convertie en une simple valeur numérique. Les sites de compensation se voient attribués une valeur écologique convertie en valeur économique, cependant rien ne garantit que la destruction d'un type d'habitat* sera compensée par une action sur un habitat* similaire. Si je reprends l'exemple du Parc des Expositions, ce système permettrait une destruction pure et simple de l'habitat* de ripisylve* et sa compensation par des actions sur un habitat* de steppe. Il n'y a plus de lien entre la compensation et la sauvegarde des ressources écologiques* du site.

L'amalgame entre valeur écologique et valeur économique est donc à éviter, la notion de valeur dépendant de paramètres et d'enjeux différents à la base. Il détourne les acteurs de l'aménagement des vrais enjeux : la problématique de prise en compte de l'écologie est abolie au profit de la recherche du moindre coût de compensation.

3.3/ Intégration de l'éco-potentialité au projet de futur Parc des Expositions de Strasbourg et limites de l'éco-potentialité du projet

Comme il a été exposé précédemment (partie 2.2.2.2.), une des interventions sur le site est une gestion à long terme de la ripisylve. Cette intervention peut être jugée comme idéaliste du fait de sa durée très importante (un cycle s'étale sur vingt ans), cependant elle s'inscrit dans l'enjeu de l'éco-potentialité en permettant d'améliorer cette dernière :

- Elle permet d'améliorer la fonctionnalité écologique en pérennisant la diversité biologique* sur le site ;
- Elle améliore de même l'intérêt écologique du site en permettant le maintien de stades intermédiaires de la succession écologique comme la mégaphorbiaie.

Le projet proposé intègre de ce fait une démarche bénéfique d'un point de vue de l'éco-potentialité.

Il possède cependant deux limites diminuant l'éco-potentialité du projet. La première est intrinsèque à l'amélioration de la ripisylve* : durant toute l'opération de modification de la ripisylve*, l'écosystème* de la ripisylve* de peupliers d'Italie est perturbé. Les populations* présentes sur le site seront soit chassées soit détruites lors des tailles de la ripisylve*. L'élimination d'une essence jugée peu satisfaisante d'un point de vue écologique provoque une perturbation majeure de l'habitat* entier. La fonctionnalité écologique de l'existant est fortement diminuée, même si ce constat est atténué par l'établissement de nouveaux habitats.

La seconde est liée cette fois-ci à la gestion de la ripisylve*, mais repose sur un principe similaire : Une fois que les essences de la ripisylve* de type *Alno-Padion* seront implantées sur le site, la gestion prévoit une perturbation cyclique des différentes sections de la ripisylve* comme le présente la figure 17. Cette perturbation possède des avantages que j'ai déjà évoqués, à savoir une simultanéité des stades de succession écologique, facteur de biodiversité* ; mais aussi deux inconvénients :

- Aucune zone de la ripisylve* ne sera stabilisée à long terme, la taille étant réalisée de façon cyclique. Certaines espèces de sous-bois ne peuvent coloniser le milieu que si le boisement est assez stabilisé, stabilisation rendue impossible par les tailles périodiques. Le milieu en constante évolution permet une diversité basée sur les espèces pionnières et d'habitat* intermédiaire, mais relativement moins importante en espèces d'habitats* climatiques.
- La taille est un évènement perturbateur majeur : elle peut provoquer un dérangement de la faune installée sur le site et donc des migrations appauvrissant le site en ressources écologiques* et fragilisant les populations* touchées en les privant d'un habitat* favorable. Ce désagrément est atténué par l'organisation spatiale de la ripisylve* : les espaces limitrophes d'une zone taillée correspondent à un habitat* similaire dont un est plus jeune de 5 ans seulement.

Pour résumer ces deux inconvénients, rappelons qu'en milieu urbain, la biodiversité* est en lien avec plusieurs paramètres et notamment le degré d'intervention humaine. L'intervention se prolongeant dans le temps, elle provoque une baisse de biodiversité* à long terme et une fragilisation des habitats, donc une baisse de la fonctionnalité écologique de l'aménagement.

Une solution aurait été de conserver un cœur de ripisylve* qui, une fois modifié, pourrait évoluer vers un habitat* proche du climax théorique. Ce « cœur » aurait permis une colonisation facilitée en espèces inféodées aux boisements stabilisés à la fois sur le site mais aussi à plus grande échelle sur les berges de cours d'eau de la vallée du Rhin. En améliorant le maintien dans le temps d'écosystèmes de ripisylve bien développée et donc la colonisation du site par des populations* rares car inféodées aux ripisylves bien établies, la mise en place de ces « cœurs » aurait permis l'amélioration de l'éco-potentialité.

Conclusion

La prise en compte de l'écologie au sein d'un milieu où les pressions humaines sont omniprésentes est un défi pour tous les acteurs de ce milieu, et notamment ceux qui le conçoivent et l'aménagent. Conserver, améliorer et gérer les ressources écologiques* en milieu urbain demande des interventions raisonnées, basées sur une connaissance précise de la biodiversité* et sur une prise en compte à long terme de cette dernière. La prise en compte de l'écologie en contexte urbain demande surtout une implication et une sensibilisation des usagers et des acteurs, car c'est la prise de conscience générale de l'écologie urbaine* qui assure son intégration aux activités et enjeux humains, donc sa durabilité.

L'écologie se démocratise, se vulgarise et s'intègre aux réflexions. D'une discipline scientifique connue d'un cercle restreint de biologistes et naturalistes, elle a évolué et représente aujourd'hui un des trois piliers du développement durable, piliers considérés comme conditions *sine qua non* à la pérennité de notre société dans l'avenir. La notion d'écologie est donc continuellement remise en question, réadaptée à de nouveaux contextes – l'écologie urbaine traitée ici est un exemple de cette généralisation de l'écologie – et complexifiée. Comme il a été souligné avec la notion d'éco-potentialité, des études tentent de quantifier, d'établir une valeur à l'écologie. Est-il possible d'attribuer une valeur à une ressource écologique sans provoquer un amalgame entre valeur écologique et valeur économique ? L'expérience montre que les dérives peuvent devenir problématiques si les spécificités d'une ressource, faisant partie de sa valeur économique, sont converties en une valeur monétaire ne prenant aucunement en compte ces particularités. Fort heureusement la législation concernant la prise en compte de l'écologie se complexifie et s'affine, incluant des méthodes nouvelles comme l'IBU. L'enjeu est donc à présent d'ancrer durablement l'écologie dans les consciences, et dans le cas des aménagements de passer de l'écologie considérée comme une contrainte à l'écologie considérée comme une valeur ajoutée au projet.

Références Bibliographiques

Boutefeu E. (Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme) (2001). Composer avec la nature en ville, 1^{ère} éd., Documentation Française, 376p.

Deléage J.-P. (1991). Histoire de l'écologie : une science de l'homme et de la nature. 1^{ère} éd., éditions La Découverte, 332 p.

Haeckel E. (1866). Generelle Morphologie der Organismen : allgemeine Grundzüge der organischen Formen-Wissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformirte Descendenz-Theorie. Allgemeine Entwicklungsgeschichte der Organismen, kritische Grundzüge der mechanischen Wissenschaft von den entstehenden Formen der Organismen, begründet durch die Descendenz-Theorie / von Ernst Haeckel. 1^{ère} éd., G. Reimer (Berlin), 632p. en 2 vol.

Giscard d'Estaing V. (1976). LOI n° 76-629 du 10 Juillet 1976 relative à la protection de la nature, 4p.

Larcher J-L. Gelgon T. (2000). Aménagement des espaces verts urbains et du paysage rural. 3^e éd., Technique et Documentation, 502p.

Mayoux P. (2004). Fleurs des Pyrénées faciles à reconnaître. 1^{ère} éd., Rando Editions, 64p.

Péna M. Audouy M. (2011). Petite histoire du jardin & du paysage en ville. 1^{ère} éd., éditions Alternatives, 112 p.

Smuts J.-C. (1926). Holism and Evolution. 1^{ère} éd., Macmillan & Co Ltd.(Londres), 362 p.

Références Sitographiques :

- [1] Wikigallery (2013). Jardins suspendus de Babylone, de Ferdinand Knab.
http://www.wikigallery.org/wiki/painting_203604/Ferdinand-Knab/The-Hanging-Gardens-of-Babylon
- [2] Gardenvisit (2008). Jardin de Sennefer, trouvé dans la tombe d'Amenhotep III, d'auteur anonyme.
http://www.gardenvisit.com/history_theory/library_online_ebooks/ml_gothein_history_garden_art_design/small_egyptian_gardens
- [3] Wikipédia (2013). Jardin à la française.
https://fr.wikipedia.org/wiki/Jardin_%C3%A0_la_fran%C3%A7aise
- [4] Le Point (2010). Les potagers du ciel, par Hélène Vissière.
www.lepoint.fr/monde/les-potagers-du-ciel-25-11-2010-1269730_24.php
- [5] Gallica (2013). Histoire de l'écologie, p 286. Définition d'écologie, par Ernst Haeckel.
<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k679173/f448.image>
- [6] Wikipédia (2006). Chablis en forêt de Soignes, Belgique, d'auteur anonyme.
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:For%C3%AAt_de_Soignes_03.JPG
- [7] Wikimédia (2012). Forest succession depicted over time, d'auteur anonyme.
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Forest_succession_depicted_over_timeFr.png
- [8] CBD (1992). Texte de la Convention sur la diversité biologique.
<http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-fr.pdf>
- [9] The Asahi Glass Foundation (2006). Blue Planet Prize 2006, par Akira Miyawaki.
<http://www.af-info.or.jp/en/blueplanet/doc/list/2006essay-miyawaki.pdf>
- [10] University of Oslo (2012). Chinju no mori à Kyoto, par Aike P. Rots.
<http://www.uio.no/english/research/interfaculty-research-areas/plurel/news-and-events/news/2012/shintotemple.html>
- [11] Flickr (2008). Vue aérienne de la banlieue de Dallas, Justin Cozart.
<http://www.flickr.com/photos/fatquyinalittlecoat/2890073285/in/pool-35237093527@N01/>
- [12] Wikipédia (2009). Ilha feia, Ricardo Eliezer de Souza e Silva Maas.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ilha_feia.jpg
- [13] Wikipédia (date inconnue). Dobberworth, emplacement d'ancienne tombe créant un îlot boisé en zone agricole, d'auteur anonyme.
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dobberworth.JPG>
- [14] Wikipédia (2009). Central Park, par Piotr Kruczek.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Central_Park-from_Rock_Center2.jpg
- [15] Agence de l'Eau Seine-Normandie (Date non précisée). Gestion différenciée des tontes, par AQUI'Brie
<http://www.eau-seine-normandie.fr/index.php?id=7339>
- [16] Sud Ouest (2012). Massif de fleurs remplacées périodiquement à Cognac, par Sophie

Carbonnel

<http://www.sudouest.fr/2012/06/02/les-massifs-de-la-ville-font-des-envieux-731634-882.php>

[17] University of Birmingham (2012). Significant reduction in pollution achieved by creating green walls,

<http://www.birmingham.ac.uk/news/latest/2012/07/17-Jul-12-Significant-reduction-in-pollution-achieved-by-creating-green-walls.aspx>

[18] World Green Roof Congress (2012). Toiture végétalisée à Copenhague, d'auteur anonyme

<http://worldgreenroofcongress.com/copenhagen-wgrc/>

[19] INPN (1999). Forêts alluviales à *Alnus glutinosa* et *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*)*.

<http://inpn.mnhn.fr/docs/cahab/habitats-declines/91E0.pdf>

[20] Portail du Système d'Information Documentaire de l'Environnement (2008). Analyse des potentialités écologiques du territoire régional, Biotope-GREET Nord – Pas-de-Calais

http://www.side.developpement-durable.gouv.fr/simclient/consultation/binaries/stream.asp?INSTANCE=EXPLOITATION&EIDMPA=IFD_FICJOINT_0006832

[21] URBIO (2010). Measuring biodiversity in cities: the Singapore index on cities' biodiversity, Dr Lena Chan

http://www.fh-erfurt.de/urbio/httpdocs/content/documents/IALE2011/URBIOatIALE2011_1-08_Chan.pdf

[22] URBIO (2011). Global Outlooks on Cities and Biodiversity, an Introduction to the work of the Convention on Biological Diversity (CBD) in urban and suburban areas, Yukihiro Morimoto et Norbert Müller

http://www.fh-erfurt.de/urbio/httpdocs/content/documents/IALE2011/URBIOatIALE2011_2-01_Morimoto+Mueller.pdf



AGROCAMPUS OUEST

CFR Angers

2 rue André Le Nôtre

F-49045 Angers cedex 01

SEMPERVIRENS

45, rue Lepic

75010 Paris

Annexes du Mémoire de Fin d'Études

**Diplôme d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques,
Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage**

Année universitaire : 2012 - 2013

Spécialité : Paysage

Spécialisation ou option : Maîtrise d'Œuvre et Ingénierie

**La prise en compte de l'écologie dans l'aménagement des sites en contexte urbain : Application au site
du Parc des Expositions de Strasbourg**

Par : Morgan SARTIAUX

*Volet à renseigner par l'enseignant responsable de l'option/spécialisation
ou son représentant*

Date : .../.../... Signature

Bon pour dépôt (version définitive)

Autorisation de diffusion : Oui Non

Devant le jury :

Soutenu à Angers

le : 06/09/2013

Sous la présidence de : Mme Marie-Hélène MACHEREL

Maître de stage : M. Frédéric Charles AILLET

Enseignant référent : M. Christophe MIGEON

*"Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent
que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST".*

Annexe I – Extrait du Manuel d'interprétation des habitats de l'Union européenne : Forêts alluviales à *Alnus glutinosa* et *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*)

Cette annexe est tirée de la référence sitographique [19]

Forêt de l'Europe tempérée

Forêts alluviales à *Alnus glutinosa* et *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*)*

91E0*

* Habitat prioritaire

CODE CORINE 44.3, 44.2 et 44.13

Extrait du Manuel d'interprétation des habitats de l'Union européenne

Version EUR 15 - 1999

91E0* Forêts alluviales à *Alnus glutinosa* et *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*)

PAL. CLASS. : 44.3, 44.2 et 44.13

1) Forêts riveraines (ripiques) de *Fraxinus excelsior* et d'*Alnus glutinosa* des cours d'eau planitiaires et collinéens de l'Europe tempérée et boréale (44.3 : *Alno-Padion*) ; bois riverains d'*Alnus incanae* des rivières montagnardes et submontagnardes des Alpes et des Apennins septentrionaux (44.2 : *Alnion incanae*) ; galeries arborescentes de *Salix alba*, *S. fragilis* et *Populus nigra*, bordant les rivières planitiaires, collinéennes ou submontagnardes d'Europe moyenne (44.13 : *Salicion albae*). Tous ces types se forment sur des sols lourds (généralement riches en dépôts alluviaux) périodiquement inondés par les crues annuelles, mais bien drainés et aérés pendant les basses eaux. La strate herbacée comprend toujours un grand nombre de grandes espèces (*Filipendula ulmaria*, *Angelica sylvestris*, *Cardamine* spp., *Rumex sanguineus*, *Carex* spp., *Cirsium oleraceum*) et diverses espèces de géophytes vernaux sont parfois présentes telles que *Ranunculus ficaria*, *Anemone nemorosa*, *A. ranunculoides*, *Corydalis solida*.

Sous-types :

44.31 - Les aulnaies-frênaies des zones de sources et leurs rivières (*Carici remotae-Fraxinetum*)

44.32 - Les frênaies-aulnaies des rivières à courant rapide (*Stellario-Alnetum glutinosae*)

44.33 - Les aulnaies-frênaies des rivières lentes (*Pruno-Fraxinetum*, *Ulm-Fraxinetum*)

44.21 - Les aulnaies blanches montagnardes (*Calamagrosti varia-Alnetum incanae* Moor 58)

44.22 - Les aulnaies blanches submontagnardes (*Equiseto hyemalis-Alnetum incanae* Moor 58)

44.13 - Les saulaies blanches médio-européennes (*Salicion albae*).

2) **Végétales** : strate arborescente - *Alnus glutinosa*, *Alnus incanae*, *Fraxinus excelsior* ; *Populus nigra*, *Salix alba*, *S. fragilis* ; *Betula pubescens*, *Ulmus glabra* ; strate herbacée - *Angelica sylvestris*, *Cardamine amara*, *C. pratensis*, *Carex acutiformis*, *C. pendula*, *C. remota*, *C. strigosa*, *C. sylvatica*, *Cirsium oleraceum*, *Equisetum telmateia*, *Equisetum* spp., *Filipendula ulmaria*, *Geranium sylvaticum*, *Geum rivale*, *Lycopus europaeus*, *Lysimachia nemorum*, *Rumex sanguineus*, *Stellaria nemorum*, *Urtica dioica*.

3) Correspondances

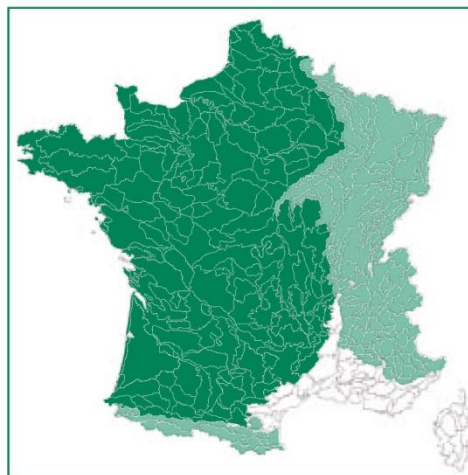
Classification du Royaume-Uni : « W5 *Alnus glutinosa-Carex paniculata* woodland », « W6 *Alnus glutinosa-Urtica dioica* woodland » et « W7 *Alnus glutinosa-Fraxinus excelsior-Lysimachia nemorum* woodland ».

Classification allemande : « 43040401 Weichholzaeuwald

mit weitgehend ungetörter Überflutungsdynamik », « 43040402 Weichholzaeuwald ohne Überflutung », « 430403 Schwarzerlenwald (an Fließgewässern) », « 430402 Eschenwald (an Fließgewässern) », « 430401 Grauerlenauwald (montan, Alpenvorland, Alpen).

Classification nordique : « 2234 *Fraxinus excelsior*-typ » and « 224 Alskog ».

4) La plupart de ces forêts sont en contact avec des prairies humides ou avec les forêts de ravins (*Tilio-Acerion*). On peut observer une succession vers le *Carpinion* (*Primulo-Carpinetum*).



Source : D'après RAMEAU et al., 2000 - Gestion forestière et diversité biologique, Tomes Atlantique et Continental.

Caractères généraux

Ces habitats occupent le lit majeur des cours d'eau (recouvert d'alluvions récentes et soumis à des crues régulières). On les retrouve en situation de stations humides, inondées périodiquement par la remontée de la nappe d'eau souterraine, ou en bordure de sources ou de suintements.

On peut distinguer ici deux ensembles de types d'habitats élémentaires :

● Les forêts à bois tendre

Il s'agit de saulaies, de saulaies-peupleraies, de peupleraies noires prospérant sur les levées alluvionnaires des cours d'eau, nourries par les limons de crues. Les laines organiques et les débris de toutes sortes y sont décomposés et nitrifiés chaque année à l'époque des basses eaux, durant l'été. Les sols minéraux sont marqués en profondeur par l'engorgement, ils sont caractérisés par l'impossibilité d'évolution (crues emportant les laines).

Certaines peupleraies noires ne sont plus inondées du fait de l'abaissement de la nappe entraîné par des travaux hydrauliques.

- **Les forêts à bois dur** (avec persistance possible de quelques espèces à bois tendre)

Elles sont installées en retrait par rapport aux forêts à bois tendre ou directement en bordure des cours d'eau (ripisylves plus ou moins étroites).

Les types d'habitats sont variés, cette diversification est liée aux facteurs stationnels :

- vitesse d'écoulement des crues, intensité de l'engorgement ;
- durée de stationnement des crues, période des crues au cours de l'année (régime océanique : crues en hiver et au printemps), régime nival (crues à la fin du printemps et début de l'été) ;
- situation par rapport au profil en long du fleuve ;
- granulométrie des alluvions...

Les forêts à bois dur se différencient ainsi :

- habitats du bord des grands fleuves cf. *91F0* ;
- habitats des ruisselets, suintements, rivières à moyenne importance : rivières à eaux vives montagnardes à Aulne blanc (*Alnus incana*), Frêne commun et Érable sycomore ; ruisselets, suintements, petites rivières à eaux plus ou moins vives à Aulne glutineux et Frêne commun ; rivières larges à eaux lentes où en plus de l'Aulne et du Frêne pénètrent les Ormes, le Cerisier à grappes, parfois le Chêne pédonculé ; installés sur des sols se ressuyant après une crue ou restant assez engorgés.

Elles se rencontrent sur toute l'étendue du territoire de l'Europe tempérée, de l'étage des plaines et collines à l'étage montagnard.

Il s'agit d'un type d'habitat résiduel (ayant fortement régressé du fait des pratiques anthropiques) jouant un rôle fondamental dans la fixation des berges et sur le plan paysager. L'intérêt patrimonial est donc élevé.

Leur conservation passe déjà par la préservation du cours d'eau et de sa dynamique. Il est recommandé d'éviter les transformations. L'exploitation doit se limiter à quelques arbres avec maintien d'un couvert permanent ; des précautions particulières sont à prendre pour le prélèvement des arbres.

Déclinaison en habitats élémentaires

Onze habitats élémentaires ont été distingués :

- ① - **Saulaies arborescentes à Saule blanc (et Peuplier noir éventuellement)**
- ② - **Saulaies arborescentes à Saule fragile**
- ③ - **Peupleraies sèches à Peuplier noir**
- ④ - **Aulnaies blanches**
- ⑤ - **Frênaies-érablaies des rivières à eaux vives sur calcaires du domaine continental**
- ⑥ - **Aulnaies-frênaies de rivières à eaux rapides à Stellaire des bois sur alluvions issues de roches siliceuses**
- ⑦ - **Aulnaies-frênaies caussenardes et des Pyrénées orientales**
- ⑧ - **Aulnaies-frênaies à Laïche espacée des petits ruisseaux**
- ⑨ - **Frênaies-ormaies atlantiques à Aegopode des rivières à cours lent**
- ⑩ - **Frênaies-ormaies continentales à Cerisier à grappes des rivières à cours lent**
- ⑪ - **Aulnaies (-frênaies) à hautes herbes**

Position des habitats élémentaires au sein de la classification phytosociologique française actuelle

Forêts à bois tendre pionnières :

► Classe : *Salicetea purpurae*

Saulaies et peupleraies arborescentes :

■ Ordre : *Salicetalia albae*.

● Alliance : *Salicion albae*.

◆ Association : *Salicetum albae* ① ;
Salicetum fragilis ②

● Alliance : *Populion nigrae*.

◆ Association : *Ligustro vulgare-Populetum nigrae* ③

Forêts caducifoliées de l'Europe tempérée :

► Classe : *Quercu roboris-Fagetea sylvaticae*

Forêts riveraines européennes :

■ Ordre : *Populetalia albae*.

Forêts riveraines de l'Europe tempérée :

□ Sous-ordre : *Alno-Ulmenalia*.

● Alliance : *Alnion incanae* (= *Alno-Padion*).

○ Sous-alliance : *Alnenion glutinoso-incanae*

- rivières alpines à *Alnus incana* :

◆ Association : *Calamagrostido variaae-Alnetum incanae* ④ ; *Equiseto hyemalis-Alnetum incanae* ⑤

- rivières à eaux courantes :

◆ Association : *Aceri pseudoplatani-Fraxinetum excelsioris* ⑥ ; *Impatienco noli-tangerae-Alnetum glutinosae* ⑦ ; *Stellario nemori-Alnetum glutinosae* ⑧ ; *Equiseto hyemalis-Alnetum glutinosae* ⑨ ; *Alno glutinosae-Fraxinetum calciense* ⑩

- ruisselets, sources :

◆ Association : *Carici remotae-Fraxinetum excelsioris* ⑪ ; *Carici remotae-Alnetum glutinosae* ⑫ ; *Hyperico androsaemi-Alnetum glutinosae* ⑬ ; *Carici pendulae-Alnetum glutinosae* ⑭ ; *Equiseto telmateiae-Fraxinetum excelsioris* ⑮

- rivières larges, à cours lent :

◆ Association : *Aegopodio podagrariae-Fraxinetum excelsioris* ⑯ ; *Pruno padi-Fraxinetum excelsioris* ⑰

- sols très engorgés :

◆ Association : *Filipendulo ulmariae-Alnetum glutinosae* ⑱ ; *Ribo rubri-Alnetum glutinosae* ⑲

Bibliographie

- ALLORGE P. *et al.*, 1941 - Notes et mémoires sur la végétation et la flore du Pays basque - *Soc. Bot. de France* - Session extraordinaire dans le Pays basque.
- AMOROS C., PETTS G.E., 1993 - Hydrosystèmes fluviaux. Masson, Paris, 306 p.
- ARCHILOQUE A. *et al.*, 1974 - Feuille d'Entrevaux (XXXV - 41) au 1/50 000^e. *Bull. Cart. Vég. Provence*. 1, p. 87-129.
- BOLOS O. (de), 1984 - Les aulnaies (*Alno-Padion*) du Montseny en Catalogne - In « La végétation des forêts alluviales », Strasbourg 1980, *Colloques phytosociologiques*, IX : p. 131-141. Vaduz.

- BOTINEAU M., 1985 - Contribution à l'étude botanique de la haute et moyenne vallée de la Vienne (phytogéographie - phytosociologie) - *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest - Nouvelle série - n° spécial* - 352 p.
- BOURNERIAS M., 1947 - Quelques groupements végétaux de vallée aux environs de Chauny - *Ann. Hist. Nat. de l'Aisne* - p. 49-58.
- BRAUN-BLANQUET J., 1915 - Les Cévennes méridionales (massif de l'Aigoual). Étude phytogéographique. Thèse. Montpellier. 207 p.
- BREUILLY Ph., 1998 - Et au milieu coule la Durance, étude d'un hydro-système anthropisé. FIF-ENGREF - Équipe écosystèmes forestiers - *Conservatoire botanique national Alpin de Gap-Charance*. 75 p. + annexes.
- BRUNERYE L., 1970 - Les groupements forestiers de la région de Treignac (Corrèze) leur signification phytogéographique - *Cahiers des naturalistes - Bull. Nat. Parisiens - Nouvelle série* - 26 (1) - p. 1-17.
- CARBIENER R., 1964 - Résumé de quelques aspects de l'écologie des complexes alluviaux d'Europe. *Colloques phytosociologiques*. Les forêts alluviales. Strasbourg, 1980, IX, p. 1-7.
- CARBIENER R., 1974 - Die linkrheinischen Naturräume und Waldungen des Schutzgebiete von Rhinau und Daubensand (Frankreich) : eine pflanzensoziologische und landschaftslogische Studie - Das Taubergessengebiet, die Natur und landschaft - Sschutzgebiet Baden - Württembergs - BD 7 - p. 438-535.
- CLEMENT M., 1978 - Contribution à l'étude phytoécologique des monts d'Arrée. Organisation et cartographie des biocénoses. Évolutions et productivité des landes - Thèse - Univ. Rennes - 260 p.
- COLLIN E., BILGER I., ERIKSSON G., TUROK J., sous presse - The conservation of Elm genetic resources in Europe.
- COLLOQUES PHYTOSOCIOLOGIQUES, 1980 - Les forêts alluviales, IX. Vaduz, 744 p. et tableaux.
- CORILLION R., 1991 - Contribution à l'étude de l'Orme (genre *Ulmus* L.) en Anjou. *Bull. Soc. Et. Sci. Anjou*, n° 80, p. 4-16.
- CORILLION R., 1992 - Les végétations à *Ulmus laevis* Pallas et *Fraxinus angustifolia* Vahl. des rives de la Loire angevine. *Bull. Soc. Et. Sci. Anjou*, n° 14, p. 103-111.
- DARINOT F., 1992 - Les changements de la végétation alluviale provoqués par les aménagements hydroélectriques : bases écologiques pour l'élaboration de scénarios prévisionnels. Université Joseph-Fourier Grenoble 1, université Aix-Marseille 1, 34 p. + annexes.
- DDAF VOSGES, 1997 - Lutter contre les renouées du Japon. DDAF Vosges, Fédération des Vosges pour la pêche et la protection du milieu aquatique. 11 p.
- DE WAAL L.C. *et al.*, 1994 - Ecology and management of invasive riverside plants - Chichester ; New York, published for the International Centre of Landscape Ecology by Wiley, 217 p.
- DOBREMEZ J.-F. *et al.*, 1974 - Climatologie des séries de végétation des Alpes du nord. *Doc. Cart. Vég. Alpes*. XIII, p. 29-48.
- DUMONT J.-M., MESSE V., 1984 - Les forêts de l'*Alnion glutinosae* et de l'*Alno-Padion* de la région du plateau de Tailles (haute Ardenne belge) - In « La végétation des forêts alluviales », Strasbourg 1980, *Colloques phytosociologiques*, IX : p. 259-297 + tab ht. Vaduz.
- DURIN L. *et al.*, 1967 - Les hêtraies atlantiques et leur essaim climacique dans le nord-ouest et l'ouest de la France. *Bull. Soc. Bot. Nat. France - N° spécial*, p. 59-89.
- DURIN L., 1967 - La végétation forestière dans la haute vallée de l'Oise - *Bull. Soc. Bot. Nord France* - 20 (1) - p. 32-47.
- DUVIGNEAUD J. et MULLENDERS W., 1962 - La végétation forestière des côtes lorraines : la forêt du Mont-Dieu - *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.* - 94 - p. 91-130.
- DUVIGNEAUD J., 1959 - La forêt alluviale du Mont-Dieu, vallée de la Bar (Ardennes, France). *Végétatio*, vol. VIII, 5-6, p. 298-332.
- FIZAINE G., 1995 - Étude des relations forêt - cours d'eau. Propositions de gestion forestière adaptée en bordure de cours d'eau. Contrat de rivière semois, FIF-ENGREF, 78 p. + annexes.
- FIZAINE G., 1997 - Cahier d'aide à la gestion des peuplements forestiers de bordure de cours d'eau. Contrat de rivière semois, Wallonie, Belgique.
- FRILEUX P.N., 1977 - Les groupements végétaux du pays de Bray (Seine-Maritime et Oise - France) - Thèse - Univ. Rouen - 209 p.
- GAULTIER, 1993 - Classification phytosociologique des végétations mésophylophiles à aquatiques susceptibles d'être rencontrées au sein des forêts domaniales d'Île-de-France - Étude écosphère pour l'ONF - 44 p.
- GEHU J.-M., 1961 - Les groupements végétaux du bassin de la Sambre française - *Végétatio, Acta geobotanica* - T. 10 - p. 69-148, p. 161-208, p. 257-372.
- GEHU J.-M., 1973 - Unités taxonomiques et végétation potentielle naturelle du nord de la France - *Doc. Phytosocio.* - Fasc. 4 - p. 1-22.
- GEHU J.-M., GEHU F., 1984 - Observations sur les saulaies riveraines de la vallée de la Loue, des sources à l'embouchure. *Colloques phytosociologiques*. Strasbourg, p. 305-324.
- GEHU J.-M., GEHU-FRANCK J., 1987 - Schéma de végétations herbacées du nord de la France. In « V Jornadas de Fitosociologia » Vegetacion de riberas de agua dulce. II Comunicaciones Secretariado de Publicaciones serie informes n° 22, p. 313-320. Islas Canarias.
- GEHU J.-M. *et al.*, 1972 - Compte rendu de l'excursion de l'Association internationale de phytosociologie dans le Jura en juin 1967 (2^e partie) - *Doc. Phytosocio.* - fasc. 3 - 50 p.
- GEHU J.-M. et GEHU-FRANCK J., 1985 - L'Ormaie littorale thermo-atlantique de l'Ouest français - *Doc. phytosocio.* - Nouvelle série vol 9 - p. 401-408.
- GILLET F., 1986 - Les phytocoenoses forestières du Jura nord-occidental. Essai de phytosociologie intégrée. Thèse. Doc. Univ. Franche-Comté. Besançon. 604 p.
- GIRAULT D., TIMBAL J., 1984 - Les forêts alluviales de la Woivre. *Colloques phytosociologiques*. Les forêts alluviales. Strasbourg, Vol. IX, p. 393-403.
- GRUBER M., 1978 - La végétation des Pyrénées ariégeoises et catalanes occidentales - Thèse - 305 p.
- GUINIER Ph., 1959 - Trois sessions extraordinaires en Lorraine et Alsace (1858, 1908, 1958) - 85^e session extraordinaire tenue en 1958 dans les Vosges et en Alsace - *Bull. Soc. Bot. de France* - p. 20-26.
- HERMANT F., 1996 - Le peuplier dans son environnement, éléments de réflexion sur la popiculture et ses impacts écologiques. CRPF Nord - Pas-de-Calais, Picardie, Univ. sciences et technologies de Lille, 137 p. (rapport de DESS).
- HERMANT F., 1996 - Le peuplier et son environnement, quelques recommandations pour la valorisation écologique des peupleraies. CRPF Nord - Pas-de-Calais, Picardie. 17 p.
- HOFF M., 1975-1977 - Dynamique de la végétation alluviale au bord des rivières vosgiennes en plaine d'Alsace. Extrait du *Bull. Soc. Hist. Nat. Colmar*, années 1975-1976-1977, 56 : p. 61-90. Colmar.
- HOFF M., 1975-1977 - Premier aperçu sur les groupements végétaux de la Petite Camargue alsacienne. Extrait *Bull. Soc. Hist. Nat. Colmar*, 56, p. 61-90.
- HOFF M., 1976 - Les forêts alluviales des rivières vosgiennes. *Bull. Soc. Ind. Mulhouse*. 765 (2) : p. 199-203. Mulhouse.
- JOVET P., 1941 - Le Valois phytosociologie et phytogéographie. SEDES, Paris, 389 p.
- LAPRAZ G., 1970 - Les groupements forestiers et les garrigues du mont Boron et du mont Alban - *Riv. Scient.* - Nice - 3 - p. 51 - 64/4 - p. 74-86.
- LEFEVRE F., LEGIONNET A., DE VRIES S., TUROK J., 1998 - Strategies for the conservation of a pioneer tree species, *Populus nigra* L., in Europe. *Genet. Sel. Evol.* in press.
- LEGIONNET A., 1996 - Diversité et fonctionnement génétique des populations naturelles de *Populus nigra* L., espèce pionnière des ripisylves européennes. Université de Montpellier 2, 106 p.
- LEMEÉ G., 1937 - Recherches écologiques sur la végétation du Perche - Thèse - Univ. Paris - 389 p. Nancy.

- LHOTE P., 1985 - Étude écologique des Aulnes dans leur aire naturelle en France - IDF, ENGREF, université de Franche-Comté, 67 p.
- LOISEL R., 1976 - La végétation de l'étage méditerranéen dans le sud-est continental français - Thèse - Univ. Marseille - 384 p.
- LUKEN J., THIERET J., 1997 - Assessment and management of plant invasions - New York : Springer, 234 p.
- MICHELOT J.-L., 1995 - Gestion des milieux naturels fluviaux. Guide technique ATEN. Ministère de l'Environnement, Agence de l'eau Adour-Garonne, réserve naturelle de France. 67 p.
- MOOR M., 1958 - Pflanzengesellschaften schweizerischer Flu (aven - Inst. Suisse Rech. Forest. - 34 (4) - p. 221-360.
- NEGRE R., 1972 - La végétation du bassin de l'One (Pyrénées centrales) 4^e note : Les forêts - *Veröff. Geobot. Inst.* - ETH Rübel - Zürich - 49 - 128 p.
- NOIRFALISE A. et SOUGNEZ N., 1961 - Les forêts riveraines de Belgique - *Bull. Jard. Bot. État - Bruxelles* - 30 - p. 199-288.
- OBERDORFER E., 1992 - Süddeutsche Pflanzengesellschaften teil IV : Wälder und Gebüsche - Gustav Fischer - Jena, 282 p. et annexes.
- PAUTOU G. *et al.*, 1971 - Un essai d'écologie appliquée à la démontification de la région Rhône-Alpes - Entente interdépartementale de démontification - Univ. Scien. et médecine de Grenoble - 63 p.
- PERINOT C., MARIEN F., MARTINEZ J.N., 1997 - Le franchissement des petits cours d'eau et la protection de l'environnement. AFOCEL *Fiche Informations Forêt* n° 556.
- POULAIN G., VEN DER STEGEN J., 1997 - Qualité du bois et sylviculture de la Frène. CRPF Nord - Pas-de-Calais, Picardie, 17 p.
- RAMEAU J.-C. *et al.*, 1972 - Clé de détermination des groupements végétaux présents sur les terrains calcaires jurassiques du sud-est du Bassin parisien et de la Bourgogne - *Soc. Sc. Natur. Archéol. Haute-Marne*, 51 p.
- RAMEAU J.-C. et ESTRADÉ J., 1980 - Premières observations sur les forêts riveraines des Vosges et du Morvan - *Colloques phytosociologiques* - Les forêts alluviales - Strasbourg, p. 411-428.
- RAMEAU J.-C., 1996 - Typologie phytosociologique des habitats forestiers et associés. T 4 : Complexes sylvatiques des forêts résineuses montagnardes et subalpines - Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 1110 p.
- RAMEAU J.-C., GAUBERVILLE C., DRAPIER N., 2000 - Gestion forestière et diversité biologique. Identification et gestion intégrée des habitats et espèces d'intérêt communautaire. France - Domaine continental et atlantique - ENGREF, ONF, IDF.
- REVUE DE GÉOGRAPHIE DE LYON, 1996 - La rivière, un corridor naturel à gérer. Vol. 71 (4).
- RICHARD L., 1970 - Les séries de végétation dans la partie externe des Alpes nord-occidentales. *Veröffentl. d. Geobot. ETH Rübel - Zürich*, 43 p. 65-103.
- RICHARD L., 1971 - Feuille de Montmélian (XXXIII - 38). *Doc. Cart. Vég. Alpes*. Vol. IX, p. 9-78.
- RUFFINONI C., GAZELLE F., DECONCHAT M., 1994 - Rôle des boisements riverains dans la prévention des pollutions azotées diffuses. *Revue de l'Agence de l'eau Adour-Garonne*, n° 60 (spécial Écologie et Gestion), p. 39-44.
- RUFFINONI C., PAUTOU G., 1996 - Ripisylves et forêts alluviales, des boisements d'avenir. *Forêt entreprise*, n° 112 (6), p. 57-64.
- RUFFINONI P., GAZELLE F., 1996 - Ripisylves et forêts alluviales, restauration et gestion des ripisylves. *Forêt entreprise*, n° 116 (4), p. 43-49.
- SCHNITZLER A., 1994 - European alluvial hardwood forests of large floodplains. *Journal of biogeography*, 21, p. 605-623.
- SCHNITZLER A., CARBIENER R., 1993 - Les forêts galeries d'Europe. *La Recherche I*, vol. 24 (255), p. 694-701.
- SCHNITZLER A., MULLER S., 1998 - Écologie et biogéographie de plantes hautement invasives en Europe : les Renouées géantes du Japon (*Fallopia japonica* et *F. sachalinensis*). *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, vol. 53.
- SCHNITZLER-LENOBLE A., 1988 - Typologie phytosociologique, écologique et dynamique des forêts alluviales du complexe géomorphologique ello-rhénan (plaine centrale d'Alsace) - Thèse - Strasbourg, 485 p.
- SOUGNEZ N., 1967 - Les forêts de la Lorraine belge. Presses agronomiques Gembloux. ASBL. Editions J. Duculot SA. Gembloux 1 - 114 p.
- SUSPLUGAS J., 1935 - L'homme et la végétation dans le Haut-Vallespir - SIGMA - Comm. 36 - Montpellier.
- THEVENIN S., 1987 - Étude des groupements forestiers de la montagne de Reims et de sa limite avec le Tardenois. PNR Montagne de Reims, 29 p. et annexes. Pourey.
- TOMBAL P., 1972 - Recherches sur les potentialités phytocoenologiques de la forêt de Compiègne (Oise - France) - *Bull. Soc. Bot. Nord de la France* - XXV - p. 31-52.
- VANDEN BERGHEN C., 1963 - Étude sur la végétation des Grands Causses du Massif central de France - *Mém. Soc. Roy. Bot. de Belgique* - Mém I, 285 p. et annexes. Bruxelles.
- VIEBAN S., 1986 - Aménagement des cours d'eau. Gestion et protection des berges. Agence de bassin Seine-Normandie.
- WATTEZ J.-R., 1962, 1968 - Contribution à l'étude de la végétation des marais arrière littoraux de la plaine alluviale picarde - Thèse - Lille - 358 p.

Catalogues de stations

- BAILLY G., 1995 - Catalogue des types de stations forestières de la plaine de Saône - Centre d'études techniques forestières de la Côte-d'Or - 311 p.
- BEAUFILS Th., 1984 - Catalogue des types de stations forestières du plateau lédonien et de la côte de l'Heute. *Doc. Lab. Phytos. Besançon*. 355 p.
- HUBERT A., 1986 - Typologie des stations forestières dans la vallée de Masevaux. ENGREF, 133 p.
- OBERTI D., 1991 - Catalogue des types de stations forestières du Jura alsacien. CAE, CRPF, ONF Lorraine-Alsace, 220 p.
- RAMEAU J.-C., 1994 - Typologie et potentialités des milieux naturels de la vallée de la Loue en vue d'une gestion intégrée des ressources - ENGREF - 400 p.

Annexe II – Extrait de l'analyse des potentialités écologiques du territoire régional menée par la Direction Régionale de l'Environnement Nord - Pas-de-Calais (2008)

Cette annexe est tirée de la référence sitographique [20]

4.5. ANALYSE DES POTENTIALITES ECOLOGIQUES GLOBALES DES MILIEUX

4.5.1. Méthode de calcul des potentialités écologiques globales des milieux

L'analyse des potentialités écologiques des milieux a été établie à partir de la **synthèse des quatre indices (soit cinq critères) calculés précédemment** :

- indice de connectivité ;
- indice de naturalité estimée ;
- indice combinant la compacité et la surface ;
- indice d'hétérogénéité.

Afin d'avoir une représentativité équilibrée de ces quatre indices dans la note finale de chaque polygone de la couche « milieux », la multiplication de ceux-ci a été retenue pour évaluer les potentialités écologiques globales des milieux naturels.

Dans le but de ne pas annuler totalement l'indice des potentialités écologiques des espaces naturels dont la connectivité globale est nulle, l'indice de connectivité a été augmenté d'un point. Effectivement, dans le cas contraire, les espaces naturels isolés non connectés à des milieux naturels boisés, ouverts ou humides auraient un indice de potentialité écologique global nul au même titre que les espaces urbanisés les plus artificialisés.

En outre, l'augmentation d'un point de l'indice de connectivité permet d'augmenter légèrement le poids de cet indice fondamental dans l'évaluation des potentialités écologiques des milieux. Rappelons par ailleurs que la connectivité globale des milieux est le seul paramètre issu de l'agrégation de trois indices et douze sous-indices.

En résumé :

$$I_{\text{Potentialité écologique}} = (I_{\text{Connectivité}} + 1) \times I_{\text{Naturalité}} \times I_{\text{Compacité-Surface}} \times I_{\text{Hétérogénéité}}$$

Cette méthode permet d'obtenir une large palette de niveaux de potentialités écologiques globales des milieux puisque les notes obtenues varient théoriquement de 0 (note minimale) à 750 (note maximale).

Afin de faciliter la lecture de la carte des potentialités écologiques globales des milieux, les valeurs obtenues par cette multiplication des indices ont été ensuite classées en six niveaux⁶, par la méthode des seuils de Jenks :

- potentialités écologiques des milieux très faibles (niveau 1) ;
- potentialités écologiques des milieux faibles (niveau 2) ;
- potentialités écologiques des milieux moyennes (niveau 3) ;
- potentialités écologiques des milieux assez élevées (niveau 4) ;
- potentialités écologiques des milieux élevées (niveau 5) ;
- potentialités écologiques des milieux très élevées (niveau 6).

En outre, les milieux très artificialisés dont l'indice de naturalité a été estimé comme nul ont *de facto* un indice de potentialité écologique global nul. Ces milieux dont les potentialités écologiques sont considérées comme quasiment nulles (niveau 0) forment une classe à part représentée en blanc sur la carte des potentialités écologiques globales des milieux.

Il est important de rappeler que l'estimation des potentialités écologiques des milieux et notamment les six classes créées ici ne sont **applicables qu'à l'aire d'étude définie**. Il s'agit bien ici de comparer les potentialités écologiques des différents milieux identifiés au sein de cette zone d'étude. Tout changement d'échelle, tant à la hausse qu'à la baisse, rendrait caducs tous les indices et les calculs inhérents.

4.5.2. Représentation cartographique des potentialités écologiques globales des milieux

L'indice synthétique des potentialités écologiques globales des milieux a fait l'objet de deux cartographies distinctes. La première présente les potentialités écologiques régionales détaillées en six niveaux de valeurs. La seconde fournit une analyse simplifiée des potentialités écologiques globales en trois classes de valeurs uniquement.

| | |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Carte 16 | Analyse globale des potentialités écologiques des milieux naturels |
| Carte 17 | Analyse globale simplifiée des potentialités écologiques des milieux naturels |

⁶ Les espaces dont l'indice des potentialités écologiques est nul ont été exclus de cette classification. Ils font l'objet d'une classe particulière détaillée plus loin.

4.5.3. Interprétation de la carte des potentialités écologiques globales des milieux

Sans surprise, la carte des potentialités écologiques globales du Nord – Pas-de-Calais met en relief les différents espaces naturels régionaux. Toutefois, l'intérêt de cette carte réside essentiellement dans la mise en évidence des niveaux de potentialités écologiques relatifs de ces espaces et des nombreuses parcelles qui les composent.

Ainsi, dans la continuité des Ardennes, le bocage et les forêts de l'Avesnois apparaissent nettement comme les espaces naturels régionaux les plus fonctionnels. De vastes espaces continus y sont couverts par le niveau de potentialité écologique le plus élevé. Dans ce secteur la matrice paysagère est représentée par des espaces prairiaux. Par conséquent, les éléments anthropiques guère développés et les quelques cultures intensives isolées affectent peu la fonctionnalité écologique des espaces naturels. Seul le secteur de la basse vallée de la Sambre, héritant d'une urbanisation et industrialisation ancienne, recèle des potentialités écologiques moins importantes.

Les autres espaces naturels régionaux dont les potentialités écologiques apparaissent comme maximales ont une taille moindre et sont plus isolés au sein du territoire régional. Ceux-ci sont représentés principalement par les plus vastes parcelles forestières. Ainsi, certaines portions des forêts de Saint-Amand, de Marchiennes, de Boulogne, de Desvres, de Nieppe et de Clairmarais comptent parmi les milieux naturels dont les potentialités écologiques sont les plus élevées.

Avec ses différents massifs forestiers et les espaces bocagers qui les entourent, le territoire du Boulonnais se démarque du fait de ses potentialités écologiques globalement élevées. Toutefois, le mitage des espaces naturels par les cultures intensives et secondairement les éléments anthropiques y est bien supérieur à l'Avesnois. Malgré cela la fonctionnalité écologique de ce territoire semble encore assez bien préservée. Par ailleurs, en dépit de l'autoroute A16, la continuité des espaces naturels du Boulonnais avec ceux de la bande littorale paraît toujours assurée.

Bien qu'assez fortement impactés par les éléments anthropiques, les forêts, prairies et zones humides de la plaine de la Scarpe et de l'Escaut, depuis le Douaisis jusqu'à la frontière belge, forment également un ensemble assez continu d'espaces naturels dont les potentialités écologiques sont élevées.

La mosaïque de milieux dunaires, estuariens, forestiers et humides de la bordure littorale constitue l'un des pôles d'espaces naturels les plus fonctionnels de la région. Ces espaces naturels forment une bande plus ou moins continue de potentialité écologique moyenne à très élevée depuis la frontière belge jusque la baie d'Authie. Cette bande est toutefois interrompue au niveau des principales villes côtières telles que Dunkerque, Calais et Boulogne. Au niveau de la façade littorale Ouest, la bande d'espaces naturels littoraux est plus large. Par conséquent, les connexions biologiques avec les espaces naturels à l'intérieur des terres permettent d'assurer la continuité et la fonctionnalité écologiques des milieux naturels en arrière des villes de Boulogne, Hardelot, Le Touquet ou Berck.

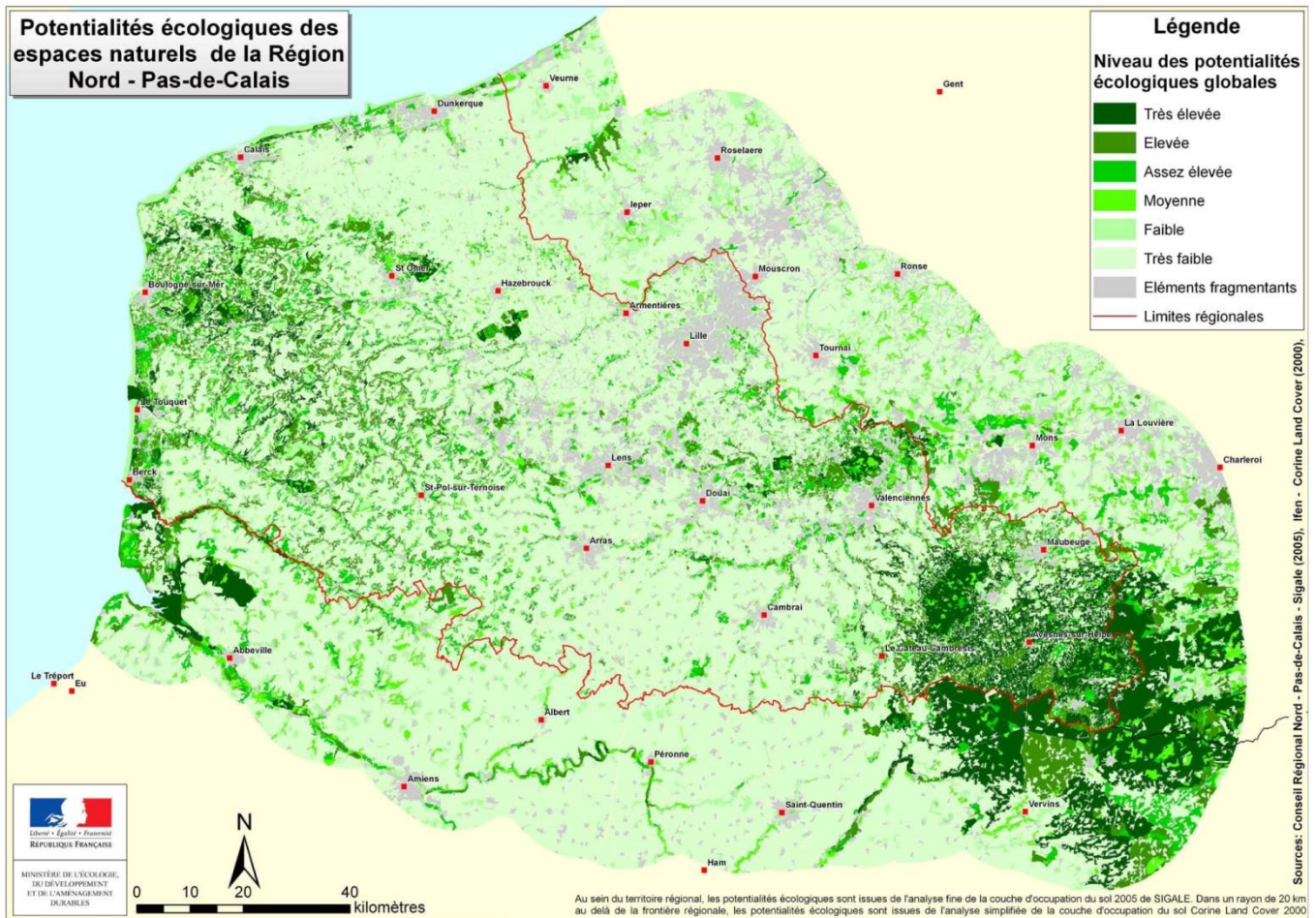
A l'arrière de la façade littorale Ouest, les plateaux de l'Artois abritent un réseau d'espaces naturels encore très fonctionnel. En dépit du mitage important de ces espaces par les cultures intensives, les boisements et prairies des fonds de vallées et des ceintures bocagères occupent des surfaces conséquentes et sont relativement bien connectés entre eux. Ainsi, bien que diffus les espaces naturels de l'Artois recèlent des potentialités écologiques globalement élevées. En outre, grâce au dense réseau de milieux naturels ouverts, de zones humides et de boisements de la région boulonnaise et des vallées de la Canche et de l'Authie, ces espaces naturels sont bien connectés à ceux de la bande littorale. Ainsi, la carte des potentialités écologiques du Nord – Pas-de-Calais fait apparaître les vallées de la Canche et de l'Authie comme des corridors écologiques majeurs à l'échelle régionale.

Outre les différents ensembles naturels précités quatre autres secteurs plus restreints de la région sont mis en évidence du fait de leurs potentialités écologiques importantes. Il s'agit :

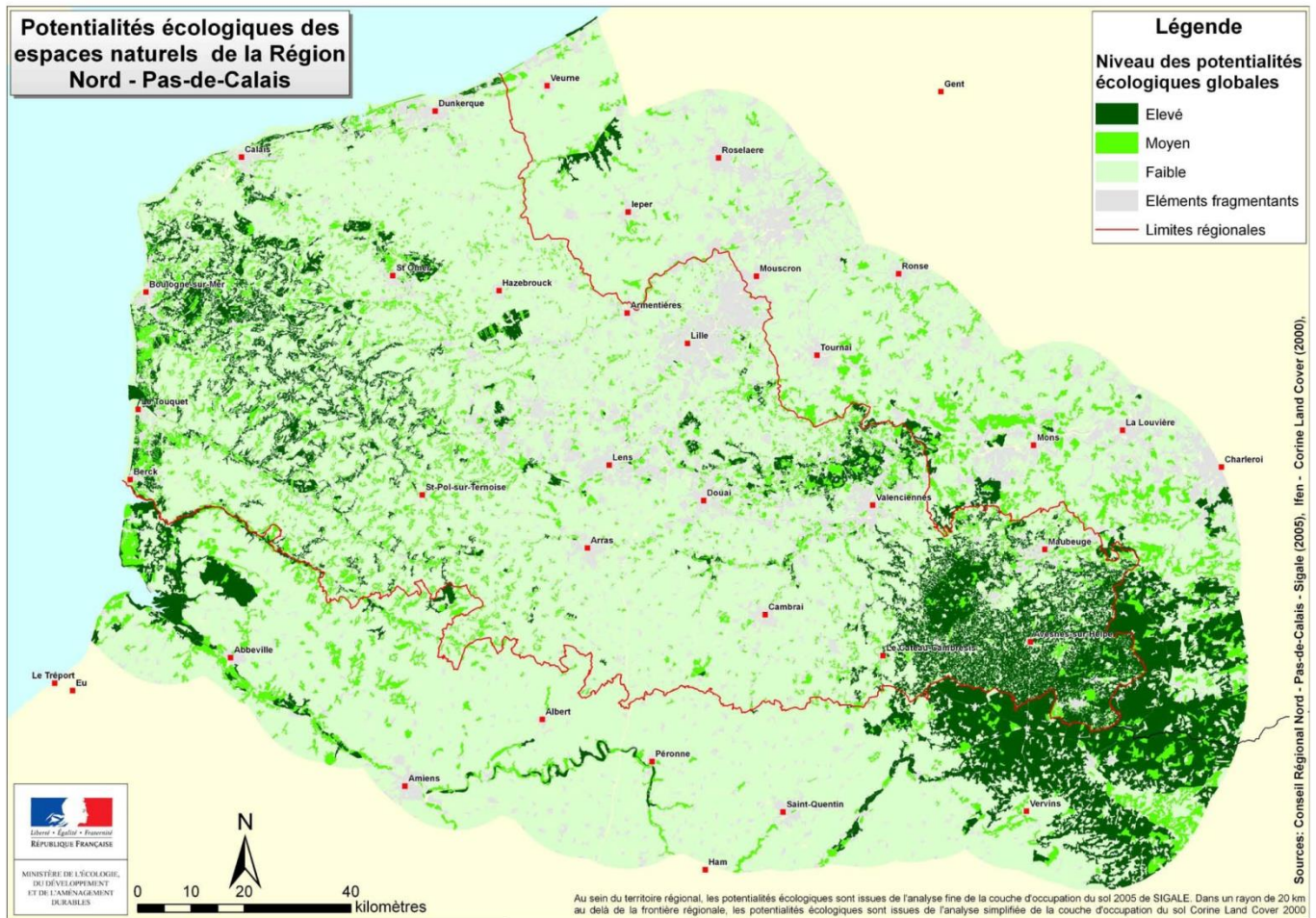
- du marais Audomarois et des massifs boisés attenants (Forêt de Clairmarais, Forêt d'Eperlecques et Bois de Watten),
- de la Forêt de Nieppe,
- des vallées de l'Escaut et de ses affluents (dont la Sensée, la Rhonelle, l'Ecaillon, la Selle...)
- des marais d'Ardes et de Guînes

Hormis les ensembles d'espaces naturels déjà décrits, peu d'autres espaces naturels régionaux se démarquent du fait de leurs potentialités écologiques élevées. Effectivement, ceux-ci sont généralement trop petits et isolés. Ils sont donc beaucoup moins fonctionnels d'un point de vue écologique. Ainsi, le Nord – Pas-de-Calais est coupé en deux par une large bande fortement anthropisée, dominée par les cultures intensives et pauvre en espaces naturels de forte potentialité écologique. Cette bande qui s'étend depuis Dunkerque jusque Péronne en Picardie, en passant par la Flandre intérieure, la Plaine de la Lys, le Bassin Minier et l'Arrageois, limite fortement la connexion biologique entre les espaces naturels de la partie Ouest du Nord – Pas-de-Calais et ceux de sa partie Est.

Dans le but d'améliorer le fonctionnement écologique régional et de préserver la biodiversité sur le long terme, il apparaît donc indispensable de renforcer cette connexion. Par conséquent, les quelques espaces naturels de potentialité écologique moyenne à assez élevée qui s'étendent au sein de la bande précitée devraient faire l'objet de mesures urgentes de protection et de renforcement au risque de s'effriter un peu plus du fait de l'urbanisation. Ainsi dans le cadre, de la politique régionale de trame verte et bleue, la Vallée de la Sensée, la Vallée de la Scarpe et les espaces naturels du Bassin Minier apparaissent notamment comme des voies privilégiées et prioritaires de restauration de la connexion biologique régionale Est-Ouest.



Carte 16 : Analyse globale des potentialités écologiques des espaces naturels du Nord – Pas-de-Calais



Carte 17 : Analyse globale simplifiée des potentialités écologiques des espaces naturels du Nord - Pas-de-Calais

Analyse des potentialités écologiques du territoire régional

BIOTOPE-GREET Nord - Pas-de-Calais - Février 2008



5. IMPLICATIONS OPERATIONNELLES DE LA CARTE DES POTENTIALITES ECOLOGIQUES REGIONALES

Outre la simple mise en évidence des potentialités écologiques relatives des espaces naturels, la carte des potentialités écologiques du Nord – Pas-de-Calais et plus généralement l'ensemble de la réflexion développée dans ce rapport doivent permettre **d'orienter la politique régionale de préservation de l'environnement**.

En se fondant sur une analyse systématique fine, scientifique et standardisée des espaces naturels et des éléments anthropiques, la présente étude permet une nouvelle appréhension des enjeux écologiques régionaux.

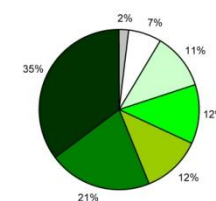
Cette étude vient donc compléter les outils existants pour la préservation du patrimoine naturel régional. Jusqu'à présent les outils utilisés à cette fin étaient fondés essentiellement sur la présence d'habitats et d'espèces végétales et animales remarquables. Ils ne prenaient donc pas réellement en compte la fonctionnalité écologique des espaces naturels. Or, comme nous l'avons évoqué dans le deuxième chapitre du présent rapport, le critère de fonctionnalité écologique est indispensable à la pérennité de ces mêmes habitats naturels, espèces floristiques et faunistiques. Rappelons que **la fragmentation des habitats et des populations peut être considérée comme la principale cause d'érosion de la biodiversité à l'échelle mondiale** (Sommet de la Terre, Rio, 1992). Compte tenu de la très forte artificialisation du territoire, cela paraît donc d'autant plus vrai dans le Nord – Pas-de-Calais.

En proposant une stratégie régionale de restauration d'un réseau de cœurs de nature et de corridors écologiques, le schéma de Trame verte et bleue du Nord – Pas-de-Calais fournit une première réponse au problème d'érosion de la biodiversité du fait de la fragmentation et de l'isolement des habitats naturels. Toutefois, la méthode d'élaboration du réseau d'espaces naturels mis en exergue dans **la Trame Verte et Bleue régionale, repose pour beaucoup sur les périmètres de protection et d'inventaire existants** ainsi que sur une vision naturaliste intuitive du fonctionnement écologique régional.

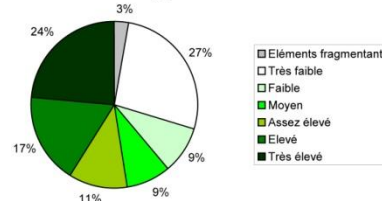
Ainsi, la vocation de cette étude des potentialités écologiques est bien **d'apporter une approche nouvelle des enjeux écologiques régionaux**. Cette approche doit être considérée comme **complémentaire aux outils existants** : périmètres de protection et d'inventaire, schéma de trame verte et bleue régional...

Toutefois, si la présente étude des potentialités écologiques régionales et les périmètres de protection et d'inventaire constituent des outils complémentaires, ceux-ci sont bien souvent fortement liés. Il est donc intéressant de constater qu'**une grande partie des périmètres de protection et d'inventaire de la région recouvrent les espaces naturels dont les potentialités écologiques calculées sont les plus élevées** (voir la Carte 18). Réciproquement, les périmètres de protection et d'inventaire sont dominés par des espaces dont les potentialités écologiques calculées sont élevées (voir la Figure 16, ci-contre). Ainsi, à travers cette comparaison, il apparaît que de nombreux espaces dont les potentialités écologiques calculées sont élevées recèlent un réel intérêt écologique.

Périmètres de protection



ZNIEFF de type I



Périmètres d'inventaire

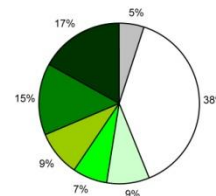


Figure 16 : Proportion des différents niveaux de potentialité écologique au sein des périmètres de protection et d'inventaires du Nord – Pas-de-Calais

Par conséquent, cette comparaison permet de mettre en évidence la pertinence de la modélisation développée.

Une gradation est néanmoins perceptible selon qu'il s'agisse uniquement des périmètres de protection, des ZNIEFF de type 1 ou de l'ensemble des périmètres d'inventaire.

Ainsi, les zones de protection sont plus strictes et se limitent de façon très précise aux espaces naturels remarquables du fait de leurs habitats, de leur flore et/ou de leur faune. A l'opposé, les zones d'inventaires, non contraignantes, englobent de plus larges territoires. Elles intègrent une plus grande proportion d'espaces artificialisés (éléments fragmentants) et d'espaces naturels de moindres potentialités écologiques positionnés en lisière d'espaces naturels centraux de grande qualité.

| | |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Carte 18 | Analyse croisée des potentialités écologiques calculées et des périmètres de protection et d'inventaire du Nord – Pas-de-Calais |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

La convergence des périmètres de protections et d'inventaires avec une grande partie des espaces naturels dont les potentialités écologiques calculées sont élevées s'explique aisément. De nombreuses espèces animales et végétales rares ou menacées trouvent les conditions de vie ou de survie uniquement dans des espaces naturels encore relativement fonctionnels et dont les potentialités écologiques sont encore élevées. En d'autres termes, les espèces les plus remarquables du Nord – Pas-de-Calais se maintiennent préférentiellement dans les plus vastes ensembles d'espaces naturels, moins impactés par les éléments anthropiques. Il s'agit généralement de grands espaces naturels et/ou d'espaces naturels adjacents complémentaires et diversifiés, à forte naturalité et bien connectés entre eux.

Néanmoins, comme le révèle le Tableau 8, **de nombreuses parcelles d'espaces naturels dont les potentialités écologiques sont élevées ne sont prises en compte par aucun périmètre de protection ou d'inventaire**. Ainsi, près de 15% des espaces naturels de potentialité écologique très élevée et plus de 30% des espaces naturels de potentialité écologique élevée ne sont pris en compte par aucun périmètre de protection ou d'inventaire.

Tableau 8 : Proportion des parcelles de potentialité écologique élevée exclues des périmètres de protection et d'inventaire du Nord – Pas-de-Calais

| Niveau de potentialité écologique calculé | Proportion des parcelles exclues des périmètres de protection | Proportion des parcelles exclues des ZNIEFF 1 | Proportion des parcelles exclues des périmètres d'inventaire | Proportion des parcelles exclues de l'ensemble des périmètres de protection et d'inventaire |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Très élevée | 83,4 % | 43,1 % | 14,1 % | 13,6 % |
| Élevée | 90,9 % | 61,4 % | 31,8 % | 31,4 % |

Si l'on étudie brièvement ces espaces naturels potentiellement intéressants d'un point de vue écologique mais non pris en compte par les différents périmètres de protection et d'inventaire régionaux, on peut distinguer deux cas de figures.

Dans le premier cas de figure, il s'agit d'espaces naturels dont les potentialités écologiques sont réellement intéressantes du fait de leur forte naturalité, de leur bonne connectivité avec d'autres milieux naturels adjacents, de leur taille conséquente et/ou de la présence de divers autres espaces naturels complémentaires dans le voisinage. Malgré ces qualités écologiques, ces espaces naturels encore relativement fonctionnels abritent peu d'habitats ou d'espèces remarquables et ils ne sont concernés par aucun périmètre de protection et d'inventaire. Ou alors, il s'agit d'espaces naturels peu prospectés par les naturalistes et dont les richesses biologiques sont encore méconnues. Enfin, il peut s'agir d'espaces naturels dont les richesses biologiques sont connues par les naturalistes mais dont l'intégration au réseau régional des périmètres de protection et d'inventaire n'a pas été réalisée à ce jour pour diverses raisons.

Parmi les espaces naturels régionaux dont les potentialités écologiques sont a priori importantes mais qui ne sont répertoriés par aucun périmètre de protection ou d'inventaire, nous pouvons citer, par exemple :

- le réseau de prairies et boisement de la vallée du Bras de Bronne, affluent de la Canche au Nord-Est de Marles sur Canche ;
- les ceintures bocagères des villages de Bourthes, Bécourt, Senleques, Campagne-les-Boulonnais, Zotoux et de leurs hameaux, sur les plateaux d'Artois en bordure sud-est du Boulonnais ;
- le réseau de prairies et boisement de la vallée de la Rhonelle et de ses affluents dans le Valenciennois ;
- le maillage bocager, le Bois Robert et les zones humides associées dans les environs d'Avesnes-sur-Helpe ;
- le maillage bocager, les bois et zones humides entre Ferrière-la-Petite et Cousolre dans l'Avesnois.

Dans le second cas de figure, l'exclusion des périmètres de protection et d'inventaire d'espaces naturels dont les potentialités écologiques calculées sont élevées peut être **ponctuellement liée à des biais de la méthode développée**. Dans ce cas, les potentialités écologiques calculées pour certains espaces naturels sont susceptibles d'être surévaluées. Les biais de la méthode peuvent être constatés à diverses étapes de l'évaluation des potentialités écologiques, ils sont principalement :

- une erreur ponctuelle d'appréciation de la naturalité de l'espace naturel du fait des limites de précision de la nature de l'occupation du sol de la couche de SIGALE® ;
- une surévaluation de la connectivité des espaces naturels liée à la sous-estimation des barrières biologiques environnantes ;
- une surévaluation de l'hétérogénéité de l'espace naturel du fait de sa taille importante.

Ainsi, deux espaces naturels régionaux dont les potentialités écologiques calculées paraissent a priori surévaluées peuvent être cités à titre d'exemple et témoigner de biais ponctuels de la méthode développée.

Le premier est représenté par le site des Carrières du Boulonnais et des Carrières de la Vallée Heureuse à proximité de Marquise. Leurs niveaux de potentialité écologique calculés sont très élevés alors qu'il s'agit de carrières encore en exploitation et donc avec des perturbations anthropiques non négligeables sur une grande partie de leur surface. Ici, la surévaluation des potentialités écologiques provient du fait que le poste « carrières » dans la couche d'occupation du sol de SIGALE® regroupe indistinctement les carrières en activité et les carrières dont l'exploitation a cessé. Comme les carrières dont l'exploitation a cessé représente généralement des espaces naturels de grand intérêt biologique, il a été choisi d'inclure les carrières de l'occupation du sol de SIGALE® dans les milieux naturels ouverts et de leur affecter un coefficient de naturalité élevé. Il n'en reste pas moins que les carrières proches de Marquise sont bien connectées à divers autres espaces naturels et présentent donc des indices de connectivité et d'hétérogénéité élevés. Ainsi, à l'issue de leur phase d'exploitation, ces vastes carrières sont susceptibles de devenir des sites naturels d'intérêt écologique majeur à l'échelle régionale.

Le second site exemplaire, dont les potentialités écologiques paraissent surévaluées concerne des pistes d'aéromodélisme situées sur la commune de Saint-Georges-sur-l'Aa (59), sur la rive droite de l'Aa, au Nord de l'autoroute A16. La couche d'occupation du sol de SIGALE® y désigne des « prairies naturelles, permanentes ». Par conséquent, la naturalité et donc les potentialités écologiques globales de cet espace apparaissent surévaluées. Toutefois, la taille importante de la parcelle, sa forte compacité, sa connexion avec l'Aa et divers espaces naturels proches confèrent à ce site des potentialités écologiques malgré tout non négligeables.

Ces exemples mettent bien en évidence les possibilités de biais que peut entraîner la méthode d'évaluation des potentialités écologiques développée. Il apparaît toutefois que ces biais se limitent généralement à un seul des sous-indices calculés. Les incidences de ces biais sur l'indice globale des potentialités écologiques sont donc généralement limitées et sont susceptibles de ne faire varier cet indice que d'un niveau ou tout au plus de deux niveaux de potentialité écologique.

Bien que les erreurs d'appréciation des potentialités écologiques relatives des espaces naturels régionaux semblent marginales et limitées, les exemples de biais de la méthode démontrent qu'il convient de rester vigilant sur l'interprétation des potentialités écologiques de chaque parcelle. Ainsi, un diagnostic écologique approfondi sur le terrain est systématiquement nécessaire pour évaluer précisément l'intérêt écologique d'un site et vérifier ses potentialités en terme de fonctionnalité écologique.

Par ailleurs, **une autre analyse des potentialités écologiques régionales peut être réalisée à travers la superposition des principaux éléments du schéma d'orientation de la trame verte et bleue régionale**, à savoir les cœurs de nature et les corridors écologiques (voir la Carte 19). Cette analyse met en évidence des conclusions similaires à celle des périmètres de protection et d'inventaire. Elle met en évidence **la superposition de la plupart des cœurs de nature et corridors écologiques avec les espaces naturels dont les potentialités écologiques calculées sont élevées.** Toutefois, **localement elle révèle que certains espaces naturels de forte potentialité écologique**

ne sont pris en compte dans aucun cœur de nature ni corridor. A l'opposé, certains corridors écologiques franchissent de vastes espaces dont les potentialités écologiques sont très faibles.

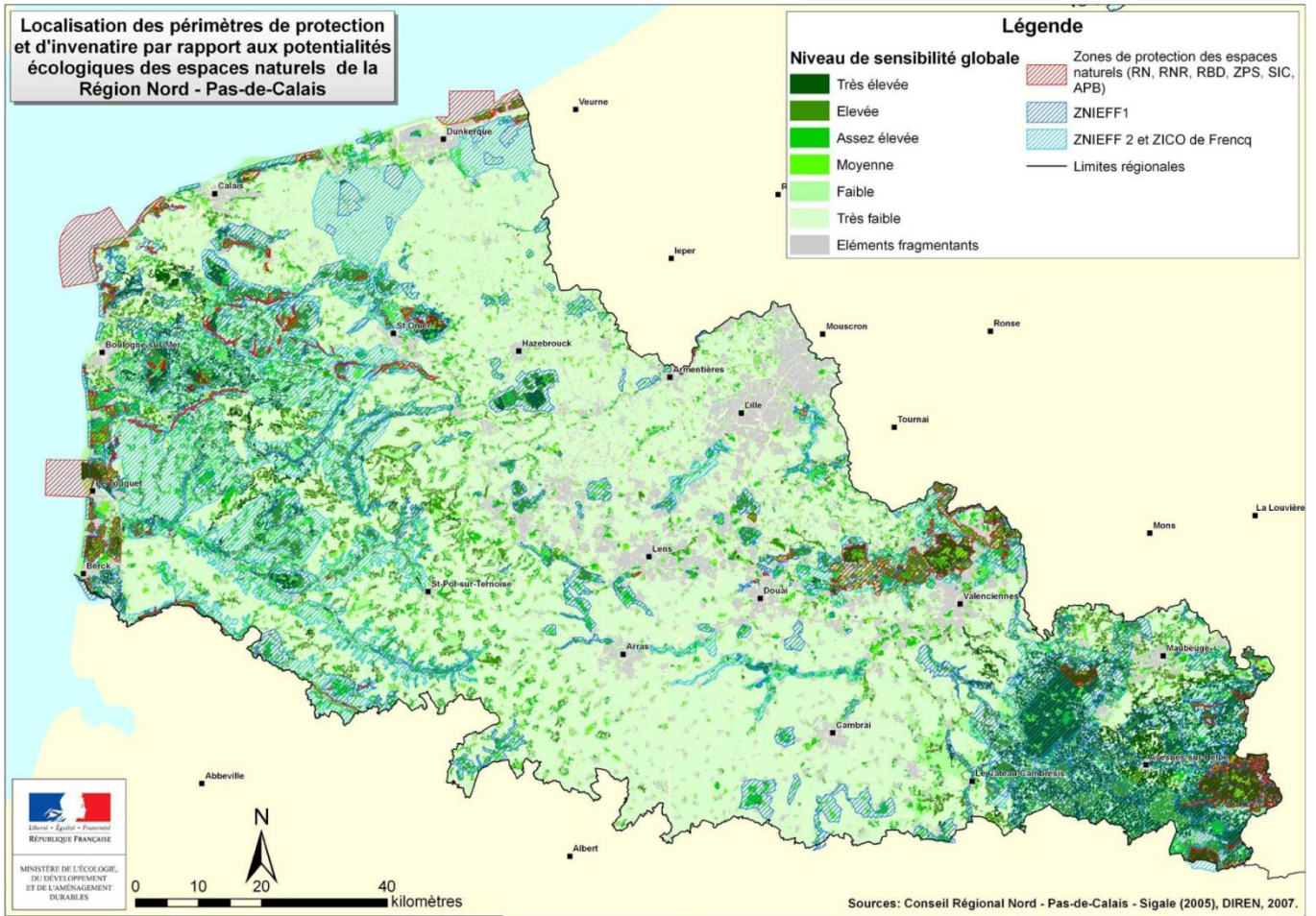
| | |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Carte 19 | Analyse croisée des potentialités écologiques calculées et des cœurs de nature et corridors écologiques de la Trame Verte et Bleue du Nord – Pas-de-Calais |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

La présente étude et notamment les cartes de synthèse qu'elle propose doivent donc être perçues comme un outil, non infaillible, de reconnaissance et de délimitation des espaces naturels régionaux remarquables du fait de leur potentialités écologiques élevées. Ainsi, dans une optique de conservation de la biodiversité régionale, les espaces naturels qui satisfont l'un des critères mentionnés ci-après doivent faire l'objet d'une attention particulière.

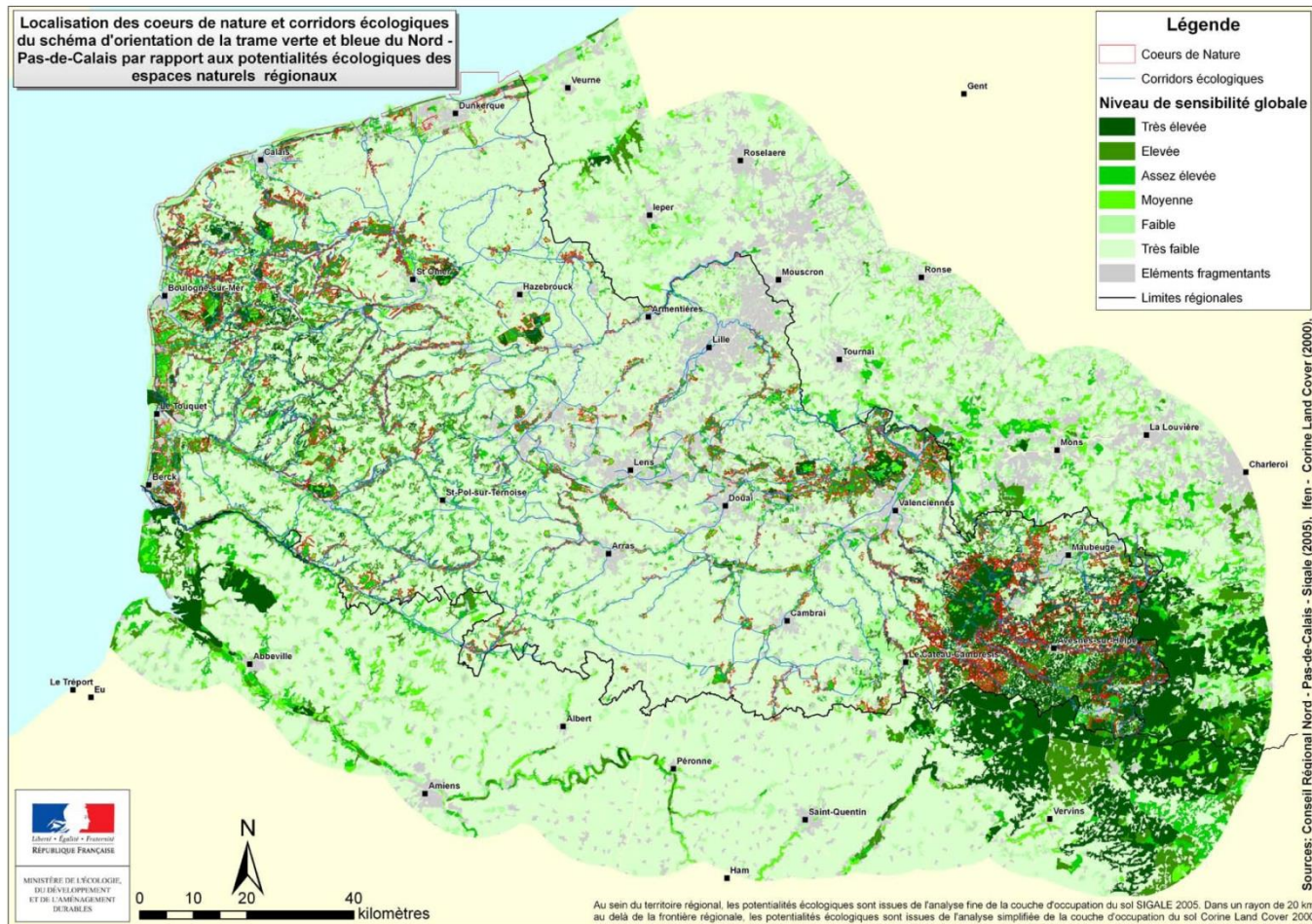
1. **Espaces naturels dont les potentialités écologiques sont identifiées comme élevées à très élevées sur la Carte 16 de synthèse des potentialités écologiques du Nord – Pas-de-Calais.**
2. **Espaces naturels faiblement exposés aux perturbations générées par les éléments anthropiques régionaux figurant en vert et en bleu sur la Carte 4 de synthèse des zones d'influence des éléments anthropiques sur les écosystèmes dans le Nord – Pas-de-Calais.**
3. **Espaces naturels faiblement exposés à la pollution lumineuse figurant en bleu (voire en vert) sur la Carte 5 de simulation de la pollution lumineuse régionale.**

De façon à simplifier la tâche des services de l'Etat en limitant le nombre de documents de référence pour la préservation des espaces naturels et de la biodiversité régionale (zones de protection et d'inventaire, trame verte et bleue, présente étude des potentialités écologiques...), **il pourrait être judicieux d'envisager l'intégration des résultats de la présente étude dans le réseau régional des ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique).** Cela aurait le double avantage de mieux prendre en considération le paramètre « valeur écologique » des ZNIEFF et de classer de nouveaux espaces naturels en ZNIEFF du fait de leurs potentialités écologiques élevées et/ou de leur faible exposition aux perturbations générées par les éléments anthropiques et la pollution lumineuse.

Enfin, il convient de **garder à l'esprit que les potentialités écologiques d'un espace naturel ne découlent pas uniquement de ses qualités intrinsèques** (naturalité, surface, compacité). Celles-ci dépendent également des mosaïques de milieux naturels alentours (connectivité et hétérogénéité). Ainsi l'altération d'un espace naturel voisin peut réduire les potentialités écologiques de l'espace naturel considéré.



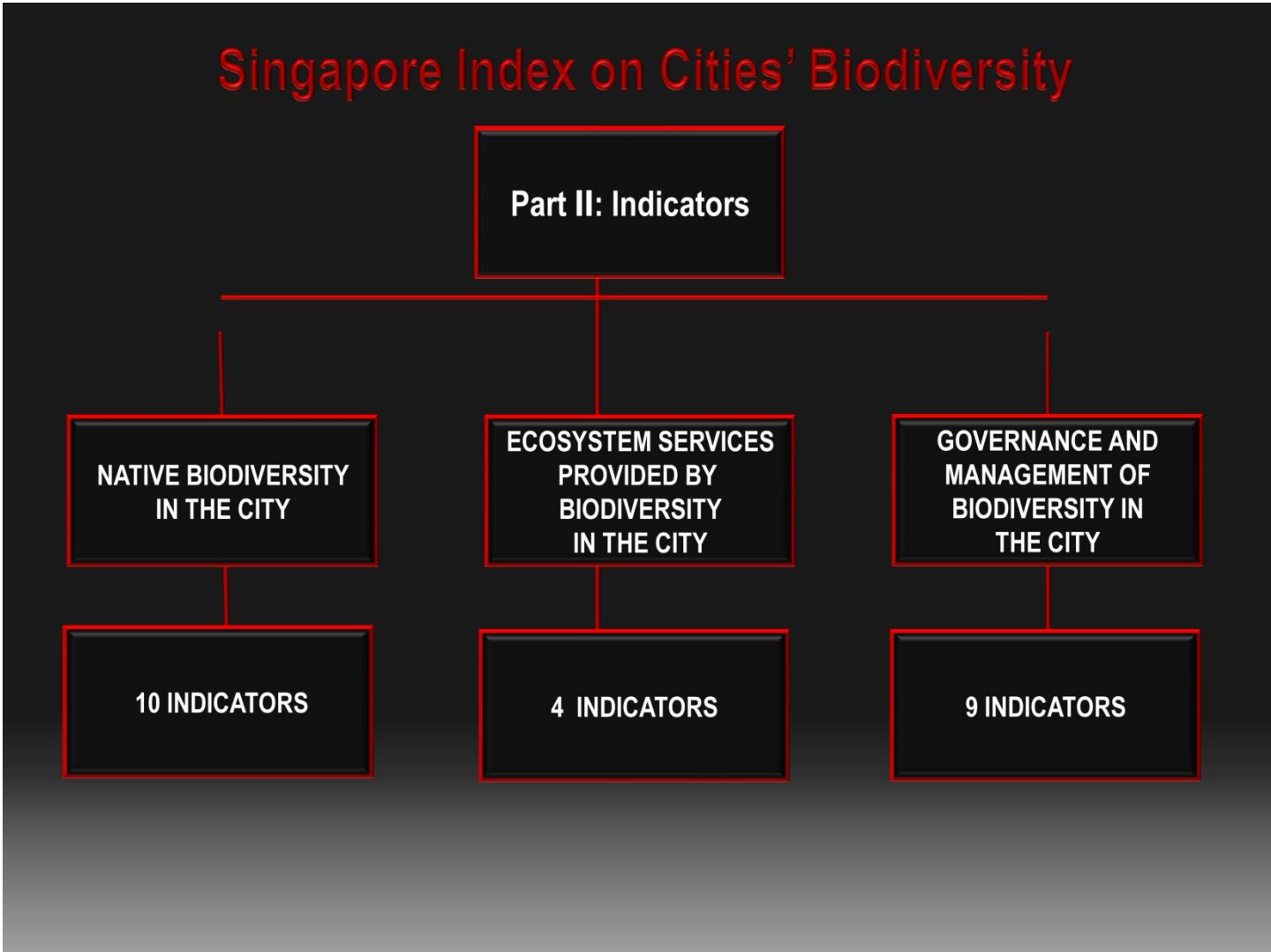
Carte 18 : Superposition des périmètres de protection et d'inventaire du Nord - Pas-de-Calais aux potentialités écologiques calculées



Carte 19 : Superposition des cœurs de nature et corridors écologiques du schéma d'orientation de la Trame Verte et Bleue du Nord – Pas-de-Calais aux potentialités écologiques calculées

Annexe III – Extrait de Measuring biodiversity in cities : the Singapore index on cities' biodiversity, rédigé par le Dr Lena Chan pour URBIO (2010)

Cette annexe est tirée de la référence sitographique [21]



Indicators - Native Biodiversity in the City

Indicator 1

Proportion of Natural Areas in City

Indicator 2

Connectivity Measures or Ecological Networks to Counter Fragmentation

Indicator 3

Native Biodiversity in Built-Up Areas

Indicators - Native Biodiversity in the City

Indicator 4

*Change in Number of Native Species
(Vascular Plants)*

Indicator 5

*Change in Number of Native Species
(Birds)*

Indicator 6

*Change in Number of Native Species
(Butterflies)*

Indicators 7&8

*Changes in Numbers of Native Species
(any 2 taxonomic groups of choice)*

Indicators - Native Biodiversity in the City

Indicator 9

Proportion of Protected Natural Areas

Indicator 10

*Proportion of Invasive Alien Species
(as Opposed to Native Species)*

Indicators - Ecosystem Services of Biodiversity

Indicator 11

Regulation of Quantity of Water Through Permeable Areas

Indicator 12

Climate Regulation: Carbon Storage and Cooling Effect of Vegetation

Indicator 13

Recreational Service

Indicator 14

Educational Service

Key Indicators - Governance and Management of Biodiversity

Indicator 15

Budget Allocated to Biodiversity

Indicator 16

*Number of Biodiversity Projects
Implemented by the City Annually*

Indicator 17

*Existence of Local Biodiversity Strategy
and Action Plan*

Key Indicators - Governance and Management of Biodiversity

Indicators 18

Number of essential biodiversity-related functions

Indicators 19

Number of city or local government agencies involved in inter-agency cooperation

Key Indicators - Governance and Management of Biodiversity

Indicators 20

Existence of public consultation process

Indicators 21

Number of agencies involved in biodiversity projects

Key Indicators - Governance and Management of Biodiversity

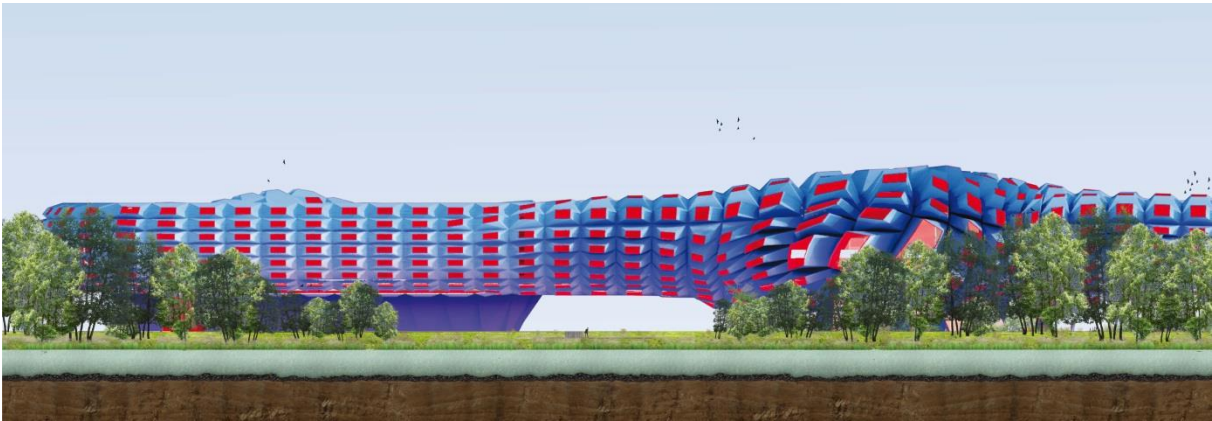
Indicators 22

Biodiversity in school curriculum

Indicators 23

Outreach/public awareness events

ANNEXE IV - Visuels du bâtiment du projet du futur Parc des Expositions de Strasbourg (2013)





Diplôme : Ingénieur
Spécialité : Paysage
Spécialisation / option : MOI
Enseignant référent : M. MIGEON

Auteur(s) : Morgan SARTIAUX

Organisme d'accueil : SEMPERVIRENS

Date de naissance* : 03/09/1989

Adresse :

45, rue Lepic

Nb pages : Annexe(s) :

75010 PARIS

Année de soutenance : 2013

Maître de stage : M. AILLET

Titre français : La prise en compte de l'écologie dans l'aménagement des sites en contexte urbain : Application au site du Parc des Expositions de Strasbourg

Titre anglais : The ecology consideration in urban landscape planning : Application on the Exhibition Center site of Strasbourg

Résumé (1600 caractères maximum) :

Un objectif de l'aménagement paysager en contexte urbain est d'assurer une qualité écologique des espaces et une diversité biologique à l'échelle de la ville. Les difficultés de cet objectif sont de concilier les enjeux écologiques aux enjeux et usages du milieu urbain, ainsi que d'intégrer ces enjeux au sein d'un projet d'aménagement paysager dans un contexte fortement anthropique.

La prise en compte de l'écologie dans un contexte aussi complexe que le milieu urbain nécessite une réflexion complète intégrant notamment une approche historique de l'aménagement et des enjeux auxquels les sites paysagers ont dû répondre. Cette étude comprend donc dans un premier temps une analyse de l'évolution de la perception des espaces paysagers et de l'émergence du concept d'écologie urbaine ainsi que ses enjeux.

Elle expose dans un second temps les moyens de prise en compte de l'écologie en contexte urbain puis illustre ces moyens en se basant sur un exemple concret, le projet d'aménagement du futur Parc des Expositions de Strasbourg.

Elle aborde enfin une notion nouvelle de l'écologie, basée non seulement sur les ressources écologiques d'un espace mais aussi sur l'intérêt et la fonctionnalité écologique de ces dernières : l'éco-potentialité.

Abstract (1600 caractères maximum) :

An objective of the landscaping in urban context is to ensure an ecological quality of spaces and a large scale biological diversity. The difficulties of this objective are to reconcile the ecological stakes and urban stakes, as well as to integrate these stakes within a landscape project into a strongly anthropological context.

The ecology consideration in such a complex context as urban environment requires a complete consideration integrating a historic approach of the landscape project and integrating the stakes which landscaped sites hat to answer. This study thus includes at first an analysis of the evolution of landscaped sites perception, and the emergence of urban ecology concept as well as its stakes.

It secondly explains ecology consideration ways in urban context, and then illustrates these ways by basing itself on an example, the future Exhibition Center of Strasbourg landscape and architectural project.

It finally points out a new ecology notion, based not only on an area's ecological resources but also on the interest and the ecological functionality of these resources : the eco-potentiality.

Mots-clés : écologie, milieu urbain, aménagement paysager, biodiversité.

* *Élément qui permet d'enregistrer les notices auteurs dans le catalogue des bibliothèques universitaires*

Document à déposer sur moodle en format txt