
12^{ème} SEMINAIRE EAU 2012-2013



1^{ère} Journée : Lundi 18 Février 2013

« L'ingénierie écologique au service
du développement urbain : aspects
milieux /biodiversité »

Résumé

Jusque dans les années 70, l'urbanisation fut intensive et non contrôlée entraînant avec elle l'artificialisation des espaces, les pollutions accidentelles dues à des réseaux défectueux ou encore l'augmentation de la sollicitation de la ressource. Autant de paramètres, auxquels peut s'ajouter les déficits pluviométriques répétés, qui ont engendré des modifications de fonctionnement des hydrosystèmes et une nette dégradation de cette ressource essentielle, l'eau. Une prise de conscience a donc été enclenchée dans les années 80 et des termes comme « développement durable » ou « écologie » sont peu à peu rentrés dans notre vocabulaire.

Aujourd'hui, cette prise de conscience s'est traduite par de nombreuses législations qui visent à protéger et réintégrer l'eau au cœur du développement urbain. Valeur guide, la Directive Cadre sur l'Eau émise en 2000, impose le bon état écologique de toutes les masses d'eau d'ici à 2015. Science qui a su intégrer le bon état écologique au sein du développement urbain, l'ingénierie écologique est devenue actuellement incontournable pour tout acteur de l'urbanisation.

En France, à l'image du monde, on observe le développement d'un véritable marché de l'ingénierie écologique avec une demande toujours plus croissante. Chaque région française ayant des enjeux environnementaux et des pressions anthropiques qui lui sont propres, nous focaliserons notre réflexion sur le bassin méditerranéen. Cours d'eau ayant de violents étiages, lagunes représentant une activité économique majeure, développements de bassins d'orages ou de nouveaux quartiers dits « éco-quartiers », tous ces sujets sont autant de projets potentiels d'ingénieries écologiques spécifiques au pourtour méditerranéen. Nous verrons alors quels sont les enjeux et les solutions apportées dans chaque cas présenté.

Sommaire

Introduction ⁽¹⁹⁾ ⁽²⁰⁾	1
1 Le monde de l'ingénierie écologique	1
1.1 Ingénierie écologique ⁽¹⁾	1
1.2 Contexte réglementaire actuel.....	2
1.2.1 Loi sur l'eau 16 décembre 1964 :	2
1.2.2 Loi du 3 janvier 1992 :	2
1.2.3 Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) de 2006 ⁽²¹⁾	3
1.2.4 Directive Cadre sur l'Eau (23 octobre 2000) ⁽²²⁾	3
1.2.5 Grenelle de l'environnement (juillet-octobre 2007) ⁽²³⁾	4
1.3 Marché de l'ingénierie écologique ⁽²⁾	5
1.4 Exemple pilote d'ingénierie écologique ⁽³⁾	6
2 Procédés d'ingénierie écologique pour la biodiversité	7
2.1 Restauration des cours d'eau en ville	7
2.1.1 Pourquoi restaurer ? ⁽⁴⁾	7
2.1.2 Le génie végétal ⁽⁵⁾	7
2.1.3 Exemple de restauration en milieu urbain sur la Mosson ⁽⁶⁾	12
2.2 Réhabilitation et gestion intégrée des lagunes	12
2.2.1 Qu'est-ce qu'une lagune ?.....	12
2.2.2 Qu'est-ce que la gestion intégrée ? ⁽⁹⁾	13
2.2.3 Le GIPREB, pour l'étang de Berre	14
2.2.4 Le projet LIFE et LAG'Nature de la région Languedoc-Roussillon	16
2.3 Eco-quartiers et espaces verts en ville	18
2.3.1 Qu'est-ce qu'un éco-quartier ?	18
2.3.2 Comment caractériser un Eco-quartier ?	18
2.3.3 Oz, le grand projet Montpellier Nature Urbaine ⁽¹²⁾	20
2.4 Bassins d'orages : une niche écologique	21
2.4.1 Principe d'un bassin d'orage	22
2.4.2 Aménagements paysagers de bassin d'orage	22
2.4.3 Exemples.....	23
2.5 Montpellier, capitale de la biodiversité 2011	27
3 Conclusion	29

Liste des figures

Figure 1: Gaié, un acteur de l'ingénierie écologique	2
Figure 2: Marché de l'ingénierie écologique	5
Figure 3: "Marée noire" à la Crau; La fourmi moissonneuse.....	6
Figure 4: Illustrations de techniques végétales	9
Figure 5: Aménagement de la Mosson.....	12
Figure 6: Etang de Vic (complexe des étangs palavasiens), crédit : SIEL	13
Figure 7: Vue d'ensemble du projet	21
Figure 8: différentes plantations d'un bassin d'orage	23
Figure 9: Vue du bassin d'orage de Cérizay	24
Figure 10: Vue du bassin de Vitrolles (13)	25
Figure 11: Vue du bassin d'Aix en Provence (13).....	25
Figure 12: Vue du bassin d'Aix les Milles (13).....	25
Figure 13: Vue du bassin du Parc Marianne à Montpellier	26
Figure 14: Vue du bassin de la Colombière à Montpellier.....	26

Introduction⁽¹⁹⁾ (20)

La gestion de l'eau et à fortiori de la biodiversité en milieu urbain est devenue une préoccupation majeure des acteurs politiques, économiques et scientifiques de nos jours. L'expansion inévitable des villes entraîne la réduction de l'espace réservé par l'eau, la faune et la flore. La nature étant résiliente, il est aujourd'hui indispensable d'avoir une approche intégrative de la gestion de l'eau, i-e spatiale et temporelle.

En effet, il faut prendre en compte toutes les utilisations de l'eau par l'homme en milieu urbain tout en conservant son rôle de continuum écologique. L'ingénierie écologique est donc la science d'aujourd'hui qui permet une gestion durable, écologique et multifonctionnelle de la biodiversité en milieu urbain, tout en respectant les mécanismes naturels qui gouvernent les écosystèmes.

Dans un premier temps, nous définirons donc le contexte global dans lequel s'inscrit l'ingénierie écologique. Puis nous verrons des exemples de projets d'ingénieries écologiques en France et plus particulièrement dans le sud de la France où les enjeux environnementaux font face aux pressions anthropiques toujours plus croissantes.

1 Le monde de l'ingénierie écologique

1.1 Ingénierie écologique ⁽¹⁾

Afin de bien comprendre la place qu'occupe l'ingénierie écologique de nos jours, un bref rappel historique s'impose. La détermination « ingénierie écologique » apparaît dans notre langue dans les années 60 grâce à H.-T Odum et se réfère à l'époque aux flux d'énergies : ceux générés par l'homme lors de la création d'un ouvrage devaient être inférieurs à ceux produits naturellement. Il y avait une vraie volonté d'alliance entre l'homme et la nature. C'est dans cet esprit que l'on a vu apparaître, dans le milieu des années 70, les premières lois sur la protection de la nature et sur les études d'impacts. En 1979 l'Association Française des Ingénieurs Ecologues (AFIE) voit le jour et avec elle le métier d'ingénieur écologue.

Outre atlantique, il faudra attendre 1992 pour que la première revue du magazine *Ecological Engineering* soit publiée. Se développe alors une conscience mondiale avec la création, un an plus tard, de la société internationale d'ingénierie écologique et en 1999 l'homologue américain d'AFIE, la société américaine d'ingénieurs écologues.

Enfin, en 2003 ce sont deux ingénieurs français, Robert Barbault et Alain Pavé, qui remettent l'ingénierie écologique au goût du jour et sont aujourd'hui considérés comme les pères fondateurs de cette discipline.

La définition de l'ingénierie écologique était alors très écosystémique, i-e l'écologie des écosystèmes. Aujourd'hui, les sociétés mettent l'accent sur le développement durable et c'est pourquoi nous observons une redéfinition de l'ingénierie écologique.

Le Groupe d'Application de l'Ingénierie des Ecosystèmes (GAlé) propose donc une définition de l'ingénierie écologique comme étant, « *la gestion de milieux et la conception d'aménagements durables, adaptatifs, multifonctionnels, inspirés de, ou basés sur, les mécanismes qui gouvernent les systèmes écologiques (auto-organisation, diversité élevée, structures hétérogènes, résilience, par exemple) [...]. A ce titre, l'ingénierie écologique est un ensemble conceptuel spécifique des sciences écologiques mais ouvert sur les problèmes économiques et sociaux. Elle se distingue donc du développement soutenable, qui se base sur une logique économique respectueuse de l'environnement et du progrès social.* »

Figure 1: Gaié, un acteur de l'ingénierie écologique

A partir de cette définition, nous pouvons donc définir trois grands objectifs de cette discipline. Le premier étant la réhabilitation des écosystèmes dégradés; le deuxième regroupe des méthodes de création de nouveaux habitats à valeur pour l'homme et pour la biosphère; et enfin, le dernier objectif visé par l'ingénierie écologique est la valorisation d'outils biologiques dans les processus de dépollution et le rétablissement du service écosystémique.

Qu'est ce que Gaié ?

L'association Gaié regroupe des professionnels des secteurs public et privé de l'ingénierie des écosystèmes. Elle a pour mission de diffuser les connaissances scientifiques et de promouvoir de nouvelles méthodes de gestion plus respectueuses de l'environnement. Gaié est récemment devenu le Groupe des acteurs de l'ingénierie écologique.

A l'heure actuelle, on observe un fort développement de ce nouveau type d'ingénierie dans le monde anglo-saxon mais c'est la Chine qui détient le plus de recherches en la matière. En France, l'ingénierie écologique a été développée entre 2007 et 2011 par le CNRS et concorde avec de fortes demandes politiques et sociales ce qui facilite et augmente le partenariat avec les entreprises.

1.2 Contexte réglementaire actuel

La réglementation concernant la préservation de la biodiversité en milieu aquatique dépend de la réglementation concernant les eaux et de ce fait, évolue en même temps.

1.2.1 Loi sur l'eau 16 décembre 1964 :

Dans les années 60, la qualité des cours d'eau était visiblement mauvaise. A cette époque, les usines et les villes étaient rendues responsables de la pollution de l'eau. La pollution agricole commençait à peine à se manifester, de nature diffuse, mais ses effets étaient difficiles à repérer. Elle était donc ignorée des décideurs, des médias, et donc du grand public. C'est dans ce contexte que la loi du 16 décembre 1964 imposa une gestion décentralisée de l'eau par bassins versants.

Cette loi a également reconnu la nécessité de contrôles plus systématiques de la pollution, par le biais de mesures en rivières : les agences de l'eau voient le jour. Chaque syndicat de bassin versant possède désormais une autonomie financière qui permet de financer stations d'épuration et réseaux de collecte nécessaires au traitement des eaux : apparition des comités de bassins.

1.2.2 Loi du 3 janvier 1992 :

Cette loi a pour principe fondamental de reconnaître l'eau comme un bien faisant partie du patrimoine d'une nation. Elle renforce l'impératif de protection de la qualité et de la quantité des ressources en eau. Elle a mis en place de nouveaux outils de la gestion des eaux par bassin : les SDAGE et les SAGE. Les grands principes de cette loi sont : la préservation des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides, la protection de la qualité des eaux, le développement des ressources en eau et la valorisation de l'eau comme ressource économique.

Les finalités de ces différentes dispositions sont :

- de satisfaire l'alimentation en eau potable de la population et de garantir la santé publique
- d'assurer le libre écoulement des eaux et la protection contre les inondations

- de concilier les besoins en eau de l'agriculture, de la pêche et de l'aquaculture, de l'industrie, de la production d'énergie, du transport, loisirs et des sports nautiques, etc.

Les SDAGE : Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux fixent pour 6 ans et pour chaque bassin hydrographique, les orientations d'une gestion de l'eau dans l'intérêt général et le respect de la Directive Cadre sur l'Eau et loi sur l'eau. Ils définissent les mesures adoptées pour atteindre le bon état écologique des masses d'eau d'ici 2015. Des programmes de mesures (PDM) sont associés aux SDAGE pour définir précisément les actions à mener.

Le SDAGE préconise tout d'abord un état des lieux comprenant l'analyse des caractéristiques du bassin, une synthèse des impacts subis par les eaux de surface et les eaux souterraines, une analyse économique des utilisations de l'eau et un registre des zones protégées. Il est accompagné ensuite d'un programme de mesure qui définit les actions à mener d'ici à 2015 pour atteindre les objectifs fixés. La dernière étape de la mise en œuvre d'un SDAGE est son suivi dynamique et sa révision régulière en fonction de l'évolution des résultats.

Les SAGE : Schémas d'aménagement et de Gestion des eaux, sont instaurés pour un sous bassin versant ou un groupement de sous-bassins. Il fixe les objectifs généraux permettant de satisfaire au principe de gestion équilibrée et durable de la ressource en eau ainsi que de préservation des milieux aquatiques et de protection du patrimoine piscicole.

Le SAGE doit être compatible avec le SDAGE, il est établi par une Commission Locale de l'Eau (CLE) et approuvé par le préfet. Il comporte un plan d'aménagement et de gestion durable (PAGD) ainsi qu'un règlement, les schémas de cohérence territoriale (SCOT), les Plans Locaux d'Urbanisation (PLU).

Les PLU sont des plans d'organisation de l'urbanisation relatifs à une commune ou un ensemble de communes, ils doivent être compatibles avec le SCOT, le SDAGE et le SAGE. Ce n'est pas un document obligatoire mais il est à l'origine de la commune ou de l'ensemble de la commune et doit être soumis à une enquête publique. Il doit également prendre en compte les trames vertes et bleues, la réduction des gaz à effets de serre.

1.2.3 Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) de 2006⁽²¹⁾

Cette loi stipule qu'il faut atteindre les objectifs fixés par la Directive Cadre européenne sur l'Eau (retour à un bon état écologique des masses d'eau d'ici 2015). Le respect du bon état écologique suppose que les milieux aquatiques soient entretenus, en utilisant des techniques douces et que, malgré les ouvrages hydrauliques, les poissons migrateurs puissent circuler librement et que les mouvements naturels des fonds des rivières puissent se faire.

1.2.4 Directive Cadre sur l'Eau (23 octobre 2000)⁽²²⁾

Elle définit un cadre pour la gestion et la protection des eaux par grand bassin hydrographique au plan européen avec une perspective de développement durable. Elle définit des objectifs par « masse d'eau », et fixe des échéances.

Elle prévoit une analyse économique des modalités de tarification de l'eau et une intégration des coûts environnementaux. Enfin, elle permet au public de s'exprimer afin d'assurer la transparence sur la politique de gestion de l'eau.

La DCE définit une méthodologie commune qui repose sur 4 documents : L'état des lieux (identification des problèmes à traiter), le SDAGE (objectifs environnementaux fixés), le programme de mesure, le programme de surveillance (assure le suivi de l'atteinte des objectifs).

1.2.5 Grenelle de l'environnement (juillet-octobre 2007)⁽²³⁾

Le Grenelle de l'environnement est une rencontre politique Française ayant eu lieu en Septembre et octobre 2007. Le but de cette réunion était de prendre des mesures décisives à long terme en matière de développement durable et d'environnement. Actuellement, la priorité est de permettre aux générations futures, de disposer des ressources dont elles auront besoin et pour cela, la société actuelle se doit de modifier son comportement dans certains domaines.

Le travail au sein du Grenelle a été divisé en plusieurs groupes :

- **groupe « lutter contre les changements climatiques et maîtriser la demande d'énergie »** : il s'intéresse aux transports, à l'aménagement, à la construction, à l'habitat et à l'énergie ;
- **groupe « préserver la biodiversité et les ressources naturelles »** : il traite de l'eau, des espaces protégés, et inclura la pêche et les ressources halieutiques ;
- **groupe « instaurer un environnement respectueux de la santé »** : il analyse les enjeux liés la santé : qualité de l'alimentation, pollutions, déchets, qualité de l'air
- **groupe « adopter des modes de production et de consommation durables »** : il travaille sur l'agriculture, l'agroalimentaire, la pêche, la forêt, la distribution et le développement durable des territoires ;
- **groupe « construire une démocratie écologique »** : il s'attache à débattre d'une réforme des institutions pour prendre en compte le pilier environnemental du développement durable, comment améliorer l'accès à l'information....
- **groupe « promouvoir des modes de développement écologiques favorables à l'emploi et à la compétitivité »** : il aborde les questions de recherche, innovation, emploi, fiscalité écologique, publicité responsable ...

Nous nous intéresserons plus particulièrement au groupe « préserver la biodiversité et les ressources naturelles ».

Les dégâts causés par l'activité humaine sur la biodiversité sont considérables, le Grenelle de l'environnement a fait adopter 119 mesures afin de pouvoir stopper la perte de biodiversité en France et dans l'union européenne d'ici 2010.

Mesures pour stopper la perte de biodiversité

Une de ces mesures est la mise en place, au niveau national, de trames vertes et bleues qui ont pour but d'enrayer le déclin de la biodiversité au travers de la préservation et de la restauration des continuités écologiques. Par « continuité écologique », on entend : la continuité et la proximité entre les milieux naturels permettant ainsi aux espèces de circuler et aux écosystèmes de trouver un équilibre. Les espèces occupant ces écosystèmes doivent pouvoir trouver les ressources dont elles ont besoin afin de se développer.

Au niveau aquatique, la priorité a été mise sur la restauration du schéma migratoire de certaines espèces par l'effacement, quand cela est possible, des ouvrages faisant obstacle à cette migration comme par exemple, des retenues d'eau désormais inutiles. Dans la majorité des cas l'effacement

est trop impactant, la politique est donc à la réduction des impacts. La dernière mesure est la compensation par la création de passes à poissons sur des ouvrages existants.

De plus, grâce au Grenelle de l'environnement, les stations d'épuration ont pour obligation de se conformer aux normes de qualité des rejets d'ici 2012.

Mesures pour connaître et faire connaître la biodiversité

A la suite du Grenelle de l'environnement, l'objectif était de faire découvrir au grand public la notion de biodiversité, ses enjeux et les moyens de l'inclure dans la vie de tous les jours. Tout d'abord, un observatoire de la biodiversité a été créé et un enseignement en écologie devrait être dispensé dans les écoles primaires à supérieures.

1.3 Marché de l'ingénierie écologique (2)

Au vu du fort développement réglementaire cité ci-dessus, du mouvement populaire de réconciliation avec la nature, de la crise de l'énergie et des problèmes environnementaux globaux qui en découlent, nous observons une expansion du marché de l'ingénierie écologique en urbanisme durable. La population a pris conscience de l'incroyable écosystème qui peut se développer dans la ville c'est ainsi que de nombreux projets « durables » voient le jour. Nous pouvons cependant les séparer en deux parties, les projets faisant appel à de la réhabilitation durable des tissus urbains existants, et les projets de nouveaux développements urbains durables.

Même si, comme nous le verrons, chaque projet d'ingénierie écologique requiert une analyse spécifique et des solutions propres, nous pouvons cependant dégager 3 enjeux principaux qui orientent la réflexion des ingénieurs écologues. Premièrement, il faut insérer les nouvelles avancées et les nouvelles technologies en matière d'écologie, hydrologie ou encore de biologie dans les solutions apportées. Ensuite, il faut pouvoir intégrer ces technologies liées à la technicité du métier d'ingénieur dans un contexte plus global d'écologie et de biologie. Enfin, et comme c'est un secteur d'activité émergent, il s'agira de valoriser le projet tant sur le plan éthique que politique afin qu'il s'insère dans le processus global de développement urbain.

La figure ci-dessous a été proposée par l'ARENE île de France et résume le marché de l'ingénierie écologique aujourd'hui :

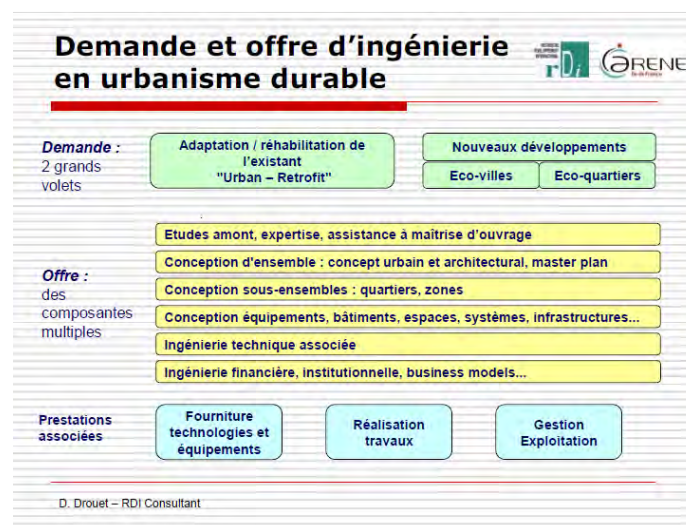


Figure 2: Marché de l'ingénierie écologique

L'ingénierie en urbanisme durable se distingue donc de l'ingénierie classique par le type de demandes auxquelles elle répond (réhabilitation en zone urbaine ou nouveaux développements urbains durables).

Les notions de compensations écologiques, devenues obligatoires, et de réhabilitation des milieux ont donc permis le développement d'un marché public ainsi qu'un flux financier important nécessaire pour que ce domaine d'activité s'agrandisse. Cependant, aujourd'hui, il n'existe pas d'entreprises spécialisées dans le secteur de l'ingénierie écologique même si les cabinets d'expertise développent en interne les compétences et les matériels pour ce type de projets. Les entreprises de génie civil ou de travaux publics classiques créent ainsi des partenariats avec des ingénieurs écologues du CNRS notamment et commencent à avoir un nouveau regard sur leurs impacts environnementaux et peuvent même y voir une opportunité de marché. ⁽³⁾

1.4 Exemple pilote d'ingénierie écologique ⁽³⁾

En 2009, un projet pilote d'ingénierie écologique a vu le jour dans la plaine du Crau aussi appelée « les Cossouls ». Ce projet répond à un appel d'offre lancé par la DREAL PACA auquel a répondu Thierry DUTOIT, conseiller scientifique Ingénierie Ecologique au CNRS-INEE.

Suite à l'éclatement d'un oléoduc, 5 500 m³ de pétrole ont été déversés dans cette réserve naturelle unique au monde, c'est pourquoi la DREAL PACA a décidé de restaurer cet habitat naturel par le biais de l'ingénierie écologique. Après avoir retiré les 72 000 tonnes de sol pollué par les hydrocarbures, le site présentait un trou de 5 ha, il a donc fallu amener de la terre qui avait la composition la plus proche possible du site. Cette terre a été extraite en flux tendu et en respectant l'organisation du sol mais pour que le site retrouve rapidement sa biodiversité, les ingénieurs écologues ont voulu aller plus loin et ont utilisé la fourmi. En effet, cet animal assure le transport de 70% des espèces végétales sur le site. En réintroduisant des fourmis fondatrices, les ingénieurs espèrent donc que celles-ci vont pouvoir fonder leur colonie et de ce fait aller chercher les espèces végétales caractéristiques du milieu. Bien que les premiers résultats semblent concluants, il faudra attendre 4 à 5 ans pour dire si la fourmi accélère effectivement le processus de réhabilitation du site.



Figure 3: "Marée noire" à la Crau; La fourmi moissonneuse

2 Procédés d'ingénierie écologique pour la biodiversité

Nous venons de voir le contexte historique, législatif et économique dans lequel l'ingénierie écologique évolue. Nous allons donc voir à présent plusieurs exemples d'ingénierie écologique en zones urbaines dans la région Rhône-Méditerranée-Corse. En effet, la forte attractivité touristique et économique de cette région impose une gestion incomparable de sa biodiversité unique.

2.1 Restauration des cours d'eau en ville

2.1.1 Pourquoi restaurer ? ⁽⁴⁾

Un cours d'eau n'est pas seulement un drainage des eaux de surface mais c'est un écosystème complexe composé d'un biotope et d'une biocénose. Au sein du biotope se trouve un ensemble de facteurs physico-chimiques ou abiotiques (climat, hydrologie, pédologie, topographie) qui vont régir la quantité et la qualité des eaux dans le cours d'eau. Ainsi, ils auront une grande influence sur la morphodynamique de la rivière. Quant à la biocénose, elle est composée d'un grand nombre d'espèces situées à différents échelons de la chaîne alimentaire. Les interactions entre ces êtres vivants sont qualifiés de biotiques. Ainsi, l'ensemble biocénose et biotope vont évoluer ensemble afin de trouver l'état d'équilibre du cours d'eau. Cette évolution est longue et en perpétuel mouvement, l'écosystème rivière est donc la conséquence de tous ces processus d'adaptation.

La diversité du biotope (zones lotiques, lenticques, taux d'oxygène différent, etc ...) engendre la diversité des espèces présentes et donc la biodiversité de cet écosystème aquatique. De plus, de la source à l'embouchure, les processus écologiques varient et les composants de la biocénose seront différents en fonction de la variabilité du corridor fluvial.

Cet écosystème rivière est donc très dépendant des écosystèmes terrestres qui le bordent. Par conséquent, la gestion d'un cours d'eau ne peut pas se limiter à la gestion de la qualité de l'eau, il faut se préoccuper de la gestion des sols et considérer le cours d'eau au-delà du lit mineur. En effet, l'écosystème du cours d'eau est formé des rives, des berges et du cours d'eau lui-même. Ainsi, les environnements terrestre et aquatique sont deux éléments inséparables qui induisent une gestion globale du cours d'eau. C'est pourquoi, il est important de mettre en place un aménagement des berges.

Cette restauration des cours d'eau va permettre de rendre à la rivière ses capacités naturelles d'autoépuration et d'autorégulation qu'elle avait perdues. De plus, ces aménagements contribuent à limiter les inondations, améliorer notre cadre de vie tout en favorisant la biodiversité nécessaire au bon équilibre du cours d'eau. Restaurer les cours d'eau a pour but de lui redonner un fonctionnement naturel afin de respecter sa dynamique fluviale, un équilibre dynamique se caractérisant par une oscillation régulière entre érosion et dépôt. La compréhension de ce dernier est essentielle afin de favoriser la biodiversité de l'hydrosystème. De plus, ces actions permettent d'atteindre les objectifs requis par la DCE c'est-à-dire l'atteinte du bon état écologique des cours d'eau d'ici 2015.

Il est donc nécessaire de restaurer nos cours d'eau afin de préserver le fonctionnement naturel des écosystèmes aquatiques, favoriser la biodiversité et atteindre le bon état écologique.

2.1.2 Le génie végétal ⁽⁵⁾

L'aménagement des berges a souvent été synonyme d'enrochement privant le cours d'eau de sa dynamique naturelle. Aujourd'hui, des solutions nouvelles et végétales sont proposées afin

d'intégrer ces aménagements dans leur environnement. Science hybride, le génie végétal est le résultat des solutions innovantes de restauration des cours d'eau.

2.1.2.1 Définition

Fondé sur des connaissances diverses, le génie végétal permet à l'écologue et l'ingénieur de résoudre des problèmes techniques d'érosions grâce à l'utilisation de végétaux. Cette nouvelle ingénierie est basée sur la physiologie végétale et plus particulièrement sur le mode de croissance et de développement des espèces végétales. C'est donc à partir de modèles naturels que le génie végétal crée des techniques de protection de berges. C'est-à-dire qu'il utilise les capacités naturelles du végétal comme matériel de base pour la construction des ouvrages.

Les techniques du génie végétal créent des « ouvrages vivants de protection » permettant de ne pas couper l'écosystème aquatique de l'écosystème terrestre, de préserver les zones humides et favoriser la recolonisation des berges par différentes espèces.

Le génie végétal a des exigences écologiques induites par l'utilisation de végétaux, ainsi, ses domaines d'applications sont les talus, les berges et les zones à aménager de façon naturelle. Dans notre cas nous nous intéresserons aux techniques applicables aux berges de cours d'eau.

2.1.2.2 Principe

Avant tout aménagement, le génie végétal prône pour un entretien réfléchi dans le respect du cours d'eau et de ses caractéristiques morphologiques et écologiques. Ainsi, le premier principe du génie végétal n'est pas l'intervention à tout prix. En effet, il peut y avoir des zones d'érosion qui ne présentent aucune menace pour l'environnement. Dans cet exemple-là, il n'y aura pas d'intervention faite, les berges garderont ainsi une morphologie variée qui favorisera leur capacité d'accueil pour la faune. De plus, il est important de laisser des espaces de « liberté » au cours d'eau afin qu'il puisse s'exprimer lors d'épisodes de crues. En laissant des zones non aménagées, la dynamique du cours d'eau est libre et son caractère propre est conservé, composé d'apparition d'espèces pionnières et de zonations typiques de la végétation.

Cependant, en zone urbaine, les surfaces agricoles, industrielles, résidentielles ou de loisirs se rapprochent de plus en plus du cours d'eau. Cette urbanisation entraîne de nombreuses modifications des zones alluviales qui sont alors dépourvues de leur pouvoir de régulation de crue, augmentant le risque d'inondation. Il est fréquent de voir apparaître des enrochements ou endiguements. Cependant ces derniers apportent une sûreté apparente favorisant l'abandon de leur entretien. C'est alors que la végétation pousse où elle peut et ne joue plus son rôle de protecteur de berges engendrant même parfois des problèmes d'embâcles. Le génie végétal est convaincu de l'efficacité de stabilisation de berges engendrée par la ripisylve, c'est pourquoi il a pour principe de base de favoriser une protection naturelle des berges en conservant la végétation existante. Cependant, comme il a été montré précédemment, dans certaines situations, la végétation est en mauvais état par manque d'entretien. C'est pourquoi, la première démarche du génie végétal réside dans l'entretien des berges. Les techniques n'interviendront que dans le cas d'une dégradation avancée des berges.

Lors d'un projet d'entretien ou aménagement sur une section de cours d'eau importante ou sur un cours d'eau entier, il est nécessaire d'établir un diagnostic. Ce dernier se fait grâce à des relevés de terrain qui seront regroupés sur une carte. Les renseignements suivants y seront portés :

- Morphologie du lit (seuil naturel, banc de sable, atterrissement, bras mort, dépôt, affleurement rocheux,...) ;

- Végétation riveraine : identification des espèces et localisation ; espèces envahissantes et indésirables ;
- Ouvrages hydrauliques et arrivées d'eau ;
- Ouvrages de stabilisation existants (enrochements, technique végétale, etc.) ;
- Etat sanitaire des berges (niche d'érosion, embâcle, affaissement, arbre penché, trous de rat musqué ou ragondin) ;
- Surfaces riveraines et d'influences anthropiques.

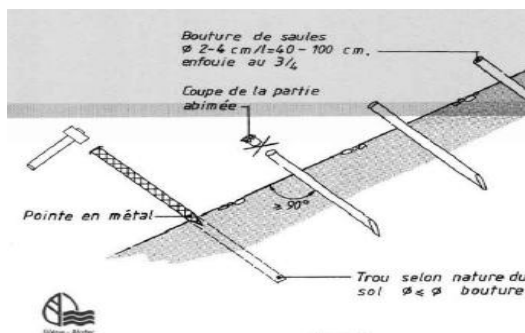
A la suite de toutes ces observations, un projet d'aménagement sera pris en compte. Une étude préalable permet de vérifier s'il est possible de tout traiter par techniques végétales. Dans certains cas, il est nécessaire d'employer des techniques mixtes qui mêlent génie végétal et gabions ou enrochements.

2.1.2.3 Techniques de construction végétales

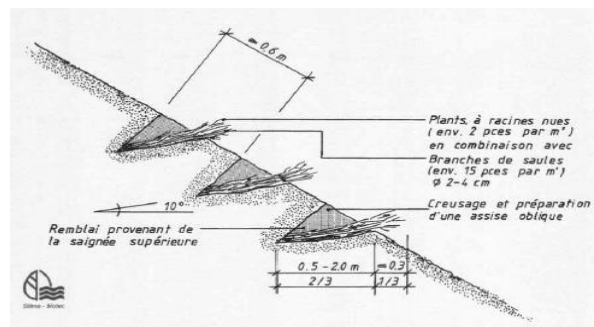
Il existe trois catégories de techniques végétales : utilisation plantes entières, utilisation de parties de végétaux et utilisation de graines.

Sachant que l'objectif du génie végétal est d'aboutir à une forte diversité des berges, il faut que leur pente, leur configuration mais également leur composition floristique varient. C'est pourquoi il faut établir une composition floristique en relation avec le site. Dans la conception des ouvrages, il y a un groupe d'espèces pionnières, les saules, qui fournissent le matériel indispensable.

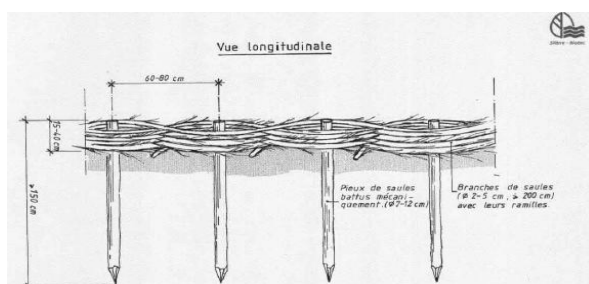
Plusieurs techniques sont détaillées dans le tableau ci-après :



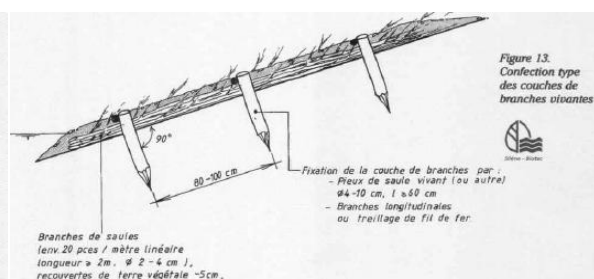
Bouturage



Lit de plants et plançons



Tressage



Couche de branches

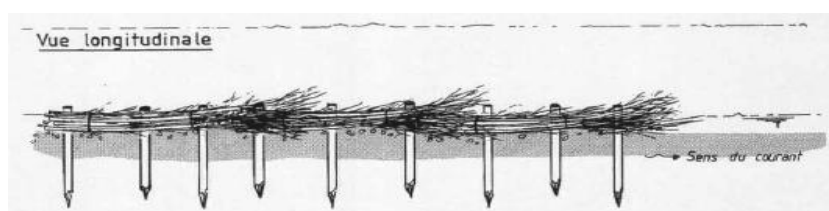


Figure 4: Illustrations de techniques végétales

Fascinage

Techniques	Bouture	Lit de plants et plançons	Tressage	Fascinage	Couche de branches	Plantation	Ensemencement
Description	Segment de branche de Saule ayant une forte capacité de rejets que l'on plante et qui forme un nouvel arbre ou buisson.	Sur une berge terreuse ou limono-sableuse, on dispose côte à côte des boutures ainsi que des plants à racines nues de saules. En rang serré dans des tranchées étagées.	Protection de pied de berge de faible hauteur (< 40cm) réalisée avec des branches de saule vivantes entrelacées autour de pieux. >40cm: clayonnage	Mise en place de fagots de branches vivantes de saules en pied de berge. Le noyau de la fascine peut être rempli de terre et contenir une autre espèce.	Couverture du sol avec des éléments ligneux susceptibles de reprises.	Mettre en terre des espèces ligneuses pourvues de racines nues.	Dispersion de graines d'herbacées : ensemencement à sec, ensemencement hydraulique ou épandage de fleurs de foin.
Applications	Talus et berges peu menacés. Reverdissement rapide.	Pour des consolidations rapides, pentes instables, reconstitution de berges après effondrement, pentes raides.	Stabilisation des pieds de berges sur cours d'eau à érosion peu agressive. Sur des cours d'eau puissants : accompagné de boutures, plantations.	Méthode efficace pour stabiliser les pieds de berges. Adapté à la protection des niches d'érosion. Pour les cours d'eau à fort étiage.	Talus et berges fortement menacés qui doivent être protégés en surface. Peut remplacer les géotextiles.	Pour végétaliser la partie supérieure des berges. Pour installer des hélophytes en courants peu agressifs.	Stabilisation de surface.
Avantages	Facile, nécessitant peu de moyens mécaniques et financiers. Bon développement.	Simple et bon marché. Pénétration des racines. Possibilité d'intégrer d'autres essences à racines. Ouvrage colonisable spontanément.	Protection immédiate et bon marché. Protection dès la mise en place. Souple. Facilité de mise en œuvre.	Protection solide. Adaptation aux irrégularités de la berge. Protection stable dès la mise en place.	Couches de branches efficaces immédiatement. Formation d'un réseau dense de racines. Reverdissement et saulaies rapides. Ceinture végétale dense et durable.	Simple. Apporte la diversité botanique souhaitée.	Colonisation végétale très forte. Végétalisation de grandes surfaces en peu de temps. Permet de laisser des espaces de lumière. Couverture de surface.
Désavantages	Peu stabilisant au début. Arrosage nécessaire à la pose.	Beaucoup de matériel végétal.	Autres techniques accompagnatrices souhaitables. Fort développement des saules : diminution du gabarit de la rivière.	Grandes quantités de saules. Hauteur de protection limitée. Fort développement des saules : diminution du gabarit de la rivière.	Beaucoup de matériel. Coût élevé. Saulaies pures pendant de nombreuses années.	Efficacité faible dans un premier temps. Champs d'application restreints pour les fortes contraintes hydrauliques.	Efficacité limitée en fonction des sols, de la pente et de la force du cours d'eau.
Préparation du terrain	Nettoyage des berges, débroussaillage.	Pied de berge plat pour réaliser la 1 ^{ère} assise.	Nettoyage des pieds de berges.	Nettoyage. Petite assise creusée.	Nettoyage. Talutage régulier de la berge.	Débroussaillage.	Surface du sol nue.

Une amélioration de ces différentes techniques peut être effectuée. En effet, grâce à l'apport d'autres matériaux l'efficacité de la technique végétale sera augmentée.

Il y a deux principaux matériaux : le géotextile et le bois.

- **Le géotextile :**

Ce sont des nattes faites de matériaux de synthèse ou de fibres naturelles. En génie végétal, le géotextile utilisé doit assurer ses fonctions mécaniques sur la durée nécessaire au développement d'un enracinement suffisant. Des géotextiles putrescibles sont donc utilisés et contribuent à la formation d'humus. Ils sont généralement composés de jute, fibre de coco, laine de bois, coton, lins ou encore roseaux. Le géotextile apporte plusieurs fonctions :

- Effet protection contre l'érosion et les eaux de ruissellement
- Effet renforcement grâce à leur résistance, ils améliorent la stabilité de la berge.
- Effet filtre : limitent la migration de particules fines et donc l'érosion
- Effet stimulation : protègent les graines et maintiennent l'humidité propice à la germination.

Plusieurs sortes de géotextiles existent, le choix d'un d'entre eux se fait en fonction du type de sol, des contraintes physiques et de la capacité de pénétration du sol.

- **Le Bois :**

Il existe 2 types de matériel utilisé :

- Les rondins : bois résineux (pins, mélèze), leur fonction est d'apporter une armature de soutien à effet immédiat qui sera par la suite reprise par la végétation.
- Les pieux : support aux tressages ou aux fascines. Le choix de l'essence du bois dépend de la volonté de voir les pieux rejeter.

2.1.2.4 Choix des essences

Les espèces végétales choisies lors des techniques de revégétalisation sont de trois natures : arbres et arbustes, héliophytes et herbacés terrestres. Ces végétaux vivants peuvent être mis avec des végétaux morts ou matériaux inertes qui vont permettre leur maintien.

Les espèces choisies doivent être en concordance avec le milieu et notamment le climat. Ainsi, en climat méditerranéen, des espèces peu consommatrices d'eau doivent être privilégiées. Les végétaux indigènes doivent être privilégiés afin d'avoir une adaptation optimale. En annexe 1, la liste des espèces utilisées sur le bassin versant de l'Arc est fournie et donne une idée des espèces utilisées en climat Méditerranéen (liste éditée par le SABA).

2.1.2.5 Les limites du génie végétal ⁽⁵⁾

Les facteurs limitants sont directement liés à la croissance des végétaux qui dépend des conditions du milieu : lumière, type de sol, altitude, régime des eaux. Ainsi, les torrents de montagne sont des endroits typiques où le génie végétal est face à ses limites. En effet, le substrat est souvent rocheux, l'altitude ne favorise pas la végétation et l'énergie et les pentes du cours d'eau sont très élevées.

D'une manière générale, à partir d'une pente de cours d'eau de 3% sous 1 m de hauteur d'eau, les techniques végétales ont atteint leurs limites d'utilisation.

De plus, les techniques de stabilisation ne sont pas effectives dès leur mise en place et certaines présentent un fort besoin de main-d'œuvre sachant que les entreprises spécialisées sont peu nombreuses.

Enfin, les ouvrages issus du génie végétal nécessitent un entretien régulier après leur mise en place afin de maintenir un état buissonnant de la végétation.

2.1.3 Exemple de restauration en milieu urbain sur la Mosson ⁽⁶⁾

En 2010, il a été réalisé l'ouverture de la Mosson en dessous du pont de Villeeneuve. Cette restauration a été faite selon les techniques du génie végétal. La première étape fut de refaçonner les berges afin qu'elles aient une allure propice à leur aménagement. Les techniques utilisées ont été les suivantes :

- Pieds de berges d'hélophytes
- Pieux battus
- Lit de plants et plançons avec une toile de coco (géotextile) sur laquelle de la terre et des branches de saules ont été posées.
- Talutage et plantations du haut de la berge avec une fibre de coco.

Cet aménagement en génie végétal est le seul sur le bassin versant du Lez. Les syndicats de rivière ne peuvent qu'encourager ce type de techniques mais il est très rare quand cette solution est choisie. En effet, compte tenu de l'énergie des cours d'eau de la région Méditerranéenne en période de crue, il y a une grosse incertitude sur la fonctionnalité immédiate de telles structures. Le génie végétal étant basé sur du vivant, il faut au minimum un an pour que le système soit efficace et bien mis en place. Or, si une crue arrive durant cette première année, elle est capable de tout emporter c'est pourquoi les techniques minérales sont plus privilégiées sur la région.



Figure 5: Aménagement de la Mosson

2.2 Réhabilitation et gestion intégrée des lagunes

2.2.1 Qu'est-ce qu'une lagune ?

Les lagunes sont des plans d'eau littoraux. Elles sont généralement de faible profondeur, séparées de la mer par une zone littorale appelée lido et en relation avec le milieu marin grâce à un grau. Des apports d'eau vers les lagunes sont faits grâce au bassin versant et des relations privilégiées existent entre la lagune et les zones humides qui l'entourent.

Différents types de lagunes peuvent être mises en évidence en fonction de leur profondeur (et donc de leur origine géomorphologique) :

- Les **lagunes sensu stricto**, peu profondes et entourées de rives basses. Elles se sont constituées derrière des cordons sédimentaires accumulés par les courants marins le long des côtes (ex : Etangs Palavasiens).
- Les **lagunes tectoniques**, issues de l'effondrement ou de l'érosion d'une portion du rivage. Plus profondes (une dizaine de mètres), elles sont généralement cernées de petites falaises rocheuses (ex : Etang de Diana).

- Les **lagunes estuariennes** ou **deltaïques**. Les alluvions, accumulés en tombolos le long du rivage font obstacle à l'écoulement des cours d'eau, isolant des petits plans d'eau saumâtres aux débouchés des fleuves côtiers (ex : La Camargue).



Figure 6: Etang de Vic (complexe des étangs palavasiens), crédit : SIEL

Les lagunes sont des zones d'une grande importance car elles participent à l'équilibre écologique et physique de l'ensemble du littoral. Leurs rôles sont nombreux et variés. Elles assurent une stabilisation du littoral (lutte contre l'érosion), une régulation hydrologique (absorbent les crues et réapprovisionnent les nappes phréatiques), une filtration épuratrice, une richesse écologique et paysagère, une grande biodiversité, une diversité des habitats,...

Ce sont des milieux où de nombreuses activités ont lieu telles que des activités de loisir ou de pêche. Les lagunes sont également soumises à de nombreuses menaces : l'urbanisation, la dégradation de la qualité de l'eau (malaigues, micropolluants,...), le comblement, les activités récréatives et la sur-fréquentation,... ⁽⁷⁾

Avec 45% de la surface des lagunes au niveau national, le Languedoc-Roussillon a une forte responsabilité dans la préservation et la restauration de ces sites ⁽⁸⁾.

2.2.2 Qu'est-ce que la gestion intégrée ? ⁽⁹⁾

Face à de tels enjeux, il est nécessaire d'adopter une politique commune dans le but de préserver, améliorer et restaurer un patrimoine commun que sont les lagunes. Cette politique est appelée gestion intégrée et afin de l'illustrer, nous nous appuyons sur celle mise en œuvre dans le cas des zones humides de la région Rhône-Méditerranée-Corse.

La gestion intégrée se distingue d'une gestion classique par le fait qu'elle rassemble différents acteurs dans le but de préserver un bien commun. Ainsi elle s'oriente, quelque soit le type de bien qu'elle a en charge, suivant 3 axes principaux.

Premièrement, il est nécessaire de réunir autour d'une même table tous les acteurs dont l'activité a un impact direct ou indirect sur le système hydrographique de la lagune. Le bassin versant étant pris comme référence, les activités amont, qui peuvent générer des écoulements sur ce système, doivent être présentes dans le processus de gestion intégrée tout comme les représentants de l'Etat et des collectivités.

Deuxièmement, même si la politique environnementale est l'élément déclencheur du processus de gestion commune, elle ne doit pas négliger la dimension de développement socio-économique et en aucun cas lui être préjudiciable.

Enfin, c'est la notion de solidarité amont-aval, tant sur le plan politique qu'environnemental, qui va être mise en avant dans la gestion intégrée des lagunes.

Plusieurs outils permettent aujourd'hui une meilleure gestion des lagunes. Parmi ceux-ci, la réglementation qui est très abondante et offre un large panel d'outils utiles à la gestion des complexes lagunaires. Nous pouvons citer également les taxes foncières qui facilitent implicitement l'achat des sites lagunaires par le conservatoire du littoral.

2.2.3 Le GIPREB, pour l'étang de Berre

2.2.3.1 Un syndicat mixte

Une succession de groupements ont été créés afin de gérer l'étang de Berre. En effet, un premier groupement, le GIPREB, a été créé en 2000 pour une durée de sept ans qui a été prolongée. Puis, une nouvelle association, le GIPREB2, a été constituée entre 2008 et 2010. Le but de ce regroupement est de poursuivre les démarches entamées par le groupement passé ainsi que de préparer la pérennisation de la gestion et de la réhabilitation de l'étang. Un syndicat mixte est ainsi entré en fonction en 2010 sous le nom de GIPREB. Ses membres sont le Conseil régional Provence-Alpes-Côte d'Azur, le Conseil général des Bouches-du-Rhône, le SISEB, la Chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône et la Chambre de commerce et d'industrie Marseille – Provence. Les objectifs de ce syndicat sont de participer à la connaissance, l'aménagement, la mise en valeur et la réhabilitation de l'étang dans le cadre d'une gestion intégrée et concertée.

2.2.3.2 Succession des altérations du milieu

Lors de l'industrialisation et de l'urbanisation de l'étang de Berre, aucune réglementation n'existait concernant les rejets et surtout leurs normes. Ce milieu va donc servir de récepteur à tous les rejets. Ceci va entraîner une forte pollution qui est responsable d'une dégradation notable du milieu. Cependant, ces apports de pollution ne sont pas les seuls à avoir dégradés l'étang de Berre. En 1966, des usines hydroélectriques ont été implantées à Salon-Saint-Chamas. De l'eau douce a donc été déversée en grande quantité dans le milieu ainsi que des limons. Tout ceci a engendré une perturbation radicale de l'écosystème lagunaire. Avant 1966, la lagune était sous influence fortement marine, cependant, après l'arrivée des usines, sa salinité a fortement diminué. Mais la variation de salinité n'est pas le seul changement, les bilans hydriques et en nutriments ont aussi été fortement modifiés entraînant des conséquences sévères sur l'écosystème. Parmi les conséquences de ces changements, il a notamment été mis en évidence la dégradation des herbiers et l'apparition d'espèces opportunistes caractéristiques des milieux perturbés. Cet étang présente aussi une eutrophisation et une stratification haline de sa colonne d'eau. Une zone anoxique, au fond de l'étang, s'est donc créée. Dans cette partie de l'étang aucun peuplement fonctionnel ne vit.

2.2.3.3 Actions actuelles ou futures

Connaître les altérations passées du milieu étudié aide à mettre en place un plan de restauration. Les objectifs de ce plan sont cohérents avec la notion de « bon état écologique » au sens de la Directive Cadre sur l'Eau. Le début de la période de 1925 – 1965 est prise comme référence pour ces objectifs.

Deux aménagements sont envisagés pour la réhabilitation de l'étang de Berre : la dérivation des rejets EDF hors de l'étang et la réouverture du tunnel du Rove.

Les rejets d'eau provenant de la centrale hydroélectrique, entraînent une diminution globale de la salinité dans l'étang. Ils entraînent également une stratification verticale de l'étang avec une eau salée en profondeur et de l'eau douce qui glisse au-dessus. Cette eau douce est très riche en nutriments et provoque un fort développement de biomasse. Il y a alors une forte concentration algale dans la partie supérieure de la colonne d'eau et en profondeur une zone azoïque, sans oxygène et sans lumière. La centrale provoque donc une importante dégradation écologique du milieu. Pour lutter contre ces problèmes, la dérivation des rejets d'eau est une solution. Différentes options pour réaliser cette dérivation sont envisagées : une solution en tunnel sous le niveau de la mer (solution basse), une solution de surface à l'aide de canaux (solution haute) et enfin une solution mixte utilisant des tunnels et des canaux. La solution basse, une fois passée la phase de construction, a une très faible incidence sur la zone traversée. Par contre, pendant les travaux, l'impact est très important à cause des volumes de déblais à évacuer. Pour les solutions hautes, les travaux n'ont pas d'impacts notables, par contre, les impacts après ne sont pas minimes. Ils sont d'ordres paysagers, écologiques ou fonciers. Cependant, ces solutions offrent certains avantages : restructuration du territoire Fos-Miramas, réorganisation des approvisionnements en eau pour sécuriser l'eau potable, diversification de l'alimentation des sites industriels et restructuration des réseaux agricoles. Cette dérivation éliminera tous les rejets vers l'étang de Berre, ce qui permettra également de soulager les contraintes sur l'exploitation de la Durance à cause des mesures prises pour préserver l'étang de Berre. De plus, les restitutions de la Durance étant annulées, les effets aggravants les problématiques en Basse Durance n'existeraient plus.

Le deuxième projet, qui concerne la réouverture du tunnel du Rove, aurait l'avantage de restaurer l'état écologique de deux étangs, celui de Bolmon et par conséquent celui de Berre. En effet, l'étang de Bolmon est dans un état d'eutrophisation très avancé, l'écologie de ce milieu est donc très dégradée. Pour l'étang de Berre, le problème est du même ordre. Cette remise en fonction du canal permettrait alors une évacuation de la pollution vers la mer et un apport d'eau de mer de bonne qualité vers les étangs. Ceci permettrait en outre l'amélioration significative de l'environnement aquatique, la forte diminution de l'eutrophisation et favoriserait le retour des usages de pêches traditionnelles et de loisirs nautiques. Pour réaliser ce projet, une démarche expérimentale a été choisie.

D'autres décisions sont prises pour la réhabilitation de l'étang de Berre. Parmi les nombreuses mesures prises par le GIPREB, nous développerons plus précisément la réimplantation des herbiers. Le milieu écologique de l'étang de Berre était riche et typiquement méditerranéen au début du 20^{ème} siècle, avec notamment de nombreux herbiers de *Zostera*. A cette époque, 6000 hectares sont recouverts par *Zostera marina* et *Z. noltii*. Puis, à cause de l'industrialisation, la centrale hydroélectrique, les pollutions chimiques, etc., la flore s'est dégradée. Les facteurs mis en cause sont la chute brutale de la salinité et un apport massif en nitrates, entraînant une eutrophisation croissante. Malgré différentes mesures prises, comme la limitation des apports en eau douce et en limons de la centrale hydroélectrique EDF, cette régression n'a pas cessé. A l'heure actuelle, les herbiers ne représentent plus qu'un hectare de l'étang et sous forme de taches reliques. Pour lutter contre ce problème d'ordre écologique, une réimplantation d'herbiers est testée sur six sites. Pour cela, des spécimens sont prélevés dans l'herbier voisin de l'anse de Carteau. Cet herbier a été choisi car il se situe à proximité de l'Etang de Berre, a une grande étendue ainsi qu'une bonne vitalité. Afin d'optimiser les chances de reprise des boutures transplantées, la récolte et la réimplantation ont dû être faites au début du printemps, entre avril et mai 2009. C'est une surface de 5m² qui a été extraite. Les techniques de transplantations ont été sélectionnées selon trois critères : le taux de survie, les contraintes techniques, et le niveau d'impact sur le site de prélèvement. Quant aux six postes de réimplantations, le choix a été fait selon la qualité du milieu (hydrodynamisme, granulométrie, qualité du sédiment,...) et la présence, dans le passé, d'herbiers de *Zostera* ⁽¹⁰⁾.

2.2.4 Le projet LIFE et LAG'Nature de la région Languedoc-Roussillon

2.2.4.1 Présentation du projet

Former un réseau de sites démonstratifs lagunaires et dunaires sur le littoral méditerranéen en Languedoc-Roussillon est le but de ce projet. C'est un programme d'une durée de cinq ans qui associe sept partenaires autour d'un organisme principal, le Conservatoire des Espaces Naturels du Languedoc-Roussillon. Ce projet vise à conserver et restaurer les espaces naturels lagunaires, périlagunaires et dunaires sur cinq sites Natura 2000.

Les cinq sites pilotes sont :

- **La Basse Plaine de l'Aude**, gérée par le Syndicat Mixte de la Basse Vallée de l'Aude (SMBVA). Il est menacé, par exemple, par l'envahissement des prés salés par *Lippia canescens*, la modification des pratiques pastorales et la salinité du milieu.
- **La Camargue gardoise**, gérée par le Syndicat Mixte de la Camargue Gardoise (SMCG). La menace anthropique la plus importante sur ce lieu est la sur-fréquentation et le piétinement des milieux naturels fragiles.
- **L'Etang de l'Or**, géré par le Syndicat Mixte du Bassin de l'Or (SYMBO). Son eutrophisation est principalement due à la pression urbaine très importante associée à une agriculture de plus en plus intensive et un phénomène de cabanisation.
- **L'Etang Palavasien**, géré par le Syndicat Mixte des Etangs Littoraux (SIEL). De fréquentes crises dystrophiques (malaïgues) ainsi qu'un comblement de la lagune sont observés.
- **Salse-Leucat**, géré par le Regroupement Intercommunal de Valorisation, d'Aménagement et de Gestion de l'Etang de Salses-Leucat (RIVAGE). Le problème majeur sur ce site est l'apparition épisodique de blooms de phytoplanctons toxiques.

2.2.4.2 Les objectifs ⁽¹¹⁾

Sur ces cinq sites, différentes actions sont à mener dans le but d'améliorer l'état de conservation des habitats lagunaires, périlagunaires et dunaires. Des expérimentations de gestion des milieux naturels sont réalisées afin d'améliorer l'état de conservation des habitats et donc indirectement des espèces associées à ces habitats. Ceci passe par des actions de restauration, de lutte contre les espèces envahissantes et de gestion de la fréquentation. L'impact de ces actions démonstratives et expérimentales devra être par la suite évalué. De plus, des actions de sensibilisation du grand public, des scolaires, des formations pour les acteurs du tourisme, des services de police et d'instruction juridique des infrastructures en espace naturel sont à mettre en œuvre. Enfin, il faut former et informer les acteurs des lagunes sur une gestion adaptée pour les habitats.

Les résultats de ce projet pourront être par la suite diffusés au niveau régional au travers du Pôle Relais Lagunes méditerranéennes et s'étendre, à terme, au niveau européen.

Ces actions démonstratives, durables et transférables sont de deux types. Certaines actions dites « pilotes » ont pour finalité la mise en œuvre d'opérations concrètes. D'autres sont transversales et ont pour objectifs d'inscrire sur le long terme la préservation des habitats et des espèces associées et de fédérer le plus grand nombre d'acteurs des lagunes autour des problématiques, des enjeux et des richesses du patrimoine lagunaire et périlagunaires languedocien. Plus de soixante actions couvrent l'ensemble de ces cinq sites.

2.2.4.3 Des exemples d'aménagements et d'actions

➤ « Vert demain » : Réduction de l'usage des pesticides et engrais en milieu Urbain ⁽¹⁰⁾

Les Etangs Palavasiens, se situant entre Pérols et Frontignan, sont composés de 4000 ha de lagunes et 2000 ha de zones humides. Leurs rôles écologiques sont très nombreux. Ils jouent le rôle de nurserie et de lieu de vie pour les poissons, permettant ainsi la survie de ces espèces. Mais, ils constituent également une zone d'alimentation, de halte migratoire et de site de reproduction pour de nombreux oiseaux. De plus, de nombreux sites sur le complexe Palavasien sont classés ZNIEFF de type 1 (secteurs de grand intérêt biologique ou écologique) ou de type 2 (grands ensembles naturels riches et peu modifiés, offrant des potentialités biologiques importantes). Il y a également la présence de deux sites Natura 2000. Toutes ces zones de fort intérêt écologique doivent être préservées. Cependant, leur proximité avec l'agglomération de Montpellier, les soumet à de nombreuses pressions anthropiques altérant la qualité des milieux. Une perturbation du fonctionnement des lagunes et des zones humides (« malaïgues ») est alors visible à cause de la forte urbanisation (aménagement et pollution par des pesticides et des nutriments). C'est pour cela, qu'un programme de réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires et d'engrais sur les espaces communaux a été lancé par le SIEL et les communes adhérentes. Un accompagnement des services municipaux pour une gestion raisonnée en intrants et en arrosage des espaces à leur charge est réalisé lors de ce programme. Une sensibilisation des particuliers au jardinage sans pesticide est aussi prévue. Ce programme est soutenu par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse et la Région Languedoc-Roussillon et comprend 3 axes :

- Axe 1 : plans d'amélioration des pratiques phytosanitaires et horticoles
- Axe 2 : formation des agents techniques des communes
- Axe 3 : communication et sensibilisation du grand public

Un diagnostic des pratiques employées par les communes ainsi qu'une aide au choix des techniques et leur mise en œuvre sont réalisés par le SIEL.

➤ Restauration des échanges hydrauliques entre les étangs Palavasiens

Comme vu précédemment, les étangs Palavasiens présentent un grand intérêt écologique. De plus, de nombreuses activités de loisirs, de trafic fluvial et d'activités traditionnelles (pêche, production, viticulture...) sont présentes sur ces sites.

Ces étangs étaient, à la base, une seule et même lagune allant du bassin de Thau à celui de Mauguio. Puis, la réalisation de différents ouvrages a provoqué une fragmentation en dix de cet étang. Ces aménagements sont par exemple la construction du canal du Rhône et le développement d'axes routiers. Les échanges hydrauliques entre les différents bassins ont alors été fortement diminués portant atteinte au fonctionnement écologique, à la qualité des eaux lagunaires et accentuant le phénomène naturel de comblement des lagunes. A l'heure actuelle, les échanges avec la mer se font par le port de Carnon, l'embouchure du Lez, le grau de Prévost et le port de Frontignan. Une qualité médiocre de l'eau de ces milieux vis-à-vis de l'eutrophisation a été mise en évidence par le Réseau de Suivi Lagunaire, développé par l'IFREMER.

Pour lutter contre ces problèmes, des travaux de restauration des communications hydrauliques ont été prévus sur les passes entre les étangs, au niveau du canal du Rhône à Sète, ainsi que les passes inter étangs. Ce chantier de restauration se réalise en une seule phase : l'extraction des sédiments et l'évacuation du matériel curé. Ces interventions étaient nécessaires pour améliorer les échanges hydrauliques entre les masses d'eau du complexe des étangs Palavasiens et accroître le déconfinement des étangs tout en veillant à ne pas dégrader d'avantage les masses d'eau de qualité différente.

Les objectifs de ces travaux sont nombreux et importants d'un point de vue écologique :

- Améliorer la qualité des eaux des lagunes en favorisant les échanges d'eaux entre les cours d'eau, les étangs et la mer et en évitant le confinement des masses d'eau.
- Faciliter le transit des populations piscicoles.
- Limiter le comblement des étangs en restaurant les échanges de sédiments entre les étangs et la mer.
- Maintenir le rôle régulateur des lagunes et leurs zones humides périphériques, vis-à-vis des crues.

2.3 Eco-quartiers et espaces verts en ville

2.3.1 Qu'est-ce qu'un éco-quartier ?

Un Eco-quartier est un quartier urbain qui peut se définir comme un projet d'aménagement visant à intégrer des objectifs dits « de développement durable » et à réduire l'empreinte écologique du projet. Cette notion insiste sur la prise en compte de l'ensemble des enjeux environnementaux en leur attribuant des niveaux d'exigence ambitieux ; il est une mesure phare du plan Ville durable du ministère.

Il contribue à améliorer notre qualité de vie, tout en l'adaptant aux enjeux de demain : préserver nos ressources et nos paysages tout en préparant les conditions de la création d'une offre de logements adaptée aux besoins de la population.

Par conséquent, la conception d'un Eco-quartier a pour objectif de proposer des logements pour tous dans un cadre de vie de qualité, tout en limitant son empreinte écologique.

Dans cette optique, un Eco-quartier doit respecter les principes du développement durable qui sont les suivants :

- Promouvoir une gestion responsable des ressources
- S'intégrer dans la ville existante et le territoire qui l'entoure
- Participer au dynamisme économique
- Proposer des logements pour tous et de tous types participant à la mixité sociale

Cependant, tout en respectant ces grands principes de développement durable, il est indispensable d'adapter la réalisation de l'Eco-quartier aux caractéristiques de son territoire en s'appuyant sur les ressources locales, qu'elles soient paysagères, urbaines, humaines ou environnementales.

Ainsi, l'Eco-quartier peut se définir comme un levier vers la ville durable, même s'il est contraint par le fonctionnement de la ville.

2.3.2 Comment caractériser un Eco-quartier ?

Différentes orientations, issues de la concertation régionale, vont permettre d'atteindre les grands principes, énoncés précédemment, qui caractérisent un Eco-quartier :

- **Préserver les ressources et milieux naturels dans un contexte d'évolution climatique**

Dans un premier temps, les actions relatives à la ressource en eau doivent porter sur la baisse des consommations en réduisant les besoins en eau et en limitant les gaspillages. Dans la même optique, la part forfaitaire du prix de l'eau doit être réduite et la part variable doit être plus importante : ceci dans le but de sensibiliser la population sur les pertes inutiles.

Ensuite, une optimisation de l'exploitation de la ressource est à rechercher : les fuites sur les réseaux doivent être réparées car elles représentent une perte importante en eau. La réutilisation des eaux de pluie et eaux usées, pour l'arrosage par exemple, doit également être privilégiée.

De plus, lorsque ces mesures s'avèrent insuffisantes, la mobilisation de ressources complémentaires est à étudier : pour l'agriculture par exemple en optimisant l'irrigation et le partage de la ressource en eau (modernisation des réseaux).

Enfin, il est important de préserver les terres dont la qualité est avérée sur le plan agricole en les valorisant (maintien ou restauration des espaces stratégiques pour leur fonctionnalité écologique, renforcement des aires marines protégées). Les espaces naturels préservés pourront servir de zones tampons favorisant la résilience des écosystèmes et participant à la protection de ces quartiers face aux risques naturels, notamment littoraux.

➤ **Promouvoir un urbanisme durable intégrant les enjeux énergétiques, climatiques et de qualité de l'air**

Ceci se caractérise par le développement d'un urbanisme économe en espace et durable : la priorité est donnée au renouvellement des villes sur elles-mêmes plutôt que par l'extension sur des espaces verts ou agricoles, les commerces de proximité seront privilégiés pour limiter les déplacements.

L'urbanisme bioclimatique doit être développé afin de limiter les besoins en climatisation et en chauffage dans les bâtiments et la nature en ville doit être privilégiée afin de préserver la biodiversité et d'améliorer le cadre de vie de la population.

Enfin, la ville doit être protégée des événements climatiques extrêmes et des risques naturels par l'intermédiaire de Plans de Préventions des Risques Naturels qu'il faut mettre à jour, la sécurisation des constructions et infrastructures...

➤ **Renforcer les alternatives à la voiture individuelle pour le transport des personnes**

Cette orientation peut être réalisée par le développement des alternatives à la mobilité (le recours à internet dans certains cas), l'amélioration des performances des transports en commun (formation des chauffeurs, prix intéressants...), la favorisation des déplacements doux (en vélo ou à pied) par des aménagements de pistes cyclables, l'encouragement au co-voiturage, le développement de véhicules moins émetteurs et la mise en place de Zones d'Actions Prioritaires pour l'Air (ZAPA) qui interdit l'accès sur une certaine zone aux véhicules les plus polluants.

➤ **Adapter les bâtiments aux enjeux énergétiques et climatiques de demain**

Le renforcement de l'attractivité des formations à la maîtrise de l'énergie dans les bâtiments est à privilégier par une communication ciblée auprès des professionnels et la réalisation des bâtiments neufs et performants sera encouragée (en tenant compte du changement climatique).

➤ **Développer les énergies renouvelables en tenant compte de l'environnement et des territoires**

D'une part, il faut développer l'éolien terrestre afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre (identifier les communes situées en zones favorables et tenir compte des acteurs locaux).

D'autre part, il faut mobiliser la ressource forestière en structurant la filière dans une gestion durable, améliorer la gestion forestière afin d'augmenter son exploitation. Il faut également valoriser énergétiquement les sous-produits agricoles, limiter les émissions de particules des foyers individuels (remplacement des équipements individuels de chauffage au bois par des appareils récents et performants du point de vue énergétique et environnemental).

Enfin, le développement du photovoltaïque sur les bâtiments et les équipements urbains est à privilégier.

➤ **La transition climatique et énergétique : une opportunité pour la compétitivité des entreprises et des territoires**

La compétitivité des entreprises sera stimulée par l'augmentation des coûts de l'énergie et par les effets du changement climatique. Il faut développer les filières de l'éco-construction et des énergies renouvelables, adapter les pratiques et les filières agricoles (optimiser les filières existantes, la mise en place de techniques de labour permettant de limiter la consommation en eau...).

De plus, il faut convertir progressivement les forêts vers des essences et compositions plus adaptées (sélectionner les essences moins vulnérables au futur changement climatique). La gestion forestière doit également évoluer afin de limiter les incendies, sécheresses, tempêtes...

Ensuite, l'adaptation des pratiques de la pêche, aquaculture et conchyliculture est importante. La juxtaposition des exploitations et des zones protégées pour la conservation de la biodiversité doit être optimisée pour concilier la productivité aquacole et la protection des fonctions écologiques et de la biodiversité.

➤ **Favoriser la mobilisation citoyenne face aux enjeux énergétiques, climatiques et de qualité de l'air**

La population doit être sensibilisée aux enjeux de la maîtrise d'énergie dans les bâtiments. Il faut inciter les particuliers à être acteurs de l'amélioration de leur cadre de vie.

De plus, il faut encourager les projets de développement des énergies renouvelables.

2.3.3 Oz, le grand projet Montpellier Nature Urbaine ⁽¹²⁾

➤ **Présentation du projet**

Montpellier Agglomération met en place l'aménagement du nouveau grand projet urbain montpelliérain autour de la nouvelle gare TGV de Montpellier. Un espace de 350 Ha où les habitants de Montpellier et de son agglomération pourront se retrouver dans un cadre où la nature est privilégiée, avec des logements, des parcs, des jardins familiaux, un pôle d'affaires de dimension européenne avec plus de 350 000 m² de bureaux. Ce projet urbain totalement innovant est en adéquation avec sa vision d'avenir d'un territoire résolument durable où « mieux vivre ensemble » est une des composantes fondamentales, où l'économie, la nature et l'humain ne font plus qu'un.

Le projet du pôle d'échanges multimodal Montpellier St Roch consiste à transformer la gare ferroviaire actuelle pour réaliser un pôle d'échanges intégré dans un projet intermodal et urbain.

La conception de ce projet vise à décongestionner la gare accompagnant ainsi la progression du trafic ferroviaire, l'amélioration de l'accessibilité aux différents modes de déplacements (piétons, vélo, tramway, bus, taxi, liaison au parking, trains régionaux et nationaux) et de créer des liaisons inter-quartiers tout en renouvelant l'image urbaine de la gare.

➤ **Un projet tourné vers la biodiversité**

Le concept de ville mosaïque est privilégié offrant ainsi une diversité des espaces urbains en totale intégration avec la nature environnante.

La nature habitée : un espace naturel de plus de 80 ha

Pour ce pôle d'exception, la nature est la composante même du projet urbain, assurant sa qualité environnementale et son cadre de vie. Le concept du quartier installe ainsi une « résille paysagère », trame d'espaces publics paysagers et de grands parcs urbains. L'espace se dessine très naturellement sous l'influence des paysages lagunaires de la plaine du Lez et de la Lironde sur plus de 80 ha. À terme ce sont plus de 5 000 logements mixtes et des jardins familiaux qui viendront s'inscrire dans ce parc.

Le poumon vert de demain sur 30 ha

Au cœur du site, un grand parc urbain s'insèrera autour du Nègues Cats (ruisseau), représentant 30 Ha d'espace de détente, de promenade et de loisirs de plein air. Ce parc sera également en connexion directe avec le pôle tertiaire, accueillant bureaux, logements et commerces (350 000m² de bureaux, et plus de 15 000 emplois seront créés).

Une pinède de 40 ha au sein d'un campus « créatif »

Un campus créatif de 150 000 m² accueillera les structures de recherche et développement et les activités économiques innovantes. Les espaces verts et boisés structurent ce nouveau campus desservi par l'extension de la ligne 1 de tramway. Les boisements seront renforcés, offrant ainsi une pinède de 40 ha.

Vers la Smart Grid Technology

Les chercheurs, les entreprises, les habitants de l'Agglomération et tous ceux qui le souhaitent pourront participer à l'aménagement de la ville durable de demain.

Cette démarche s'inscrit donc pleinement dans la stratégie de développement intégré conduite par la Communauté d'Agglomération de Montpellier depuis plusieurs années au travers notamment de la gestion hydraulique et de la prévention des risques naturels (alerte aux crues par SMS), la préservation de la biodiversité (création de corridors écologiques), l'organisation des déplacements autour du réseau de tramways (titre de transport intégré au mobile...). La nouvelle gare TGV, intelligente, se situera au cœur de ce processus. Chaque usager de la gare disposera d'une information en temps réel soit via son smart phone soit via des écrans interactifs sur la disponibilité des autres modes de transports : vélomag / taxi / tramway / bus interurbains / co-voiturage.

Ainsi, les surfaces construites sont entièrement intégrées au paysage végétal. Innovation, développement durable, bien-être, accessibilité... telles sont les grandes caractéristiques de ce projet urbain.



Figure 7: Vue d'ensemble du projet

2.4 Bassins d'orages : une niche écologique

La gestion de l'eau tourne autour de deux problématiques : la gestion des eaux pluviales d'une part, à un niveau le plus souvent communal, et la prévention des risques d'inondation d'autre part. Il

existe de plus un autre problème au jour d'aujourd'hui : l'urbanisation, qui augmente les risques de ruissellement des eaux de pluie, d'inondation et de pollution des eaux. Tous ces enjeux nécessitent d'intervenir au niveau du bassin versant des cours d'eau en cause par la mise en place d'infrastructures, ou bien d'aménagements permettant d'atténuer les problèmes engendrés.

Cependant, l'eau, pourtant précieuse, indispensable à la vie et composante appréciée de paysages de qualité, provoque des désagréments en raison des nuisances dont elle est aussi porteuse : moustiques, infiltrations, inondations et autres débordements dévastateurs... Ainsi, une approche paysagère de la gestion de l'eau doit permettre de penser des aménagements cohérents, dépassant des intérêts locaux et/ou de quelques groupes d'individus, au profit de toutes les populations. (15).

2.4.1 Principe d'un bassin d'orage

Les bassins d'orage, ou bassins à ciel ouvert permettent de stocker les eaux pluviales mais aussi les eaux de ruissellement générées par l'urbanisation pour lutter contre les inondations. Après stockage, les eaux pluviales sont, soit évacuées vers un exutoire de surface (bassin de rétention), soit infiltrées dans le sol après rétention (bassin de rétention/infiltration). Ils sont destinés à contenir le surplus d'eaux de pluie et de ruissellement en fonction d'un débit d'évacuation régulé vers un exutoire : ils ont donc un rôle d'écêtement. Ils contribuent aussi à traiter les eaux pluviales avant rejet dans le milieu naturel.

Parmi ces bassins à ciel ouvert, il existe :

- les bassins de rétention en eau qui contiennent de l'eau en permanence,
- les bassins de rétention secs qui se vidangent complètement vers un exutoire suite à un évènement pluvieux,
- les bassins de rétention-infiltration.

Il est nécessaire de rajouter que les bassins en eau ont une fonction épuratrice des eaux : décantation des matières en suspension, rétention des produits toxiques, rétention des polluants par les végétaux aquatiques...

Chaque bassin, sec ou en eau, doit disposer d'une vidange de fond permettant la régulation des débits et la vidange totale de la retenue. Pour les bassins d'infiltration, le débit de fuite est assuré par l'infiltration en fond et éventuellement sur les talus. Le fond de l'ouvrage est globalement incliné en direction de la vidange de fond. (16).

2.4.2 Aménagements paysagers de bassin d'orage

Il est possible de rajouter une autre dimension à ces bassins d'orage en leur rajoutant une fonction esthétique et de détente. En effet, l'eau introduit un élément de diversité et de prestige. Les aménagements paysagers multi-usages permettent de plus la valorisation des ouvrages hydrauliques.

L'aménagement de ces ouvrages contribue aussi de manière importante au développement de la nature. En effet, lorsque la qualité de l'eau est convenable, les milieux humides (partout en régression) acquièrent rapidement une grande diversité biologique. Les bassins d'orages peuvent ainsi constituer des milieux de substitution très intéressants pour la faune et la flore sauvages. (17).

Cependant, dans la mise en œuvre de diverses plantations, les paysagistes doivent respecter certaines règles de base. En effet, il est interdit de planter des arbres et arbustes sur les digues en élévation, et nécessaire de limiter des implantations d'espèces invasives type renouée du japon, bambous, saules... qui favorisent l'obturation des grilles et équipements. De plus, en cas de pente de talus supérieure à 3h/1v, il faut mettre en place un dispositif destiné à maintenir la terre végétale

(toile de jute, géotextile tri-dimensionnelle...). Enfin, l'engazonnement doit être immédiat après la fin des terrassements.

Dans le cas de bassin en eau, une protection mécanique des berges (anti-batillage) destinée à protéger des effets des vagues est indispensable, de même que sur les digues de bassin sec de plus de 2 m de hauteur. La mise en place de 30 cm de petits blocs d'enrochement calibrés (15/30cm) sur un filtre géotextile est généralement satisfaisant pour les petits ouvrages. D'autres systèmes plus complexes peuvent être envisagés pour favoriser l'intégration paysagère. (16).

Pour le bassin proprement dit, des plantations peuvent être réalisées après la mise en œuvre de l'ouvrage, mais la colonisation naturelle est généralement rapide et ne coûte rien. Dans le cas où des plantes sont mises en place dans le bassin, un certain ordre est souvent à respecter. Le schéma ci-dessous le représente.



Figure 8: différentes plantations d'un bassin d'orage

1 Plantes immergées : *Potamogeton crispus*, *Myriophyllum aquaticum*, *Elodea canadensis*

2 Plantes flottantes : *Nymphaea*, *Nymphaea carnea*, *Nymphaea chromatella*, *Nuphar*, *Villarsia*

3 Plantes émergées : *Menyanthes* (trèfle d'eau), *Pontederia*, *Sagitaire*, *Phragmites*

4 Plantes de rives : *Iris des marais*, *caltha palustris*, *Lysichiton*, *Salicaire*, *Prêle*

5 et 6 Plantes de berges : Plantes constituant l'aspect esthétique du plan d'eau pour lesquelles le sol n'est pas gorgé d'eau ou hydromorphe, mais pouvant être humidifié par capillarité. Plantes de milieu frais et adaptées au sol en place. (18).

L'entretien de ces bassins est très important. Les curages sont essentiels dans des délais de plus ou moins 5 à 10 ans mais il est surtout essentiel d'entretenir la végétation semi-aquatique. Des faucardages sont alors réalisés tous les trois ans sous peine d'observer une recolonisation forestière dans la zone de berge. Il s'agit de maintenir l'aspect esthétique de l'installation, de limiter l'atterrissement progressif du sous-bassin de retenue et d'améliorer le pouvoir épurateur des plantes. La coupe doit se faire au-dessus de la surface du plan d'eau, de manière à permettre une reprise normale des végétaux. Les produits de la coupe sont retirés du plan d'eau et traités selon l'importance de leur teneur en métaux lourds. Idéalement ils seront compostés dans la fosse de stockage des boues par exemple. (17).

2.4.3 Exemples

De plus en plus de bassins sont aménagés en France et dans le monde. La partie suivante vise à exposer certains cas concrets qui existent en France. Pour cela, un bassin d'orage existant en

Poitou-Charentes sera présenté, suivi de bassins d'orage présent dans les Bouches-du-Rhône et enfin plus précisément dans la ville de Montpellier.

2.4.3.1 Bassin de rétention de la commune de Cerizay, en Poitou-Charentes (13)

La commune de Cerizay a innové avec l'aménagement d'un bassin d'orage avant-gardiste à la Herse dans le cadre de l'opération de renouvellement urbain du quartier. Le bassin d'orage mis en place est destiné à recevoir l'ensemble des eaux pluviales de La Herse. L'ouvrage est compartimenté en 7 sous-bassins séparés par des bastinges réalisés à partir de chêne de pays. Des arbustes locaux ont été plantés sur les pentes douces. Une haie aromatique et une diversité de plantes apporteront des couleurs et des odeurs qui feront de ce site un endroit agréable à voir pour les familles.

Pour parfaire la perfection du bassin d'orage, une végétalisation du site a été réalisée avec des roseaux, iris, menthe aquatique, carex... Cette végétalisation a été effectuée par des élèves d'une classe de primaire de la commune afin de les sensibiliser au concept. L'objectif est de créer un processus de phytoépuration tout en permettant à la fois l'installation d'une qualité paysagère certaine mais aussi d'un milieu de vie pour de nombreuses espèces (batraciens, pollinisateurs...). La biodiversité ne peut en être qu'améliorée. (13).



Figure 9: Vue du bassin d'orage de Cérizay

2.4.3.2 Cas concrets de bassins d'orage présents en région Méditerranéenne dans les Bouches-du-Rhône (14)

Les cas suivants visent à montrer les diverses possibilités d'aménagements qui existent pour ces bassins mais plus spécifiquement dans la région méditerranéenne. En effet, l'utilisation de techniques alternatives est souvent remise en cause en Méditerranée du fait des caractéristiques climatiques : de longues périodes de sécheresse couplées à des événements pluvieux intenses. Or, les techniques alternatives peuvent être mises en place dans tous projets, il est seulement très important de choisir les bonnes techniques selon les projets.

Dans notre territoire, il faut néanmoins être vigilant sur deux points :

- Les infiltrations par les failles, dues à la présence de milieu majoritairement karstique, qui diffusent la pollution, par temps de pluie, directement dans les nappes phréatiques sans être retenue.
- L'écart de temps entre deux pluies d'une durée importante qui entraîne des phénomènes de concentration de la pollution au sol, et qui rend certaines techniques, telles que les parkings engazonnés, peu adaptées.

En revanche, la particularité du climat méditerranéen fait que celui-ci est très adaptée à la plurifonctionnalité des bassins de rétention souvent à sec. Les images suivantes issues de communes des Bouches-du-Rhône démontrent qu'il est possible de mettre en place des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales.

Le premier cas est un bassin de rétention en eau étanche dans la commune de Vitrolles (13).



Figure 10: Vue du bassin de Vitrolles (13)

Le deuxième cas est un bassin de rétention sec à Aix en Provence (13) dans le bassin versant de la Touloubre.



Figure 11: Vue du bassin d'Aix en Provence (13)

Enfin le dernier cas est un bassin versant bétonné aménagé à Aix les Milles (13). C'est un bassin de dépollution associé à une zone de surverse qui a été aménagé en terrain sportif et lieu de promenade. (14).



Figure 12: Vue du bassin d'Aix les Milles (13)

2.4.3.3 Aménagements réalisés dans la ville de Montpellier

La ville de Montpellier a également installé à partir des années 1980 de multiples bassins de rétention afin de lutter contre les inondations du Lez, de la Lironde et de la Mosson, entre autres,

mais aussi afin de compenser l'urbanisation grandissante. La plupart de ces bassins d'orage sont ouverts au public et sont aujourd'hui aménagés en parc ou bien terrains de sports. Ce ne sont pas des bassins caractérisés par une importante infiltration car les crues sont rapides, et la vidange l'est également, malgré son contrôle au niveau de l'exutoire.

Deux grands bassins ont été aménagés afin de compenser tout spécifiquement l'urbanisation croissante de la ville de Montpellier. Ce sont des bassins de rétention secs traversés par un cours d'eau.

Le premier se situe dans le Parc Marianne et a été construit en 2003 avec un volume de quasiment 60 000 m³. Le bassin a en effet été dimensionné pour une période de retour centennale. Le cours d'eau en question, la Lironde, passe au milieu du bassin. Le remplissage se fait par surverse avec la présence d'un talus de taille réduite au milieu afin d'éviter l'inondation de tout le bassin pour chaque pluie, même insignifiante.

De nombreuses plantations y ont été effectuées, en particulier de saules blancs, chênes verts, chênes blancs et pins parasols. Un chemin piétonnier existe, rendant le bassin comme un lieu agréable de promenade. (24).

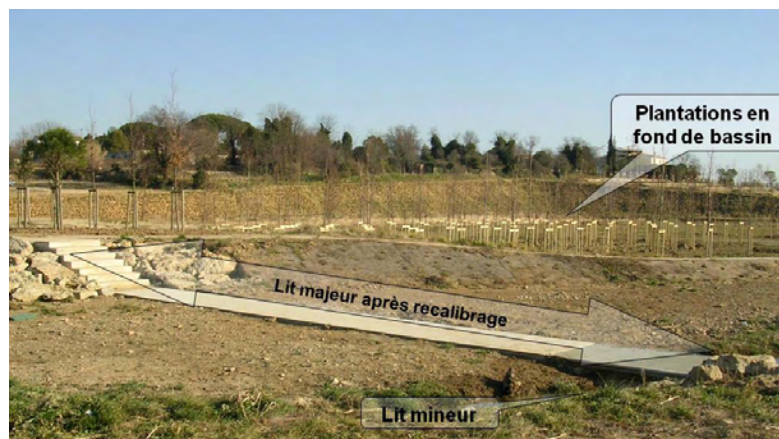


Figure 13: Vue du bassin du Parc Marianne à Montpellier

Pour éviter les inondations le long de l'Avenue du Père Soulas et ce pour une période de retour centennale, mais aussi pour compenser l'urbanisation croissante, la ville de Montpellier a décidé la création du bassin de rétention de la Colombière et le recalibrage du ruisseau "Le Verdanson". La contenance du bassin est de 44 000 m³.

Le recalibrage du Verdanson s'est accompagné de la plantation de 253 arbres de ripisylve tout le long de la rivière. Ce sont des arbres continentaux, tels que des frênes, saules blancs, tilleuls argentés, qui ont été mis en place car la ripisylve étant la forêt-galerie qui se développe spontanément le long d'un cours d'eau, se caractérise dans le climat méditerranéen par la présence d'arbres continentaux. (25).



Figure 14: Vue du bassin de la Colombière à Montpellier

2.5 Montpellier, capitale de la biodiversité 2011

La ville de Montpellier a été élue capitale de la biodiversité en 2011 dans le cadre d'un concours qui récompense les villes s'engageant dans une démarche de préservation de la biodiversité. A l'origine de cette récompense se trouvent divers aménagements faits par la ville :

- **Trames verte et bleue :**

Appelé « Réseau vert » ou encore « la Marathonienne », ce parcours de 42km a été réalisé en 2007. L'objectif premier est de raccorder entre eux, par des itinéraires piétonniers ou/et cyclables existants ou à créer, les espaces de nature en ville ouverts au public. Ce projet s'inscrit dans le Plan Local d'Urbanisation de la ville. La valorisation des espaces de friches et leur gestion a pour but de favoriser la présence de la nature en ville.

- **Informations auprès du public**

L'information auprès du public est primordiale dans le plan de préservation de la biodiversité de la ville, en effet, la municipalité estime que le public n'est pas sensible à cette question à cause d'un manque de connaissances. Ainsi, plusieurs projets ont été mis en place : le jardin des plantes, en cours de restauration, et le parc zoologique sont deux moyens ludiques et pédagogiques de faire découvrir la biodiversité locale ou non. La création d'un agriparc, c'est-à-dire un parc dans lequel la végétation est composée de plantes agricoles permet aux écoles de découvrir la biodiversité dont nous avons besoin dans la vie de tous les jours. Enfin, pour toucher le plus large public possible, la ville a mis en place un site internet dédié à la biodiversité à Montpellier ainsi qu'une « fête de la biodiversité » ayant lieu au mois de mai et dont le but est de mettre en avant les acteurs et organismes qui permettent de protéger la biodiversité.

- **Economies en eau**

Enfin, le problème de l'économie de la ressource en eau ; Montpellier, par sa situation géographique, subit un climat méditerranéen avec de fortes contraintes en période estivale se traduisant par une importante demande en eau par les végétaux. Les pelouses de certains ronds-points et abords de voiries sont supprimées pour faire place à des aménagements de milieux secs. Les plantes composant ces nouveaux espaces sont choisies parmi des espèces réputées pour leur adaptation à la sécheresse et sont pour la plupart issues des milieux méditerranéens. A la place de pelouses irriguées, des prairies fleuries ou prairies sèches sont créées dans les nouveaux parcs de la ville. L'économie de la ressource en eau est une priorité qui permet également au travers du choix des végétaux utilisés de retrouver une « identité végétale méditerranéenne ».

L'économie d'eau potable en branchant les réseaux d'irrigation sur des conduites d'eau brute est une alternative développée par la ville. Enfin, l'évolution des consommations fait l'objet d'un suivi régulier pour identifier au plus vite des dysfonctionnements d'installations et les fuites.

Ainsi, depuis le début du programme, c'est plus de 50% de l'eau consommée qui a été économisée.

- **Tramway**

Le tram est un transport en commun électrique, qui n'engendre pas d'émission de carbone. Il offre une alternative à la voiture et confère des espaces de biodiversité dans la ville grâce aux arbres plantés et aux nombreuses variétés de plantes. Par exemple, entre les rails du tram, du gazon a été planté.

- **Autoroute**

Toute infrastructure affecte la biodiversité en occupant et en modifiant l'espace aux alentours, en effet divers habitats sont détruits à cette occasion. La réalisation d'une autoroute peut se traduire aussi par la mise en œuvre d'un remaniement des terres agricoles qui entraîne souvent la disparition

de haies et de vieux arbres. Enfin, les véhicules peuvent heurter les animaux qui essaient de traverser la route.

A Montpellier, le long de l'A10, le réseau est jalonné de passages qui permettent la circulation de la faune. En fonction des endroits et des espèces qui y vivent, différents types de passages sont mis en place. Les ponts recouverts de végétation au-dessus des voies permettent principalement le passage des cerfs, sangliers, chevreuils. Les passages sous l'autoroute sont plus adaptés aux animaux de petite taille tels que les renards, blaireaux, hérissons, lapins, rongeurs et batraciens.

3 Conclusion

Les projets d'ingénieries écologiques ne manquent pas et auront tendance à se multiplier dans les années à venir. Ceux que nous avons développés ci-dessus sont spécifiques à la région Rhône-Méditerranée-Corse mais des projets similaires sortent de terre partout en France et en Europe. Néanmoins, ces projets sont initiés suite à des contraintes législatives et sous la menace d'une amende financière. Il reste encore beaucoup de chemin pour que ce type d'étude devienne une priorité des autorités voire une façon de penser. La prise de conscience doit venir de la population qui a le pouvoir de faire pression sur les politiques. Une réelle prise de conscience populaire qui doit être la prochaine étape des autorités afin d'induire le changement des mœurs vis-à-vis de la ressource en eau et des aménagements urbains qui en découlent.

Annexe

Annexe1 : Végétalisation des berges - Régénération de ripisylve

Espèces végétales rencontrées et utilisées sur le bassin versant de l'Arc

Plantations

- Arbres : Densité : 1U/4m²

Qualité : plants à racines nues, deux ans minimum

Essences :	Fraxinus Oxyphylla	- Frêne oxyphille
	Alnus Cordata	- Aulne à feuilles en coeur
	Alnus Glutinosa	- Aulne glutineux
	Salix Alba	- Saule blanc
	Acer Campestre	- Erable champêtre
	Acer Pseudoplatanus	- Erable sycomore
	Acer Opalus	- Erable à feuilles d'Obier
	Acer Monspessulanum	- Erable de Montpellier
	Tilia Cordata	- Tilleul à petites feuilles
	Quercus Pubescens	- Chêne pubescent
	Quercus Robur	- Chêne pédonculé

- Arbustes : Densité : 1U/m²

Essences :	Ligustrum Vulgare	- Troène
	Hippophae Rhamnoides	- Argousier
	Cornus Sanguinea	- Cornouiller sanguin
	Euonymus Europaeus	- Fusain d'Europe
	Sambucus Nigra	- Sureau noir
	Salix Cinerea	- Saule cendré
	Salix Elaeagnos	- Saule drapé
	Salix Purpurea	- Saule pourpre

Ensemencement

Densité : 30g/m²

- Mélange grainier n°1 : Utilisé sur les bas de berge

<i>Graminées :</i>	
Festuca Rubra	30%
Festuca Arundinacea	25%
Dactylis Glomerata	10%

Lolium Perenne	10%
Agrostis Stolonifera	5%
Agrostis Tenuis	5%
Phalaris Arundinacea	5%
Phleum Pratense	5%

Légumineuses :

Melilotus Alba	3%
Trifolium Repens	2%

- Mélange grainier n°2 : Utilisé sur les hauts de berge

Graminées :

Festuca Arundinacea	25%
Festuca Rubra	15%
Poa Pratensis	15%
Festuca Ovina Duriuscula	10%
Dactylis Glomerata	5%
Brachypodium Pinnatum	5%
Brachypodium Sylvaticum	5%
Bromus Erectus	5%
Bromus Inermis	5%

Légumineuses :

Lotus Corniculatus	3%
Onobrychis Viciifolia	3%
Medicago Lupulina	2%

Autres :

Achillea Millefolium	2%
----------------------	----

Espèces de pied de berge

Iris des Marais (Iris Pseudacorus)
 Roseau (Phragmites Communis)
 Masette (Typha Latifolia)
 Butome en Ombelle (Butomus Umbellatus)

Rappel : également idéal en pied de berge, les saules arbustifs, à planter ou bouturer au niveau moyen des eaux et immédiatement au dessus. Préférer les variétés suivantes (fréquentes en bord de Durance) :

Salix Purpurea	Saule pourpre
Salix Elaeagnos	Saule drapé
Salix Cinerea	Saule cendré

Le Saule blanc (Salix Alba), peut également être utilisé car il présente de très bonnes qualités de reprise et se rencontre très fréquemment sur les rives du bassin versant de l'Arc. Par contre, du fait de son développement arboré, son entretien régulier est impératif (coupe des rejets tous les deux à quatre ans), afin de maintenir des rejets fins et souples.

Espèces susceptibles de couvrir des gabions

Houblon grimpant (*Humulus lupulus*)

Lierre (*Hedera helix*)

Clématite Vigne Blanche (*Clematis vitalba*)

Remarque : sur ces trois espèces, seule la clématite présente un feuillage caduc



Source : Syndicat intercommunal d'Aménagement du Bassin de l'Arc

Bibliographie

- (1) F.Gosselin (2004) *Pour une définition de l'ingénierie écologique plus intégrée avec le développement durable et avec l'écologie*. Ingénierie EAT num spécial ingénierie écologique (p.139 à 147)
- (2) Agence Régionale de l'Environnement et des Nouvelles Energies en ile de France. (2012). *Ingénierie francilienne à l'exportation en urbanisme durable*. 28 pages.
- (3) B.Heraud. (2012). *Ingénierie Ecologique : « un nouveau marché se profile »*. Interview de Thierry DUTOIT.
- (4) C. Forst C. Barnetche, J.Peress, C.Roussel, B.Gentil-salasc. (2010), *La restauration des cours d'eau : retour d'expériences sur l'hydromorphologie* Edité par : ONEMA, Ministère en charge de l'Écologie. 364 p.
- (5) B. Lachat. (1994) rééd. 1999, *Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales (en collaboration avec Ph. Adam, P.-A. Frossard, R. Marcaud)*. DIREN. réédité en 1999. 143 p.
- (6) G.DIDIER Entretien (2012) - Technicien rivière - Syndicat du Bassin du Lez - SYBLE
- (9) M.Barral, V-C.Sourribes, E.Bourgeois, E.Gavoty, N. Barré, C.Tillier. (2007). *Synthèse sur les zones humides françaises, à destination des gestionnaires, élus et acteurs de terrain, Vers une gestion intégrée des lagunes méditerranéennes*. Edité par : Pôle relais lagunes méditerranéennes
- (14) Agence Régionale pour l'Environnement (2010) *Gestion des eaux pluviales et usées sur un parc d'activités, dossier technique*. Edité par : réseau Zones d'activités et développement durable.
- (15) Ecole Nationale Supérieure du paysage.(2004)*Bassins versants et paysage : l'apport des paysagistes à la gestion de l'eau*, Bibliographie du séminaire organisé par l'école nationale supérieure du paysage. Edité par : Hôtel de Région, Marseille
- (17) N. Legaye, T. Walot, E. Melin (2002) *Nature et entreprise : mode d'emploi*. Edité par : Ministère de la région wallonne, division de la nature et des forêts. Brochure technique n°9. 65p
- (24) Journal mensuel « Montpellier votre quartier » (2003), *quartier de port-Marianne*. Édition n° 274

Webographie

- (7) POLE- RELAIS LAGUNES MEDITERRANNEENES, Les lagunes **[en ligne]** www.pole-lagunes.org/(page consultée en octobre 2012)
- (8) GROUPEMENT D'INTERET PUBLIC POUR LA REHABILITATION DE L'ETANG DE BERRE, restauration et perspectives **[en ligne]** www.etangdeberre.org/(page consultée en octobre 2012)

- (11) CONSERVATOIRE DES ESPACES NATURELS DU LANGUEDOC-ROUSSILON, projet Lag Nature **[en ligne]** www.lifelagnature.fr/(page consultée octobre 2012)
- (12) DIRECTION REGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'AMENAGEMENT ET DU LOGEMENT, Documents d'orientation détaillés, Schéma Climat Air Energie, Projet 2012 **[en ligne]** <http://www.languedoc-roussillon.developpement-durable.gouv.fr/> (page consultée en octobre 2012)
- (13) SYNDICAT DES SOURCES DE LA SEVRE NANTAISE ET VILLE DE CERIZAY Un bassin d'orage novateur **[en ligne]**, http://cerizay.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=151:un-bassin-dorage-novateur&catid=66:categorie-test3-&Itemid=196 (page consultée en octobre 2012)
- (16) GRAND LYON, fiches techniques : bassin de rétention et/ou infiltration **[en ligne]** http://www.economie.grandlyon.com/fileadmin/user_upload/fichiers/site_eco/200806_gl_eaux_pluviales_pro_fiche_05_bassins_retention_infiltration.pdf(page consultée en novembre 2012)
- (18) AMENAGEMENTS PAYSAGERS, Jardins alternatifs **[en ligne]** <http://jardin-alternatif.over-blog.com/article-17768678.html>(page consultée en octobre 2012)
- (19) ASSOCIATION LANGUEDOC -ROUSSILLON POUR LA DIFFUSION DE L'ECOLOGIE SCIENTIFIQUE, les milieux naturels méditerranéens, **[en ligne]** <http://www.euziere.org/>(page consultée en octobre 2012)
- (20) IRSTEA (INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE EN SCIENCE ET TECHNOLOGIES POUR L'ENVIRONNEMENT ET L'AGRICULTURE), Montpellier **[en ligne]** <http://www.irstea.fr/linstitut/nos-centres/montpellier>(page consultée en octobre 2012)
- (21) MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ENERGIE, Loi sur l'eau et les milieux aquatiques **[en ligne]** http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=article&id_article=5433 (page consultée le 3 octobre 2012)
- (22) SERVICE PUBLIC D'INFORMATION SUR L'EAU, Directive cadre sur l'eau **[en ligne]** http://www.eaufrance.fr/?rubrique15&id_article=35(page consultée le 3 octobre 2012)
- (23) MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ENERGIE, Le Grenelle de l'environnement **[en ligne]** http://www.legrenelle-environnement.fr/spip.php?page=rubrique-dossier2&id_rubrique=36&id_article=34(page consultée le 15 octobre 2012)
- (25) OLIVIER KAUFMAN, ARCHITECTE URBANISTE, Bassin de rétention de la colombière **[en ligne]** http://kauffmann-architecte.fr/SitedeolivierKauffmann/Bassin_de_la_colombiere.html (page consultée en novembre 2012)