

	EXTRAIT DU REGISTRE DES DELIBERATIONS DU CONSEIL DE BORDEAUX METROPOLE	Délibération
	Séance publique du 19 mai 2017	N° 2017-313

Convocation du 12 mai 2017

Aujourd'hui vendredi 19 mai 2017 à 09h30 le Conseil de Bordeaux Métropole s'est réuni, dans la Salle du Conseil sous la présidence de Monsieur Alain JUPPE, Président de Bordeaux Métropole.

ETAIENT PRESENTS :

Mme Emmanuelle AJON, M. Dominique ALCALA, M. Alain ANZIANI, M. Erick AOUIZERATE, Mme Cécile BARRIERE, Mme Léna BEAULIEU, Mme Maribel BERNARD, Mme Odile BLEIN, M. Patrick BOBET, M. Jean-Jacques BONNIN, Mme Christine BOST, M. Guillaume BOURROUILH-PAREGE, M. Jacques BOUTEYRE, Mme Marie-Christine BOUTHEAU, Mme Anne BREZILLON, M. Nicolas BRUGERE, Mme Virginie CALMELS, Mme Sylvie CASSOU-SCHOTTE, M. Alain CAZABONNE, Mme Chantal CHABBAT, M. Gérard CHAUSSET, Mme Solène CHAZAL-COUCAUD, M. Max COLES, Mme Brigitte COLLET, M. Jacques COLOMBIER, Mme Emmanuelle CUNY, M. Yohan DAVID, Mme Béatrice DE FRANÇOIS, Mme Nathalie DELATTRE, M. Stéphan DELAUX, M. Arnaud DELLU, Mme Laurence DESSERTINE, M. Michel DUCHENE, M. Christophe DUPRAT, Mme Michèle FAORO, M. Vincent FELTESSE, Mme Véronique FERREIRA, M. Marik FETOUH, M. Jean-Claude FEUGAS, M. Nicolas FLORIAN, Mme Florence FORZY-RAFFARD, M. Philippe FRAILE MARTIN, Mme Magali FRONZES, M. Guillaume GARRIGUES, M. Max GUICHARD, M. Jean-Pierre GUYOMARC'H, M. Daniel HICKEL, M. Pierre HURMIC, Mme Dominique IRIART, M. Franck JOANDET, M. Bernard JUNCA, M. Alain JUPPE, Mme Andréa KISS, M. Michel LABARDIN, M. Bernard LE ROUX, Mme Anne-Marie LEMAIRE, Mme Zeineb LOUNICI, Mme Emilie MACERON-CAZENAVE, M. Jacques MANGON, M. Eric MARTIN, Mme Claude MELLIER, M. Pierre De Gaétan NJIKAM MOULIOM, M. Jacques PADIE, Mme Christine PEYRE, Mme Arielle PIAZZA, Mme Dominique POUSTYNNIKOFF, M. Patrick PUJOL, M. Jean-Jacques PUYOBRAU, M. Benoît RAUTUREAU, M. Franck RAYNAL, M. Fabien ROBERT, M. Clément ROSSIGNOL-PUECH, Mme Karine ROUX-LABAT, M. Alain SILVESTRE, M. Kévin SUBRENAT, Mme Brigitte TERRAZA, Mme Gladys THIEBAULT, Mme Anne-Marie TOURNEPICHE, M. Serge TURNERIE, Mme Elisabeth TOUTON, M. Jean TOUZEAU, M. Thierry TRIJOULET, M. Alain TURBY, M. Jean-Pierre TURON, Mme Marie-Hélène VILLANOVE, Mme Anne WALRYCK.

EXCUSE(S) AYANT DONNE PROCURATION:

M. Jacques GUICHOUX à M. Serge TURNERIE
Mme Marie RECALDE à M. Alain ANZIANI
Mme Anne-Lise JACQUET à M. Kévin SUBRENAT
Mme Agnès VERSEPUY à M. Michel DUCHENE
M. Michel HERITIE à Mme Béatrice DE FRANÇOIS
M. Michel VERNEJOUL à Mme Véronique FERREIRA
Mme Josiane ZAMBON à M. Jean-Pierre TURON
Mme Isabelle BOUDINEAU à Mme Michèle FAORO
M. Didier CAZABONNE à M. Alain CAZABONNE
Mme Anne-Marie CAZALET à Mme Magali FRONZES
M. Jean-Louis DAVID à Mme Anne BREZILLON
Mme Michèle DELAUNAY à Mme Emmanuelle AJON
M. Gérard DUBOS à Mme Anne-Marie TOURNEPICHE
Mme Martine JARDINE à M. Arnaud DELLU
Mme Conchita LACUEY à M. Jean-Jacques PUYOBRAU
M. Pierre LOTHAIRE à M. Yohan DAVID
M. Thierry MILLET à Mme Dominique POUSTYNNIKOFF
M. Michel POIGNONEC à M. Patrick PUJOL
M. Alain DAVID à M. Jean TOUZEAU

PROCURATION(S) EN COURS DE SEANCE :

M. Jean-Jacques BONNIN à Mme Karine ROUX-LABBAT à partir de 10h40
M. Guillaume BOURROUILH-PAREGE à Mme Brigitte TERRAZA à partir de 11h15
Mme Sylvie CASSOU-SCHOTTE à M. Pierre HURMIC à partir de 12h10
Mme Solène CHAZAL à M. Jean-Pierre GUYOMARC'H à partir de 10h40
M. Stéphan DELAUX à Mme Elisabeth TOUTON jusqu'à 10h20 et à partir de 12h15
M. Florian NICOLAS à M. Christophe DUPRAT à partir de 11h15
M. Philippe FRAILE MARTIN à Mme Cécile BARRIERE à partir de 9h50 et jusqu'à 11h20
M. Guillaume GARRIGUES à M. Daniel HICKEL à partir de 10h40
Mme Dominique IRIART à Mme Chantal CHABBAT à partir de 10h30
Mme Emilie MACERON-CAZENAVE à M. Eric MARTIN à partir de 12h10
Mme Christine PEYRE à Mme Gladys THIEBAULT à partir de 11h50
M. Fabien ROBERT à M. Jacques MANGON jusqu'à 10h45 et à partir de 12h00
M. Alain SILVESTRE à M. Marik FETOUH à partir de 11h35

EXCUSE(S) EN COURS DE SEANCE :

M. Gérard CHAUSSET à partir de 11h45

LA SEANCE EST OUVERTE

	Conseil du 19 mai 2017	Délibération
	Direction générale Valorisation du territoire Direction de la nature	N° 2017-313

Université de Bordeaux - Stratégie zones humides et Biodiversité - Projet "BiodiverCité" - Convention de recherche et développement partagés - Décision - Convention - Autorisation

Monsieur Clément ROSSIGNOL-PUECH présente le rapport suivant,

Mesdames, Messieurs,

Le développement de Bordeaux Métropole se doit de mieux prendre en compte les nombreux enjeux environnementaux de son territoire (zones humides, habitats sensibles, espèces protégées). Avec son rôle renforcé en matière de protection et de restauration de la biodiversité depuis la loi du 27 janvier 2014 de Modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles (dite loi MAPTAM), la Métropole ambitionne aujourd'hui de mettre en place une politique d'aménagement plus durable.

Un aménagement équilibré de l'agglomération constitue donc un véritable défi pour la Métropole. En effet, le respect de la réglementation (et notamment l'application de la compensation) engendre actuellement des impacts économiques et temporels non négligeables sur les projets de développement. Par ailleurs, la destruction d'espaces naturels et le mitage urbain se poursuit et conduit à une perte pour l'environnement et l'attractivité du territoire. Les compensations sont quant à elles réalisées au coup par coup, sur des parcelles parfois éloignées du territoire métropolitain et causent donc un déficit d'espaces de nature sur la Métropole.

En l'état des connaissances, il est estimé que, entre autre, près de 3 400 hectares de zones humides potentielles, 700 hectares de forêts ou encore 1 700 hectares de landes et prairies ne font l'objet d'aucune forme de protection dans le Plan local d'urbanisme (PLU) 3.1. Aussi, ces milieux pourraient aujourd'hui être impactés par des projets sans que la Métropole ne puisse fournir de solutions adaptées, en termes de compensation notamment.

Pour répondre à cette multiplicité des enjeux, la Métropole a pour ambition de mettre en place une stratégie à l'échelle de son grand territoire visant à développer une démarche gagnant- gagnant :

- pour les porteurs de projets urbains en leur permettant d'intégrer la prise en compte des milieux naturels dès la conception des projets. Ils seront orientés vers des zones où les enjeux écologiques sont faibles voire inexistantes. Cet évitement permettra de ne pas se heurter aux contraintes réglementaires et aux surcoûts engendrés par l'impact environnemental des projets (facilitation de l'instruction). Dans le cas d'impacts résiduels, ces derniers seraient alors compensés sur des zones pré-identifiées par la métropole et facilement mobilisables,
- pour la préservation des milieux naturels. D'une part, en protégeant les zones à très fort enjeux écologiques (en complément de celles déjà présentes dans le PLU 3.1.). D'autre part, en créant une dynamique autour des compensations résiduelles à l'échelle de la métropole. Ces espaces

mis en cohérence (maîtrise foncière et de gestion) contribueront réellement au bon fonctionnement écologique du territoire.

Cette stratégie répond à l'enjeu de conciliation entre protection de la biodiversité et développement urbain. Elle s'appuiera sur des partenariats de recherche, techniques et financiers et s'inscrira dans une nécessaire démarche partagée à l'échelle de Bordeaux Métropole et avec les porteurs de projet.

Il est proposé de s'appuyer sur un groupement de laboratoires universitaires et d'organismes de recherche :

- l'Université de Bordeaux au travers notamment du laboratoire de recherche Biodiversité, Gènes et Communautés, ci-après nommé BioGeCo,
- l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture, ci-après nommé IRSTEA,
- Bordeaux sciences-agro, ci-après nommé BSA

Ce groupement aura pour missions l'amélioration de la connaissance du territoire, la hiérarchisation des enjeux écologiques et l'étude de la fonctionnalité des milieux naturels. Cette analyse sera couplée à l'utilisation d'une méthode scientifique innovante : les graphes paysagers. L'objectif final consiste en la production d'une cartographie des Trames vertes et bleues (TVB) fonctionnelles à l'échelle du territoire métropolitain. Le groupement proposera également une modélisation d'accompagnement visant à aider les acteurs du territoire à s'approprier la démarche.

Ce faisant, le groupement de recherche aura à accomplir les actions suivantes, définies dans la convention ci jointe en annexe :

→ l'acquisition de données :

- sur le volet « milieux terrestres » : une première étape permettra de définir les espèces faunistiques à cibler afin de faire ressortir au mieux la fonctionnalité des milieux et des continuités du territoire. Puis, des protocoles d'acquisition des données seront mis en place, en concertation avec Bordeaux Métropole et les partenaires impliqués dans le présent projet, afin de compléter la connaissance existante,
- sur le volet « milieux aquatiques » : une nouvelle méthodologie d'inventaire des poissons en zones urbaines et périurbaines sera testée par l'IRSTEA. Elle permettra de définir les continuités aquatiques, sujet très peu étudié actuellement sur la Métropole,
- sur le volet « zones humides » : BSA aura la charge de compléter les éléments récoltés permettant de repérer les zones humides potentielles et de confirmer ces éléments par des analyses de terrain.

Il est à noter qu'en parallèle de cette démarche universitaire, la Métropole s'est dotée d'un partenariat renforcé avec le conservatoire botanique national Sud-Atlantique au travers d'une contribution exceptionnelle. Ce dernier réalisera une cartographie fine des habitats naturels de la Métropole qui viendra compléter les données acquises sur la faune.

→ La cartographie des Trames vertes et bleues fonctionnelles

Sur la base de l'ensemble des éléments récoltés précédemment, cette cartographie sera réalisée grâce la méthode des graphes paysagers. Cette méthode a notamment été utilisée pour la définition des trames vertes et bleues en Franche-Comté, en Ile-de-France ou encore dans l'agglomération de Besançon. Elle permettra d'identifier trois types de zones :

- celles à forts enjeux écologiques : réservoir de biodiversité,
- celles servant de corridors écologiques et les zones de ruptures de ces corridors,
- celles de moindres enjeux et pouvant accueillir des projets urbains à court terme.

→ La caractérisation des zones humides, l'évaluation de la fonctionnalité et la hiérarchisation des zones humides et des habitats

Cette partie consiste, d'une part, en l'analyse de l'état de conservation des habitats et, d'autre part, en l'étude des usages et services rendus par les zones humides. Elle permettra de hiérarchiser les zones à forts enjeux mais aussi d'identifier celles possédant un potentiel de restauration.

Ainsi, en s'appuyant sur les zones constituant des corridors écologiques et ayant un fort potentiel de restauration, la Métropole pourra localiser des zones de compensation intéressantes.

→ La modélisation d'accompagnement :

Dans le contexte du renforcement de la Trame verte et bleue, la recherche de compromis entre développement socio-économique et conservation de la biodiversité constitue un enjeu complexe. Dans un objectif d'aide à la décision, ce volet du projet envisage de mobiliser une démarche de modélisation impliquant les différents acteurs concernés par la biodiversité sur le territoire de Bordeaux Métropole,

Ce programme d'actions est mis en œuvre sur une durée totale de 33 mois jusqu'en décembre 2019 (cf. annexe 2 de la convention), avec des rendus et livrables intermédiaires, conformément à la convention de recherche et de développement annexée à la présente délibération,

Il est cofinancé par le groupement de recherche et est fixé à un montant global de 574 595 €TTC. La proposition de répartition prévisionnelle de financement de cette convention de recherche et de développement partagés est la suivante (cf. annexe 1 de la convention):

- pour l'Université de Bordeaux, un montant de 219 372 € TTC soit 38,2 % du total (part d'autofinancement),
- pour Bordeaux Métropole, 355 223 € TTC, soit 61,8 % du total, à verser à l'Université sur les 3 années du programme à raison de 66 167 € en 2017, 183 396€ en 2018 et 105 660 en 2019.

Ceci étant exposé, il vous est demandé, Mesdames, Messieurs, de bien vouloir, si tel est votre avis, adopter les termes de la délibération suivante :

Le Conseil de Bordeaux Métropole

VU les articles L.123-3 et D.123-2 et suivants du Code de l'éducation définissant les missions de l'Université, notamment la recherche scientifique et technologique,
VU l'article 30 du décret n° 2016-360 du 25 mars 2016 relatif aux marchés publics,
VU l'ordonnance n° 2015-899 relative aux marchés publics, notamment l'article 14 alinéa 3,
VU le rapport en bureau métropolitain « vers une stratégie métropolitaine en faveur des zones humides et de la biodiversité » en date du 16 février 2017,

ENTENDU le rapport de présentation

CONSIDERANT QUE pour mettre en œuvre le projet BiodiverCité, il est nécessaire pour Bordeaux Métropole de s'appuyer sur des méthodes scientifiques innovantes permettant d'identifier et de caractériser les enjeux de biodiversité et les zones humides à l'échelle de son territoire,

DECIDE

Article 1 : d'autoriser Monsieur Le Président à signer la convention de recherche et de développement avec l'Université de Bordeaux mandataire du groupement,

Article 2 : d'attribuer une subvention de 66 167 € en faveur de l'Université de Bordeaux au titre du projet BiodiverCité sur l'exercice 2017,

Article 3 : sous réserve des crédits inscrits au budget de l'exercice 2018, d'attribuer une subvention de 183 396 € en faveur de l'Université de Bordeaux au titre du projet BiodiverCité,

Article 4 : sous réserve des crédits inscrits au budget de l'exercice 2019, d'attribuer une subvention de 105 660 € en faveur de l'Université de Bordeaux au titre du projet BiodiverCité,

Article 5 : d'autoriser Monsieur le Président à signer les documents afférents à la mise en œuvre de cette convention,

Article 6 : d'imputer les dépenses correspondantes sur le budget principal des exercices concernés en section d'investissement, chapitre 20, article 2031, fonction 76.

Les conclusions, mises aux voix, sont adoptées à l'unanimité.

Fait et délibéré au siège de Bordeaux Métropole le 19 mai 2017

REÇU EN PRÉFECTURE LE : 29 MAI 2017	Pour expédition conforme, le Vice-président,
PUBLIÉ LE : 29 MAI 2017	 Monsieur Clément ROSSIGNOL-PUECH

CONVENTION DE

RECHERCHE & DÉVELOPPEMENT PARTAGÉS

RELATIVE À :

BiodiverCité
Stratégie innovante d'aménagement écologique

ENTRE

L'**Université de Bordeaux (UMR BIOGECO, Labex COTE, OAFS)**, en tant que mandataire du groupement, établissement public d'enseignement supérieur et de recherche, dont le siège social est situé 351 cours de la Libération, 33405 Talence, représenté par M. Manuel Tunon de Lara, ayant tous pouvoirs à cet effet.

Ci-après désigné par **Université de Bordeaux**

D'une part,

ET

Bordeaux Métropole, dont le siège social est situé Esplanade Charles de Gaulle – 33045 Bordeaux cedex, représentée par son Président, Alain Juppé, dûment habilité aux fins des présentes par délibération n° 2017/ du Conseil métropolitain du 19 mai 2017.

Ci-après désignée par **Bordeaux Métropole**

D'autre part,

L'Université de Bordeaux et Bordeaux Métropole étant ci-après désignés individuellement et/ou collectivement par la (les) « Partie (s) ».

CONSIDERANT la volonté de Bordeaux Métropole de s'engager dans l'élaboration d'une stratégie en faveur des zones humides et des réservoirs de biodiversité sur son territoire ; intitulée « BiodiverCité ». Pour répondre à cette multiplicité des enjeux, la Métropole a pour ambition de mettre en place une stratégie à l'échelle de son grand territoire visant à développer une démarche gagnant- gagnant :

- pour les porteurs de projets urbains en leur permettant d'intégrer la prise en compte des milieux naturels dès la conception des projets. Ils seront orientés vers des zones où les enjeux écologiques sont faibles voire inexistantes. Cet évitement permettra de ne pas se heurter aux contraintes réglementaires et aux surcoûts engendrés par l'impact environnemental des projets (facilitation de l'instruction). Dans le cas d'impacts résiduels, ces derniers seraient alors compensés sur des zones pré-identifiées par la métropole et facilement mobilisables.
- pour la préservation des milieux naturels : d'une part, en protégeant les zones à très fort enjeux écologiques (en complément de celles déjà présentes dans le PLU 3.1.) ; d'autre part, en créant une dynamique autour des compensations résiduelles à l'échelle de la métropole. Ces espaces mis en cohérence (maîtrise foncière et de gestion) contribueront réellement au bon fonctionnement écologique du territoire.

RAPPEL

- A. L'Université de Bordeaux est un établissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel
- B. Bordeaux Métropole est un Établissement Public de Coopération Intercommunale (EPCI).
- C. L'Université de Bordeaux et Bordeaux Métropole ont décidé d'un commun accord de mener un Programme de Recherche et de Développements Partagés concernant la mise en œuvre d'un « *Projet de recherche ayant pour objectif d'identifier et de cartographier les enjeux en termes de biodiversité, de fonctions et de services éco systémiques sur le territoire de Bordeaux Métropole* »
- D. Les Parties ont établi en commun le présent Programme qui répond à leurs besoins respectifs. Elles en utiliseront les résultats chacune pour son propre compte.
- E. En outre, compte tenu du fait que les Parties cofinancent le Programme et que l'utilisation des résultats du Programme de recherche sera partagée entre elles, la présente convention n'est pas soumise à l'Ordonnance n° 2015-899 du 23 juillet 2015, en vertu de son article 14 alinéa 3.
- F. Le Programme de recherche sera mené à bien dans le cadre d'un groupement de laboratoires universitaires et organismes de recherche apte à répondre à la complexité du projet par la transversalité et la pluridisciplinarité, et dont l'Université de Bordeaux sera le mandataire.

CECI ÉTANT RAPPELÉ, IL EST ARRÊTÉ ET CONVENU CE QUI SUIT :

Article 1. OBJET

La présente convention a pour objet de définir les termes et conditions par lesquels l'Université de Bordeaux (mandataire d'un groupement de recherche avec le laboratoire Biodiversité-Gènes-Communauté ci-après nommé BioGeCo, l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture ci-après nommé IRSTEA et Bordeaux Sciences-Agro ci-après nommé BSA) et Bordeaux Métropole s'engagent à réaliser le Programme visé à l'article 4.1 de la présente convention.

Article 2. PRISE D'EFFET, DURÉE

2.1. PRISE D'EFFET

La présente convention entre en vigueur à compter de sa signature par la dernière des Parties.

2.2. DURÉE

La durée de la présente convention est de trente trois (33) mois à compter de son entrée en vigueur.

Article 3. DOCUMENTS CONTRACTUELS

Sont également considérés comme étant des documents contractuels faisant partie de la présente convention :

- Annexe 1 - Programme technique
- Annexe 2 - Budget en date du 21 mars 2017 arrêté par les Parties et comprenant devis et montage financier.

Article 4. OBLIGATIONS DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

4.1. PROGRAMME D'ACTION

Dans le cadre de la mise en œuvre de la stratégie de Bordeaux Métropole dénommée « BiodiverCité », le groupement Université de Bordeaux, BioGeCo, IRSTEA, et BSA aura pour mission la réalisation de la caractérisation et localisation des enjeux écologiques et de la modélisation d'accompagnement visant à aider à l'appropriation des résultats de la démarche scientifique testée. Ce programme se décline en 4 axes ci-dessous détaillés :

Axe 1 : Acquisition de données

➔ **Sur le volet « milieux terrestres »** : une première étape permettra de définir les espèces faunistiques à cibler afin de faire ressortir au mieux la fonctionnalité des milieux et des continuités du territoire. Puis, des protocoles d'acquisition des données seront mis en place, en concertation avec Bordeaux Métropole et les partenaires impliqués dans le présent projet, afin de compléter la connaissance existante.

L'analyse des continuités écologiques doit se baser sur des groupes taxonomiques pertinents aux échelles considérées. Ainsi, des espèces de cohérence nationale de la Trame Verte et Bleue ne sont pas nécessairement des marqueurs de continuités écologiques à des échelles plus fines (Sordello et al. 2011). L'identification de « réservoirs de biodiversité » est également un enjeu majeur du projet, se posant en premier lieu la question des méthodes de caractérisation de ces réservoirs. Il est en effet évident qu'un inventaire exhaustif de la diversité spécifique animale sur l'ensemble du territoire de Bordeaux Métropole n'est pas envisageable.

Afin de répondre aux enjeux du projet, les organismes ciblés devront présenter des niveaux de mobilité variés et cohérents aux échelles considérées tout en représentant des enjeux en termes de conservation ou des rôles fonctionnels clés dans les milieux considérés. Une première réflexion sur ces aspects a permis de faire émerger quatre groupes d'organismes animaux répondant à ces critères, à savoir : les insectes pollinisateurs (incluant les Lépidoptères Rhopalocères), les Odonates, les reptiles et les amphibiens. Aussi, les compléments d'inventaire en 2017 se concentreront sur les pollinisateurs, les autres groupes seront abordés en 2018 et 2019.

➔ **Sur le volet « milieux aquatiques »** : Bordeaux Métropole est caractérisée par un réseau hydrographique de surface dense, incluant des rivières (portion aval Garonne, Dordogne) mais aussi de nombreux canaux, ruisseaux, mares, étangs et zones marécageuses. Ce réseau hydrographique dense favorise l'existence de nombreux habitats aquatiques, dont la biodiversité reste mal connue, et sur laquelle peu de travaux scientifiques ont été réalisés. Aussi, un inventaire de la biodiversité aquatique des masses d'eaux sera réalisé en complément du travail d'inventaire réalisé dans le cadre du projet de recherche Urbest afin de compléter les connaissances parcellaires sur ces milieux et de proposer des protocoles d'estimation et suivi de la biodiversité aquatique en zone urbaine et périurbaine, en concertation avec les acteurs impliqués dans leur étude et gestion.

Des inventaires exploratoires seront réalisés en 2018 et permettront de tester la pertinence de différentes techniques de collecte des organismes aquatiques (en particulier poissons) dans ces habitats mal connus, d'identifier les groupes majeurs de faune représentés (autres que poissons); de définir les priorités d'inventaire et de suivi de la biodiversité aquatique en zone urbaine et leurs modalités.

➔ **Sur le volet « zones humides »** : BSA aura la charge de compléter les éléments de cartographie des zones humides potentielles et de confirmer ces éléments par des analyses de terrain. Aussi, des campagnes d'inventaires pédologiques seront réalisées en 2018 et 2019 afin de vérifier précisément la présence de zones humides.

Il est à noter qu'en parallèle de cette démarche universitaire, la Métropole s'est dotée d'un partenariat renforcé avec le Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique (CBNSA) au travers d'une contribution exceptionnelle. Ce dernier réalisera une cartographie fine des habitats naturels de la Métropole qui viendra compléter les données acquises sur la faune.

Axe 2. Localisation des enjeux « biodiversité » : cartographie des Trames Vertes et Bleues fonctionnelles par la méthode des graphes paysagers

Les graphes paysagers sont un outil pertinent pour une aide à la décision en aménagement du territoire, et peuvent être principalement mobilisés pour trois objectifs (Foltête et al., 2014) :

- ➔ estimer des impacts écologiques (analyse de l'évolution de la connectivité du réseau écologique avant et après un aménagement) ;
- ➔ prioriser des habitats ou des zones de connectivité dans une logique de conservation (identifier les éléments du graphe étant les plus importants pour la préservation de sa structure, devant donc être protégés prioritairement) ;
- ➔ améliorer la connectivité du réseau écologique par l'ajout d'éléments (nœuds ou liens). Il s'agit dans ce cas de définir la localisation optimale pour des opérations de restauration écologique améliorant la connectivité des réseaux écologiques.

Dans le cadre des Trames Vertes et Bleues, les graphes paysagers peuvent donc guider des opérations d'aménagement du territoire dans un objectif de préservation des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques entre les habitats naturels d'espèces cibles. Ils peuvent également répondre aux lignes directrices nationales sur la séquence Eviter Réduire- Compenser (ERC) visant à éviter les pertes nettes de biodiversité, à la fois en identifiant les espaces naturels à conserver en priorité, et en définissant des zones optimales pour la restauration d'habitats compensant des pertes prévues. C'est cette démarche qu'il est proposé de développer dans le présent projet.

Cette approche pourra se baser sur des données précises de présence / absence des espèces faunistiques considérées acquises dans le cadre de l'axe 1. Dans un premier temps, la pré-cartographie des habitats existante puis mise à jour par le CBNSA pourra être utilisée comme donnée d'entrée à la construction des graphes paysagers.

Axe 3. Cartographie et analyse des fonctions et services éco systémiques des zones humides

L'objectif de cet axe est de développer une méthode d'évaluation des fonctionnalités et des enjeux de conservation de la biodiversité, d'étudier les pressions exercées sur ces enjeux afin de pouvoir construire des scénarios (et options) de gestion et ce, dans les zones humides présentes à l'échelle de la métropole.

Dans un premier temps, les zones humides seront décrites selon leur rôle de support de la biodiversité (à partir des données acquises dans l'Axe 1) puis le travail sera élargi afin de développer les fonctionnalités les plus importantes des zones humides intérieures selon la typologie des services :

- Régulation : régimes hydrologiques, contrôle de la pollution et détoxification, cycle des nutriments
- Soutien-Support : fonction « puits de carbone »
- Culture : éducation, récréation

Cet axe viendra compléter les éléments de l'axe 2 et plus particulièrement sur les zones identifiées comme optimales pour des opérations de restauration écologique (i.e. zones potentielles de compensation).

Axe 4. Modélisation d'accompagnement

Dans un objectif d'aide à la décision, ce volet du projet envisage de mobiliser une démarche de modélisation impliquant les différents acteurs concernés par la biodiversité dans Bordeaux Métropole (cf. Vonoï & Bousquet, 2010 ; Dupont et al., 2016). Alors que la modélisation des réseaux écologiques par les graphes paysagers (axe 3) a déjà montré sa capacité à proposer une aide à la décision en aménagement du territoire et en conservation de la biodiversité (Galpern et al., 2011 ; Foltête et al., 2014), nous proposons d'impliquer dans cette démarche de modélisation, les différents acteurs concernés.

La méthode envisagée s'appuie sur les travaux de prospective collaborative en environnement (Mermet, 2005).

La démarche de prospective sera menée par le biais d'ateliers impliquant les acteurs des territoires concernés par la mise en œuvre des Trames Vertes et Bleues. La conduite des ateliers aura pour finalité de produire des éléments d'analyse et de proposition en trois phases ayant pour objectifs respectifs :

- ➔ de caractériser l'identité (écologique, environnementale, sociale) du territoire de Bordeaux Métropole,
- ➔ d'identifier des leviers de convergence entre les différentes activités localisées autour de ces réseaux de continuités écologiques sur les plans terrestre et aquatique
- ➔ de favoriser l'appropriation des enjeux liés aux TVB.

Axe 5. Animation du projet

Le présent projet regroupe plusieurs partenaires scientifiques qui seront amenés à travailler ensemble, en collaboration avec le Conservatoire Botanique National Sud- Atlantique et en interaction étroite avec la Direction de la Nature de Bordeaux Métropole. L'animation de ce projet prendra donc la forme de réunions régulières permettant de s'assurer de la bonne compréhension entre l'ensemble des partenaires et de l'adéquation entre les actions menées et les objectifs fixés. Par ailleurs, plusieurs comités seront également organisés par les partenaires scientifiques, au cours desquels des collègues développant des thématiques similaires ou associées dans d'autres laboratoires seront conviés. L'objectif de ces comités est de renforcer la réflexion scientifique autour du projet, afin d'envisager de nouvelles pistes de travail ou de renforcer certains axes d'investigation.

Enfin, ce programme d'action étant intégré au projet global de Bordeaux Métropole « BiodiverCité », les partenaires scientifiques seront amenés à participer à un comité scientifique et au comité de pilotage de la démarche globale.

Produits LIVRÉS

Conformément au programme technique (annexe 1) et aux axes de travail pré cités, le groupement mené par l'Université de Bordeaux s'engage à remettre à Bordeaux Métropole les livrables suivants :

- ➔ Données sur la faune terrestre et aquatique : inventaires complémentaires et explorations de terrain - Livraison prévisionnelle en mai 2019
- ➔ Cartographie des zones humides de Bordeaux Métropole
- ➔ Fiches d'évaluation de la fonctionnalité et de l'état des habitats et des zones humides par secteur : Travaux sur les services rendus par les zones humides et leurs usages

dans la spatialisation des enjeux et analyse de l'état de conservation des habitats - Livraison prévisionnelle en mai 2019

- ➔ Cartographie des trames vertes et bleues fonctionnelles réalisée selon la méthode des graphes paysagers- Livraison par étape par grands secteurs territoriaux entre 2017 et 2019
- ➔ Réunions de préparation, CR d'ateliers participatifs- Livrables en plusieurs phases sur les 3 années du projet

Les rapports seront remis en 2 exemplaires papiers, ainsi que sous forme numérique au format PDF.

Les formats d'extraction de données seront définis en concertation avec la Direction des systèmes d'information de Bordeaux Métropole.

Les données SIG seront livrées au format shape dans le système de coordonnées suivant : projection Lambert conique conforme CC45 sur RGF93 ; altitudes : NGF / IGN69.

4.2. OBLIGATIONS DE MOYENS

Il est rappelé que le contenu des documents visés au 4.2 supra résulte de l'interprétation d'informations objectives ponctuelles et non systématiques (sondages, observations visuelles, analyses, mesures...), en fonction de l'état de la science et de la connaissance à un moment donné. Aussi, le groupement mené par l'Université de Bordeaux est soumis par convention expresse à une obligation de moyens étant tenu au seul respect du programme technique et des règles de l'art.

4.3. FINANCEMENT

Le groupement s'engage à participer au financement du Programme d'action pour la part qui lui revient dans les conditions exposées à l'article 7 de la présente convention.

Article 5. OBLIGATIONS DE BORDEAUX MÉTROPOLE

Bordeaux Métropole s'engage :

- ➔ à communiquer à l'Université de Bordeaux, et ce, dans les conditions telles que prévues au programme technique (annexe 1), toutes les données, informations et études qui sont en sa possession, et qui sont utiles à la réalisation de la mission visée à l'article 4.1 de la présente convention ;
- ➔ à faciliter, dans la limite de ses obligations légales et contractuelles, l'accès du groupement aux informations essentielles détenues par tous tiers à la présente convention ;
- ➔ à faciliter, dans le respect du droit de propriété, l'accès du groupement aux sites d'expertise, y compris en domaine privé;
- ➔ à participer au financement du Programme pour la part qui lui revient dans les conditions exposées à l'article 7 de la présente convention.

Article 6. NOTIFICATION ET ÉLECTION DE DOMICILE

Toute notification faite au titre de la présente convention est considérée comme valablement faite si elle est effectuée par écrit aux adresses suivantes :

Pour l'Université	Pour Bordeaux Métropole :
Université de Bordeaux Laboratoire Biogéco 351 cours de la Libération - CS 10004 33405 Talence France	Monsieur le Président Bordeaux Métropole Direction de la nature Esplanade Charles-de-Gaulle 33045 Bordeaux Cedex France
Tel : 05 40 00 29 11 E-mail : marie-lise.benot@u-bordeaux.fr	Tél. : 05 56 93 65 05 E-mail : cgerbeaumorin@bordeaux-metropole.fr

Article 7. FINANCEMENT DE LA RECHERCHE

7.1. MONTANT

Le montant total du Programme d'action visé à l'article 4.1 de la présente convention est fixé à cinq cent soixante quatorze mille cinq cent quatre vingt quinze euros TTC (574 595 € TTC).

Toute modification du taux de TVA intervenant durant la période d'exécution de la présente convention sera répercutée sur le montant exprimé ci-dessus au moment de la facturation visée à l'article 8 de la présente convention.

7.2. RÉPARTITION

A ce jour le montant du programme d'action visé à l'article 7.1 de la présente convention fait l'objet du financement prévisionnel qui suit :

- ➔ Pour le groupement un montant de 219 372 € TTC soit 38,2 % du total (part d'autofinancement)
- ➔ Pour Bordeaux Métropole, 355 223 € TTC, soit 61,8 % du total

Bordeaux Métropole a répondu à l'appel à projet « sites pilotes pour la reconquête de la biodiversité » dans le cadre de la mise en œuvre du PIA « démonstrateurs énergétique et écologique » et a demandé pour ce programme d'action une aide équivalente à 178 301 € TTC soit 31% du total. Dans le cas où les financements du PIA « démonstrateurs énergétique et écologique » ne seraient pas accordés pour ce projet ou pas dans les montants demandés, la répartition financière entre le groupement et Bordeaux Métropole serait inchangée.

Par ailleurs au cours du projet, Bordeaux Métropole va également solliciter des financements complémentaires pour l'ensemble du projet BiodiverCité « une stratégie innovante d'aménagement écologique » auprès des partenaires tels que l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, le Département et la Région.

7.3. FACTURATION ET PAIEMENT

FACTURATION

- a) L'Université étant tenue de réaliser le Programme d'action, la part du montant lui revenant ne donnera lieu à aucune facturation
- b) L'Université facturera à Bordeaux Métropole la part du montant visé à l'article 7.2 de la présente convention selon les besoins estimés pour la réalisation des différents axes du Programme d'action, ce qui donne l'échéancier suivant:
 - ➔ En 2017, un montant 66 167 € TTC, soit 18,6 % (paiement unique à réception de la facture).
 - ➔ En 2018, un montant de 183 396 € TTC, soit 51,6 % (paiement unique à réception de la facture).
 - ➔ En 2019, un montant de 105 660 € TTC, soit 29,7 % (paiement unique à réception de la facture).

Les factures doivent être adressées à :

Bordeaux Métropole
Services financiers - Demandes de paiement
TSA 60014
33688 Mérignac cedex

PAIEMENT

Les factures émises par les entités membres du groupement seront payées par Bordeaux Métropole sous 30 jours à compter de la réception, par chèque ou par virement à l'adresse suivante :

Insérer RIB

Article 8. PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

Le groupement garantit qu'il est titulaire des droits de propriété intellectuelle nécessaires à l'exécution de la présente convention.

Le groupement concède à Bordeaux Métropole un droit d'utilisation gracieux des droits patrimoniaux sur les produits livrés visés à l'article 4.2 de la présente convention.

Ce droit d'utilisation comprend notamment :

- ✧ Le droit de reproduire et de faire reproduire les données brutes et analyses, sans limitation de nombre, en tout ou en partie, sur tout support,
- ✧ Le droit de diffuser des données brutes et analyses,
- ✧ Le droit d'adapter ou de faire adapter les données brutes et analyses, de les compiler, les numériser, interpréter avec tout logiciel, bases de données, d'en extraire les éléments,
- ✧ le droit de représenter ou de faire représenter les données brutes et analyses par tous moyens de diffusion et de communication,
- ✧ le droit de remettre les données brutes et analyses à tous tiers pour les besoins d'exécution d'une des missions de l'Université de Bordeaux et de Bordeaux Métropole.

Etant entendu que toute utilisation à titre commercial est proscrite.

Article 9. DIFFUSION DES CONNAISSANCES

9.1. PRINCIPE

Les Parties s'engagent à divulguer auprès du public le plus large, les résultats, rapports et documents relevant de l'exécution de la présente convention, selon les modalités de leur choix. Il est rappelé que l'Université de Bordeaux, dans le cadre de sa mission d'appui aux politiques publiques, pourra mettre ces rapports et documents à disposition du public, notamment par le moyen de son site Internet.

Bordeaux Métropole s'engage en outre à citer l'ensemble des membres du groupement (Université de Bordeaux, BioGeCo, IRSTEA, BSA) sur chacun des documents produits, présentations ou communications faites sur le Programme.

De manière réciproque, l'Université s'engage à citer Bordeaux Métropole comme partenaire sur chacun des documents produits, présentations ou communications faites sur le Programme.

9.2. EXCEPTIONS

La diffusion visée à l'article 10.1 de la présente convention sera interdite dans les cas suivants :

- L'interdiction résulte d'obligations légales ou réglementaires ou du respect du droit des tiers ;
- Une Partie a notifié à l'autre Partie son intention de restreindre la diffusion d'une information et l'autre Partie a accepté de manière expresse.

Article 10. SOUS-TRAITANCE

Chaque Partie peut sous-traiter, sous sa responsabilité, l'exécution de certaines parties de ses obligations contractuelles, sous réserve de respecter les dispositions de la loi n° 75-1334 du 31 décembre 1975.

Article 11. RESPONSABILITÉ

Chaque Partie est responsable, tant pendant l'exécution de la présente convention, des prestations et/ou travaux qu'après leur achèvement et/ou leur réception, de tous dommages qu'elle-même, son personnel, son matériel, fournisseurs et/ou prestataires de service, pourraient causer à l'autre Partie dans la limite du montant du financement apporté par chacun et visé à l'article 7.2 de la présente convention.

Article 12. ASSURANCES

Chaque partie souscrira toutes les polices d'assurance nécessaires à la garantie des préjudices matériels ou immatériels qu'elle pourrait causer à l'autre partie du fait de l'exécution de la présente convention.

Article 13. RÉSILIATION

En cas de non respect par l'une ou l'autre des Parties d'une obligation substantielle inscrite dans la présente convention, celle-ci pourra être résiliée de plein droit par l'une ou l'autre des Parties à l'expiration d'un délai de trois mois suivant l'envoi d'une lettre recommandée avec accusé de réception valant mise en demeure.

En cas de résiliation anticipée de la présente convention, l'Université présentera à Bordeaux Métropole un compte-rendu détaillé et un bilan financier sur la base desquels celle-ci versera aux membres du groupement les sommes dues au prorata des actions qui auront effectivement été réalisées.

Article 14. DROIT APPLICABLE ET RÈGLEMENT DES LITIGES

La présente convention est régie par la loi française.

Tout différend portant sur l'interprétation et/ou l'exécution de la présente convention fera l'objet d'un règlement amiable entre les Parties. En cas d'impossibilité pour les Parties de parvenir à un accord amiable dans un délai de 3 semaines suivant sa notification, le différend sera soumis aux tribunaux administratifs de Bordeaux.

Fait à Bordeaux, en deux exemplaires, le

**Pour l'Université de Bordeaux
le Président**

Manuel TUNON DE LARA

**Pour Bordeaux Métropole
le Président**

Alain JUPPE

Annexe 1

Plan de financement

Type	Structure	Poste	2017	2018	2019	Total
Cout marginal		TOTAL	66 166,26 €	183 395,83 €	105 660,08 €	355 222,17 €
Cout marginal	Université de Bordeaux	TOTAL	28 114,51 €	96 943,52 €	83 713,52 €	208 771,54 €
Cout marginal	Université de Bordeaux	# Personnel	14 575,72 €	47 327,16 €	43 727,16 €	105 630,04 €
Cout marginal	Université de Bordeaux	# Prestation	0,00 €	37 500,00 €	36 000,00 €	73 500,00 €
Cout marginal	Université de Bordeaux	# Equipement	1 500,00 €	0,00 €	0,00 €	1 500,00 €
Cout marginal	Université de Bordeaux	# Fonctionnement	2 400,00 €	0,00 €	0,00 €	2 400,00 €
Cout marginal	Université de Bordeaux	# Missions	7 300,00 €	500,00 €	0,00 €	7 800,00 €
Cout marginal	Université de Bordeaux	# Reunions	1 000,00 €	1 000,00 €	0,00 €	2 000,00 €
Cout marginal	Université de Bordeaux	# Valorisation	0,00 €	6 000,00 €	0,00 €	6 000,00 €
Cout marginal	Université de Bordeaux	# Frais divers	1 338,79 €	4 616,36 €	3 986,36 €	9 941,50 €
Cout marginal	Irstea	TOTAL	23 700,00 €	17 500,00 €	9 375,00 €	50 575,00 €
Cout marginal	Irstea	# Personnel	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Cout marginal	Irstea	# Prestation	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Cout marginal	Irstea	# Equipement	5 000,00 €	0,00 €	0,00 €	5 000,00 €
Cout marginal	Irstea	# Fonctionnement	5 000,00 €	2 000,00 €	0,00 €	7 000,00 €
Cout marginal	Irstea	# Missions	460,00 €	10 000,00 €	7 000,00 €	17 460,00 €
Cout marginal	Irstea	# Reunions	8 500,00 €	2 000,00 €	0,00 €	10 500,00 €
Cout marginal	Irstea	# Valorisation	0,00 €	0,00 €	500,00 €	500,00 €
Cout marginal	Irstea	# Frais divers	4 740,00 €	3 500,00 €	1 875,00 €	10 115,00 €
Cout marginal	BSA	TOTAL	14 351,76 €	68 952,32 €	12 571,56 €	95 875,63 €
Cout marginal	BSA	# Personnel	10 931,79 €	47 003,16 €	10 931,79 €	68 866,74 €
Cout marginal	BSA	# Prestation	0,00 €	9 342,00 €	0,00 €	9 342,00 €
Cout marginal	BSA	# Equipement	1 548,00 €	0,00 €	0,00 €	1 548,00 €
Cout marginal	BSA	# Fonctionnement	0,00 €	1 025,00 €	0,00 €	1 025,00 €
Cout marginal	BSA	# Missions	0,00 €	2 569,18 €	0,00 €	2 569,18 €
Cout marginal	BSA	# Reunions	0,00 €	19,20 €	0,00 €	19,20 €
Cout marginal	BSA	# Valorisation	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Cout marginal	BSA	# Frais divers	1 871,97 €	8 993,78 €	1 639,77 €	12 505,52 €
Autofinancement		TOTAL	61 239,69 €	128 158,46 €	29 974,31 €	219 372,46 €
Autofinancement	Université de Bordeaux	Salaires	34 307,11 €	44 793,22 €	14 124,64 €	93 224,97 €
Autofinancement	Irstea	Salaires	22 489,58 €	67 855,24 €	10 652,67 €	100 997,49 €
Autofinancement	BSA	Salaires	4 443,00 €	15 510,00 €	5 197,00 €	25 150,00 €
Cout complet		TOTAL	127 405,95 €	311 554,29 €	135 634,39 €	574 594,63 €
Cout complet	Université de Bordeaux		62 421,61 €	141 736,74 €	97 838,16 €	301 996,51 €
Cout complet	Irstea		46 189,58 €	85 355,24 €	20 027,67 €	151 572,49 €
Cout complet	BSA		18 794,76 €	84 462,32 €	17 768,56 €	121 025,63 €
Cout marginal			51,93%	58,86%	77,90%	61,82%
Autofinancement			48,07%	41,14%	22,10%	38,18%
Cout complet			100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Annexe 2

Calendrier prévisionnel du programme d'actions

[illegible]

Annexe 3

Projet scientifique

Contexte

Urbanisation, biodiversité et services écosystémiques

Si la tendance actuelle se confirme, les prévisions estiment que la population urbaine mondiale aura doublé d'ici à 2050, atteignant 6,5 milliards d'habitants (Biodiversa URBES Project, 2013). L'expansion et la densification des villes représentent une menace importante pour la biodiversité, et ce tant à l'échelle locale que mondiale. En effet, l'urbanisation est la cause de destruction et de fragmentation d'habitats ainsi que de pollution qu'elle soit chimique, sonore ou lumineuse (UICN France 2013).

A l'échelle mondiale, il a été plusieurs fois démontré que les villes limitent l'installation d'espèces animales ou végétales, entraînant une diminution de la diversité spécifique et des modifications dans la composition des communautés (McKinney 2002). Ainsi, les milieux urbains abritent généralement plus d'espèces exotiques (non-natives) ou généralistes que les milieux ruraux (McKinney 2002, Müller et al. 2013). L'une des propriétés des écosystèmes urbains est leur petite taille et leur aspect fragmenté, ne leur permettant pas forcément de supporter l'ensemble du cycle de vie des organismes vivants ou ne pouvant offrir un espace suffisant au développement de populations viables. Néanmoins, certaines espèces sont capables de coloniser et de s'installer dans des zones urbaines *a priori* défavorables, soit parce qu'elles y trouvent des conditions proches de celles rencontrées en milieux naturels, soit parce qu'elles se sont adaptées aux nouvelles conditions offertes par les espaces urbains. Les espèces les plus mobiles notamment (certaines espèces d'oiseaux par exemple) pourraient utiliser les écosystèmes urbains et tirer profit de leur diversité (UICN France 2013). La mise en place ou le renforcement de connexions fonctionnelles entre les écosystèmes, permettant les déplacements d'espèces, ont en effet été identifiés comme une réponse aux effets négatifs sur la biodiversité de la fragmentation et de l'isolement des habitats. On passe ainsi d'une vision où l'écosystème est non seulement considéré via ses propriétés intrinsèques, mais également via sa place au sein d'un réseau écologique, défini à l'échelle nationale en France depuis 2007 comme la Trame Verte et Bleue (TVB ; Amsallem et al. 2010). La qualité des écosystèmes urbains et des habitats qu'ils offrent aux espèces, mais aussi leur complémentarité et les connexions qui les unissent sont donc deux propriétés déterminantes dans leur rôle quant au maintien de la biodiversité urbaine.

Outre la fonction d'habitat qu'ils offrent aux organismes animaux et végétaux, les écosystèmes en milieu urbain peuvent rendre de nombreux services aux êtres humains, tels que l'épuration de l'air ou de l'eau, la réduction du bruit, l'adaptation au changement climatique ou encore le divertissement, l'éducation ou le maintien des relations sociales par exemple (UICN France 2013). Plusieurs rapports (« *Protecting our planet securing our future* » (Watson et al. 1998), « *People and ecosystems* » (Töpfer et al. 2000), « *Rivers and lakes in European cities* » (EEA 2016)) ont mis en avant la nécessité d'une approche commune entre conservation de la biodiversité et évaluation des fonctions des écosystèmes. Bien que ce lien soit encore complexe et controversé (Rankovic 2012), le premier rapport du

MEA (Millenium Ecosystem Assessment, 2005) permet d'appréhender les interactions entre les écosystèmes et l'Homme. L'approche des enjeux de conservation a récemment été renforcée par une prise en compte des fonctions écologiques (Rouget et al., 2003).

A la demande de la Convention sur la Diversité Biologique des Nations Unies à Nagoya (2010), un groupement international de scientifiques a réalisé une analyse prospective des impacts potentiels de l'expansion urbaine sur la biodiversité et les écosystèmes (projet nommé « Cities and Biodiversity Outlook »). Dix messages clés ressortent de cette analyse (Annexe 1 ; Biodiversa URBES Project, 2013 ; <http://www.cbobook.org>), mettant en évidence (1) que la destruction ou la dégradation des écosystèmes en milieu urbain représentent une menace majeure tant pour la biodiversité que pour le bien-être des habitants et (2) que les enjeux liés à la prise en compte du fonctionnement de ces écosystèmes et de leur place dans le tissu urbain sont majeurs et incitent à la mise en place de politiques d'urbanisme durables.

Urbanisation et compensation

En intégrant les enjeux environnementaux dans le cadre des projets d'aménagement, la séquence ERC (Éviter, Réduire, Compenser) est un outil de lutte contre l'érosion de la biodiversité, en particulier dans le cas du développement urbain. Apparue en France avec la loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature, la séquence ERC a ensuite évolué avec le contexte juridique (doctrine ERC parue en 2012 et précisée en 2013, loi française sur la biodiversité du 8 août 2016 ; http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/15108-7_loi-biodiv_harmonie-nature-humains_24p_pompili_def_web_planche.pdf).

Cette séquence se déroule en trois temps. En premier lieu, la programmation d'un projet d'aménagement doit chercher à éviter les dégradations aux écosystèmes naturels. Si l'évitement total n'est pas possible, on cherchera ensuite à réduire les impacts du projet. Enfin, si le projet ne peut éviter les impacts, la compensation s'avère obligatoire dans les cas où les enjeux environnementaux majeurs sont atteints (Commissariat général au développement durable, 2013). La compensation repose sur des mesures de restauration, réhabilitation voire de récréation de milieux puis de leur gestion conservatoire (Commissariat général au développement durable, 2013).

Afin d'être efficace, la séquence ERC doit être réfléchie très en amont des projets d'aménagement (Commissariat général au développement durable, 2013). La connaissance des écosystèmes urbains et des enjeux environnementaux majeurs qui leur sont associés est une première étape indispensable à la construction d'une politique urbaine cohérente, en permettant la localisation des zones à très forts enjeux, à protéger contre les impacts de l'urbanisation, ainsi que les zones potentiellement cibles d'un projet de compensation. En effet, afin que les mesures compensatoires soient efficaces, elles se doivent d'être appliquées à proximité du site impacté (Commissariat général au développement durable, 2013). Ainsi, un site ayant fait l'objet d'une mesure de compensation pourra s'intégrer dans le territoire concerné. La planification du développement urbain doit donc prendre en compte ces sites comme autant de potentialités d'enrichir le réseau d'écosystèmes urbains.

Vers une meilleure prise en compte des enjeux environnementaux à Bordeaux Métropole

Le territoire de Bordeaux Métropole est pour plus de la moitié (39 000 hectares) occupé par des espaces naturels ou agricoles. Consciente de l'importance de ce patrimoine naturel, Bordeaux Métropole souhaite mettre en place une stratégie pour la biodiversité et les zones humides dans le cadre de son développement, devant répondre à trois objectifs : (1) préserver au mieux les écosystèmes et les corridors écologiques existants, (2) orienter les projets d'aménagements vers les milieux où les enjeux ont été estimés comme faibles et (3) appliquer les mesures de compensation vers des milieux ou des corridors permettant de renforcer la complémentarité et la connectivité au sein du réseau d'écosystèmes urbains.

L'une des étapes à cette démarche a été la production de l'Atlas de la Biodiversité pour lequel Bordeaux Métropole s'est entourée d'experts naturalistes (associations, bureaux d'études). Si de nombreux taxons ont pu être échantillonnés (flore, rhopalocères, odonates, oiseaux nicheurs et hivernants, mammifères dont chiroptères, reptiles et amphibiens), on peut cependant déplorer le manque de données concernant d'autres taxons très importants tant pour les fonctions qu'ils jouent au sein des écosystèmes que pour les enjeux de conservations qu'ils représentent.

Objectifs du projet

Une meilleure connaissance de la biodiversité présente ou qui pourrait être abritée en milieu urbain ou péri-urbain, l'identification de continuités écologiques entre les milieux et la compréhension du fonctionnement des écosystèmes urbains et de leurs interactions sont donc fondamentales pour construire une politique de développement urbain répondant à l'accroissement de la population en ville, tout en étant capable de protéger la biodiversité et d'offrir une bonne qualité de vie à ses habitants.

Initié à la demande de la Direction de la Nature de Bordeaux Métropole, le présent projet a pour objectif d'identifier et de cartographier les enjeux en termes de biodiversité, de fonctions et de services écosystémiques sur le territoire de Bordeaux Métropole. Ce projet prendra en compte les écosystèmes terrestres et aquatiques pour le volet biodiversité. Les questions relatives aux fonctions et aux services écosystémiques seront quant à elles développées en se focalisant sur les zones humides.

Plus précisément, il s'agira :

1. d'aider à la planification et à l'élaboration de protocoles d'acquisition de données et/ou de participer à l'acquisition de données relatives à la biodiversité,
2. de mettre au point des indicateurs, basés sur les données relatives à la biodiversité, permettant la localisation des écosystèmes en fonction de leurs enjeux et de leurs potentialités au sein du réseau écologique de Bordeaux Métropole,
3. dans le cas particulier des zones humides, de caractériser et cartographier les fonctions et services écosystémiques et d'utiliser ces informations comme indicateurs complémentaires des enjeux,

4. d'organiser la concertation entre les acteurs impliqués dans le projet (commanditaire, structures de recherche, structures de coordination et d'acquisition des données) dans un objectif d'aide à la décision.

Ce projet, qui implique divers partenaires institutionnels listés ci-dessous, se déroulera également en collaboration avec le Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique (CBNSA) et l'Observatoire Aquitain de la Faune Sauvage (OAFS).

Il pourra se baser sur les travaux réalisés par les étudiants de Master 2 *Biodiversité, Écologie, Evolution*, mention *Biodiversité et Suivis Environnementaux* de l'Université de Bordeaux entre octobre 2016 et janvier 2017, qui ont eu pour objectifs (1) la réalisation d'une pré-cartographie des habitats et des trames vertes de Bordeaux Métropole, et (2) la pré-localisation des zones humides de Bordeaux Métropole. Les travaux proposés pourront également s'appuyer sur les résultats et perspectives établis par d'autres programmes de recherche initiés au sein de la communauté académique bordelaise sur le sujet de la gouvernance adaptative des cités estuariennes (i.e., projet Urbest Labex Cote 2015), et des fonctions écologiques des zones humides (i.e., projet Epizhone Commission recherche Université de Bordeaux/Labex COTE).

Détail des axes de travail

Axe 1. Acquisition de données

1.1. Volet « milieux terrestres »

1.1.1. Contexte

Les données ayant servi à la construction de l'Atlas ont été acquises par des inventaires réalisés à différentes périodes de l'année et fournissent de premières informations quant aux espèces présentes sur le territoire de Bordeaux Métropole. Une première cartographie des données complémentaires utilisées dans le cadre de cet Atlas et dont dispose Bordeaux Métropole permet de visualiser la répartition d'observations d'espèces appartenant à des groupes taxonomiques différents, dont on constate en premier lieu la répartition hétérogène sur le territoire (Figure 1).

D'autres données naturalistes sont probablement existantes et pourraient être collectées dans le cadre du présent projet. En particulier, il sera nécessaire de caractériser le plus finement possible les informations relatives à ces données (nature, localisation, date et méthode d'acquisition, source) afin d'envisager leur utilisation possible ou non dans les analyses ultérieures. En effet, des données de présence d'espèces, issues d'observations non protocolées ou de méthodes de collecte peu ou mal renseignées présentent de nombreux biais difficilement corrigeables, notamment à des échelles fines (Mair & Ruete 2016). *A minima*, des données de présence / absence avérée seront nécessaires. Une réflexion sur des protocoles d'acquisition de ces données et de protocoles de suivis, ciblant certains taxons et des endroits précis, pouvant être répétés dans le temps et mis en place par des acteurs variés (Pereira et al. 2013) sera donc mise en place, en concertation avec Bordeaux Métropole et les partenaires impliqués dans le présent projet (Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique – CBNSA et Observatoire Aquitain de la Faune Sauvage – OAFS).

Géolocalisation des données complémentaires sur les espèces de l'atlas de biodiversité de Bordeaux métropole

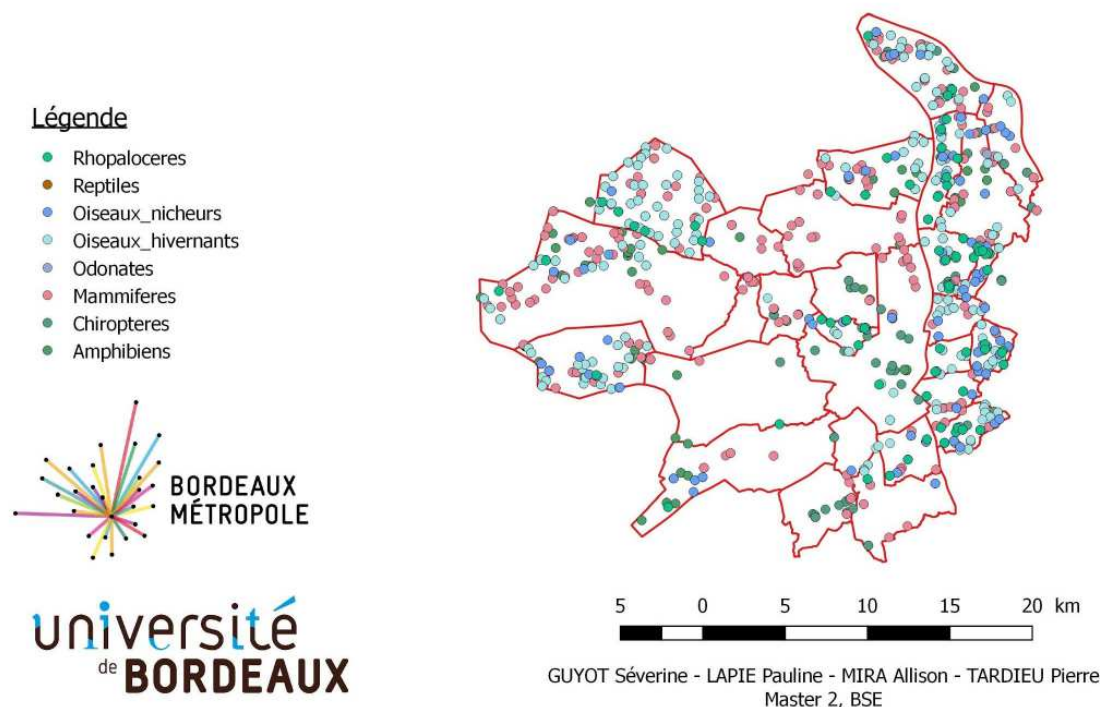


Figure 1 : Cartographie des observations complémentaires d'espèces dans le cadre de la construction de l'Atlas de la biodiversité de Bordeaux Métropole (source : Guyot S., Lapié P., Mira A., Tardieu P. (2017) Pré-cartographie des habitats et de la Trame verte de Bordeaux Métropole. Restitution de projet professionnalisant, Master 2 BEE parcours BSE, Université de Bordeaux).

L'analyse des continuités écologiques doit se baser sur des groupes taxonomiques pertinents aux échelles considérées. Ainsi, des espèces de cohérence nationale de la Trame Verte et Bleue ne sont pas nécessairement des marqueurs de continuités écologiques à des échelles plus fines (Sordello et al. 2011). L'identification de « réservoirs de biodiversité¹ » est également un enjeu majeur du projet, se posant en premier lieu la question des méthodes de caractérisation de ces réservoirs. Il est en effet évident qu'un inventaire exhaustif de la diversité spécifique animale et végétale sur l'ensemble du territoire de Bordeaux Métropole n'est pas envisageable. Afin de répondre aux enjeux du projet, les organismes ciblés devront présenter des niveaux de mobilité variés et cohérents aux échelles considérées tout en représentant des enjeux en termes de conservation ou des rôles fonctionnels clés dans les milieux considérés. Une première réflexion sur ces aspects a permis de faire émerger quatre groupes d'organismes animaux répondant à ces critères, à savoir : les insectes pollinisateurs (incluant les Lépidoptères Rhopalocères), les Odonates, les reptiles et les amphibiens. Bien

1 Selon le Centre de Ressources pour la mise en œuvre de la Trame verte et Bleue, « Les réservoirs de biodiversité sont des espaces dans lesquels la biodiversité, rare ou commune, menacée ou non menacée, est la plus riche ou la mieux représentée, où les espèces peuvent effectuer tout ou partie de leur cycle de vie (alimentation, reproduction, repos) et où les habitats naturels peuvent assurer leur fonctionnement, en ayant notamment une taille suffisante. Ce sont des espaces pouvant abriter des noyaux de populations d'espèces à partir desquels les individus se dispersent, ou susceptibles de permettre l'accueil de nouvelles populations d'espèces. » (<http://www.trameverteetbleue.fr>, accès 08/02/2017)

que les insectes pollinisateurs aient été exclus de la réflexion sur les listes d'espèces pour la cohérence à l'échelle nationale de la TVB (Houard *et al.* 2011, 2012), ceux-ci seront en premier lieu inclus dans le projet pour plusieurs raisons. Tout d'abord, le choix fait à l'échelle nationale se justifie par une mauvaise connaissance de ces insectes par rapport aux autres taxons sélectionnés, malgré leur pertinence tant du point de vue de la réponse à la fragmentation des habitats que de leur rôle fonctionnel au sein des écosystèmes (Houard *et al.* 2012). Il est donc crucial de pouvoir renforcer les connaissances sur ces organismes. Ainsi, un Plan Régional d'Action et de protection des pollinisateurs se met actuellement en place dans la Nouvelle Aquitaine (<http://aquitaine-arb.fr/actu-agenda/actu/conseil-regional-plan-regional-pollinisateurs>). Les capacités de dispersion de ces organismes justifient également leur prise en compte pour la définition de continuités écologiques à l'échelle considérée dans le présent projet, d'autant que de nombreuses études scientifiques font émerger la complexité de leur réponse à l'urbanisation. En effet, la perte ou la fragmentation des habitats sont considérées comme des causes majeures de leur déclin (Potts *et al.* 2010) tandis que plusieurs études montrent une homogénéisation (Baldock *et al.* 2015), une diminution de la richesse spécifique et une modification de la composition fonctionnelle des assemblages de pollinisateurs (Deguines *et al.* 2016) en réponse à l'urbanisation. Néanmoins, ces travaux suggèrent aussi des réponses différentes en fonction des espèces (Deguines *et al.* 2016) pouvant se traduire par des effets positifs sur certaines guildes (Potts *et al.* 2010). En particulier, la présence de zones modérément urbanisées fournissant une ressource en fleurs abondante pourrait favoriser les services de pollinisation (Theodorou *et al.* 2016).

1.1.2. Méthodes et planification

En ce qui concerne les milieux terrestres et zones humides, le travail proposé ici reposera sur la définition de protocoles d'acquisition de données relatives aux groupes taxonomiques cités ci-dessus, en commençant par les insectes pollinisateurs. Pour ce faire, il s'agira de s'appuyer sur des protocoles d'échantillonnage déjà mis en œuvre par ailleurs, en l'occurrence dans le cadre du Spipoll (Suivi photographique des insectes pollinisateurs), programme de sciences participatives développé par le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) et l'Office Pour les Insectes Pollinisateurs (OPIE ; <http://www.spipoll.org>). Les données acquises dans le cadre du Spipoll ont déjà été utilisées dans des études traitant de l'effet de l'urbanisation sur les insectes pollinisateurs à l'échelle nationale (Deguines *et al.*, 2012, 2016). A l'échelle de la métropole bordelaise, les données acquises, si elles sont disponibles, seront nécessairement moins nombreuses et insuffisantes pour permettre des analyses robustes. Dans un premier temps, il est donc proposé de tester la faisabilité de ce protocole et la qualité des données récoltées pour les analyses ultérieures. Cette étude, qui ciblera un nombre limité de sites, se fera sous la forme d'un stage de 4 mois (mai – août 2017) co-encadré par plusieurs partenaires du projet. A l'issue de ce stage, un comité de pilotage sera réuni afin de discuter des résultats obtenus et de l'effort d'échantillonnage qu'ils ont nécessité. Une concertation entre les partenaires du projet sera alors organisée en vue de décider de la mise en place ou non d'une collecte des données sur les insectes pollinisateurs à l'échelle de la Métropole à partir de 2018.

En parallèle, l'OAFS sera sollicité en vue de la collecte et de la mise en forme des données faune auprès de son réseau d'acteurs ainsi que le renseignement des métadonnées associées (nature des données : observations, données protocolées, etc., date d'acquisition, précision géographique, etc.), sur le territoire de Bordeaux Métropole. Cette action sera menée dès le

début du projet (année 2017). Il sera également fait appel à l'OAFS pour la mobilisation d'acteurs et la préparation des échantillonnages des organismes animaux ciblés (insectes pollinisateurs dont Lépidoptères Rhopalocères, Odonates, reptiles, amphibiens) qui devrait se dérouler dès 2018. La nature de la sollicitation des acteurs ne peut être définie à l'heure actuelle pour des raisons administratives.

Enfin, une réflexion et une orientation de l'acquisition des données flore et habitats par le CBNSA sera également menée en concertation avec les différents acteurs impliqués, dès le début du projet. L'acquisition de ces données étant prévue sur une durée de temps de 3 ans, il ne sera donc certainement pas possible de les intégrer dans le présent projet. Il pourrait s'avérer nécessaire d'organiser l'échantillonnage par grand type d'habitats, afin d'obtenir des résultats préliminaires pouvant être inclus au fil de l'eau dans les analyses.

1.2. Volet « milieux aquatiques »

1.2.1. Contexte

L'Atlas de la Biodiversité de Bordeaux Métropole cité-ci ci-dessus, bien qu'incluant de nombreuses espèces terrestres (i.e., oiseaux nicheurs, 122 espèces ; oiseaux hivernants, 134 ; mammifères, 33 ; Chiroptères, 16 ; Rhopalocères, 82 ; Odonates, 57 ; Reptile, 14 ; Amphibiens, 14), n'inclut aucune espèce aquatique, alors que l'eau est un élément identitaire majeur propre à la métropole bordelaise, et que les enjeux liés au suivi et à la préservation des milieux aquatiques en zone urbaine sont aujourd'hui au cœur de nombreuses directives européennes (e.g., Urban Waste Water Treatment Directive, Water Framework Directive, Floods Directive, Birds and Habitat Directives), et stratégies européennes (EU Strategy on Adaptation to Climate Change, EU Strategy on Green Infrastructure, Urban Agenda for the EU... voir rapport 26/2016 European Environment Agency pour une synthèse).

Bordeaux Métropole est caractérisée par un réseau hydrographique de surface dense, incluant des rivières (portion aval Garonne, Dordogne) mais aussi de nombreux canaux, ruisseaux, mares, étangs et zones marécageuses (Figure 2). Ce réseau hydrographique dense favorise l'existence de nombreux habitats aquatiques, dont la biodiversité reste mal connue, et sur laquelle peu de travaux scientifiques ont été réalisés. À ce titre, des travaux préliminaires sont prévus dans le cadre du projet de recherche Urbest (« Shaping Adaptive Governance in estuarine cities : Bordeaux Métropole and Gironde estuary facing global change » – projet Labex COTE 2016 coordonné par D. Salles, Irstea-ETBX, Bordeaux). Le projet Urbest inclut un volet d'écologie dont les objectifs sont d'établir un inventaire des connaissances existantes sur la biodiversité aquatique dans la communauté urbaine (stage Master, EPOC-B.Sautour), et d'utiliser ces connaissances pour établir une typologie préliminaire des refuges de biodiversité aquatique à l'échelle de la métropole (stage Master, Irstea-M.Lepage). Ces travaux préliminaires s'intéresseront surtout aux masses d'eaux estuariennes et aux zones humides associées. Le travail proposé ici est donc complémentaire, dans le sens où un inventaire de la biodiversité aquatique des masses d'eaux restant non explorées (zones aval Garonne-Dordogne, canaux, ruisseaux, mares, et/ou étangs) sera réalisé, afin de 1) compléter les connaissances parcellaires sur ces milieux et 2) proposer des protocoles d'estimation et suivi de la biodiversité aquatique en zone urbaine et périurbaine, en concertation avec les acteurs impliqués dans leur étude et gestion (lien avec axe 4 « Modélisation d'accompagnement » proposé ci-dessous).

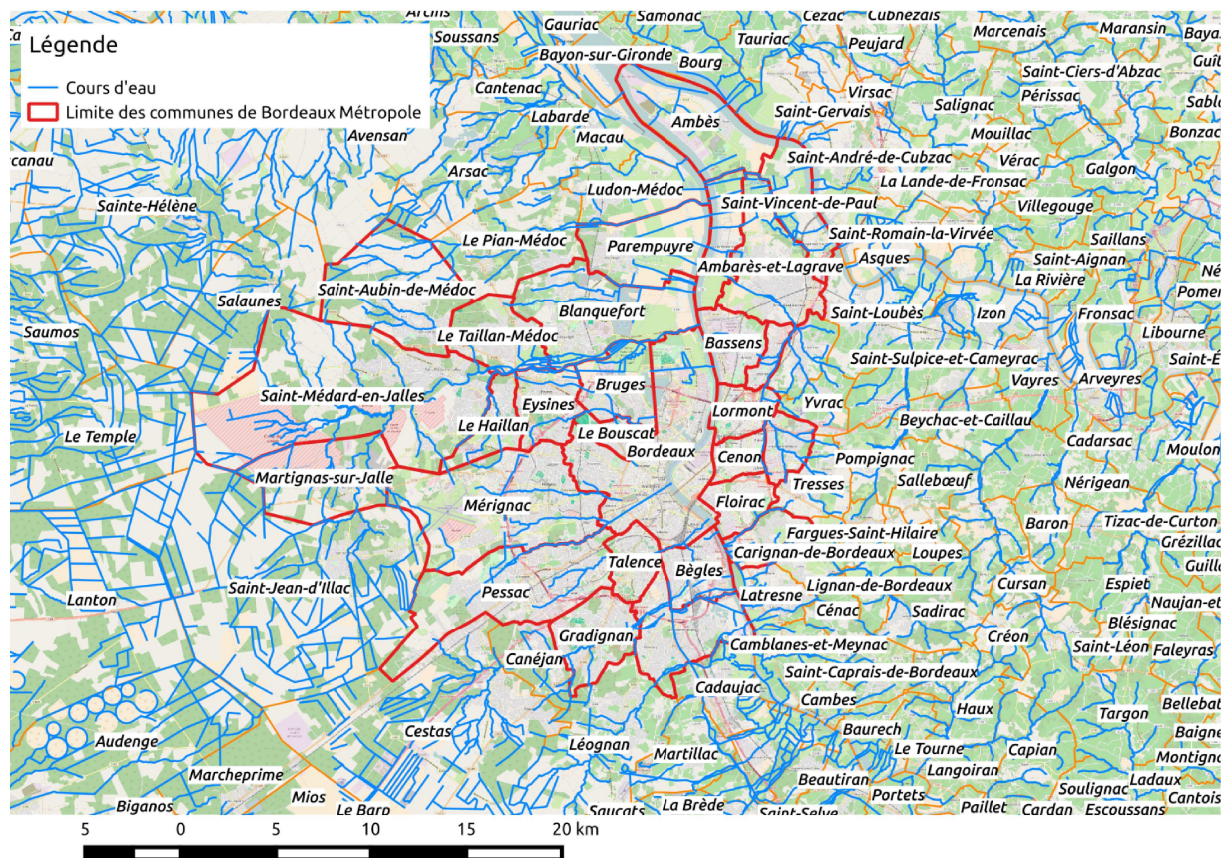


Figure 2 : Cartographie préliminaire du réseau hydrographique de surface de la Communauté Urbaine de Bordeaux Carte préparée par C. Aluome, sources : OpenStreetMap, cadastre DGFIP, Bordeaux métropole, BC Carthage@cours d'eau).

1.2.2. Méthodes et planification

Spécifiquement, des explorations de terrain sont envisagées à l'horizon 2018 (faisant suite aux travaux préliminaires d'Urbest programmés courant 2017). Des inventaires saisonniers seront effectués dans des zones choisies et représentatives de l'ensemble du réseau hydrographique de surface de Bordeaux métropole, afin de contribuer à l'établissement d'une base de connaissance sur les espèces occupant ces habitats. Les zones à inventorier et groupes faunistiques à cibler seront définis en fonction des travaux cartographiques préliminaires effectués d'une part par les étudiants de master 2 Biodiversité, Écologie, Evolution, mention Biodiversité et Suivis Environnementaux de l'Université de Bordeaux entre octobre 2016 et janvier 2017, et d'autre part dans le cadre du projet Urbest.

Les inventaires exploratoires réalisés en 2018 permettront de 1) tester la pertinence de différentes techniques de collecte des organismes aquatiques (en particulier poissons) dans ces habitats mal connus, 2) identifier les groupes majeurs de faune représentés (autres que poissons); 3) définir les priorités d'inventaire et de suivi de la biodiversité aquatique en zone urbaine et leurs modalités, en concertation avec des experts naturalistes et acteurs locaux (associations, services de gestion des espaces naturels, fédérations de pêche récréative et professionnelle,...) dans le cadre des modèles d'accompagnement proposés en axe 4. Le présent volet est donc envisagé comme une étape initiale au développement de travaux plus vastes visant à analyser les liens entre structure de communautés et caractéristiques des

habitats en zone urbaine pour des espèces aquatiques ciblées (en particulier poissons, mais voir Hill et al., 2016 et Blicharska et al., 2016 pour des exemples concernant les invertébrés aquatiques).

Axe 2. Localisation des enjeux « biodiversité »

2.1. Contexte

La localisation des espaces à enjeux reposera nécessairement sur la connaissance des espèces qui s'y trouvent, et leurs occurrences dans divers types d'habitats. Cela passera par la construction d'indicateurs décrivant les communautés animales ou végétales et d'indicateurs multi-taxons comme autant d'outils de connaissance des milieux et des enjeux qu'ils portent localement (i.e., à l'échelle du site). La hiérarchisation des enjeux associés aux écosystèmes devra également prendre en compte leur position et leur rôle dans le réseau écologique à l'échelle de Bordeaux Métropole, voire à des échelles plus larges. Cette partie fera essentiellement appel à des méthodes basées sur la théorie des graphes.

La théorie des graphes est basée sur des concepts mathématiques et informatiques simplifiant les rapports structures-processus au sein de modèles dans lesquels les nœuds représentent des unités structurales et les liens représentent les relations entre elles. Cette théorie est appliquée en écologie du paysage pour la modélisation des réseaux écologiques depuis les travaux de Bunn et al. (2000) et Urban & Keitt (2001), de manière à évaluer la connectivité fonctionnelle entre les taches d'habitat d'espèces animales et végétales. Ils sont dans ce cas utilisés sous la dénomination de graphes paysagers. Un graphe paysager est constitué d'un ensemble de nœuds représentant les taches d'habitat d'une espèce, reliés par un ensemble de liens représentant les déplacements potentiels de cette espèce entre les taches d'habitat. Il est possible de seuiller un tel graphe en fonction des capacités de déplacement de l'espèce considérée. Dans ce cas, seuls les nœuds séparés d'une distance inférieure à un certain seuil sont reliés par des liens. Ce type de modélisation permet d'étudier par exemple les effets de la fragmentation paysagère et de la perte de connectivité entre les taches d'habitat pour une espèce donnée au moyen de métriques de connectivité. Ces métriques, qu'elles soient issues de la théorie des graphes ou de l'écologie, sont calculables à plusieurs niveaux d'analyse : au niveau du graphe entier, de ses composantes ou de ses unités élémentaires (nœuds ou liens).

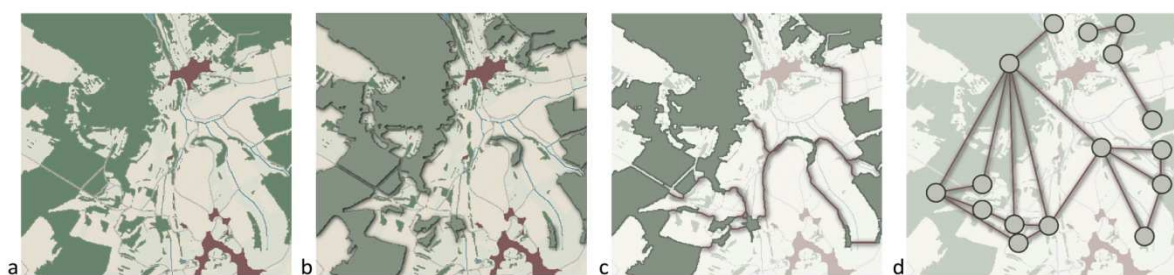


Figure 2. Principe de construction d'un graphe paysager. Partant d'une carte d'occupation du sol (a), la première étape consiste à identifier les taches d'habitat des organismes de l'espèce considérée (b), et à modéliser les chemins potentiels de déplacement de ces organismes entre les taches d'habitat (c) en tenant compte des résistances de la matrice paysagère. A partir de cette vue réaliste du réseau écologique de l'espèce, une vue topologique sous forme d'un graphe paysager (d) offre la possibilité de calculer des métriques de connectivité à plusieurs échelles du graphes.

Les graphes paysagers sont un outil pertinent pour une aide à la décision en aménagement du territoire, et peuvent être principalement mobilisés pour trois objectifs (Foltête et al., 2014) :

- 1) Estimer des impacts écologiques. Une telle estimation consiste à analyser l'évolution de la connectivité du réseau écologique avant et après un aménagement (construction de zones d'habitat résidentiel par exemple) ;
- 2) Prioriser des habitats ou des zones de connectivité dans une logique de conservation. L'objectif dans ce cadre est de déterminer les taches d'habitat ou les liens de déplacement les plus vulnérables pour une espèce donnée, donc d'identifier les éléments du graphe étant les plus importants pour la préservation de sa structure, devant donc être protégés prioritairement ;
- 3) Améliorer la connectivité du réseau écologique par l'ajout d'éléments (nœuds ou liens). Il s'agit dans ce cas de définir la localisation optimale pour des opérations de restauration écologique (création d'espaces naturels par exemple) améliorant la connectivité des réseaux écologiques.

Dans le cadre des Trames Vertes et Bleues, les graphes paysagers peuvent guider des opérations d'aménagement du territoire dans un objectif de préservation des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques entre les habitats naturels d'espèces cibles. Ils peuvent également répondre aux lignes directrices nationales sur la séquence Eviter-Réduire-Compenser (ERC) visant à éviter les pertes nettes de biodiversité, à la fois en identifiant les espaces naturels à conserver en priorité, et en définissant des zones optimales pour la restauration d'habitats compensant des pertes prévues. C'est cette démarche qu'il est proposé de développer dans le présent projet.

2.2. Méthodes et planification

La méthode des graphes paysagers décrite ci-dessus sera utilisée pour l'étude des réseaux d'écosystèmes. Cette approche sera d'autant plus efficace qu'elle pourra se baser sur des données précises de présence / absence des espèces considérées. Dans un premier temps, la pré-cartographie des habitats existante puis mise à jour par le CBNSA sur la base de photo-interprétation pourra être utilisée comme donnée d'entrée à la construction des graphes paysagers. La cartographie finale des habitats devant être produite par le CBNSA étant programmée pour l'année 2020, elle ne pourra pas être incluse dans le présent projet.

Il est important de noter que les résultats préliminaires fondés sur des données partielles devront être considérés avec précaution et seront amenés à changer au fur et à mesure de l'utilisation de nouvelles données dans les analyses.

En parallèle, une réflexion sera menée sur la caractérisation de réservoirs de biodiversité et des enjeux à échelle locale. Néanmoins, cette étape repose sur les données collectées *in situ*, et ne pourra donc aboutir à des résultats satisfaisants qu'en intégrant les données et connaissances faune – flore et habitats dont l'acquisition est prévue sur 3 ans (cf. proposition CBNSA).

Axe 3. Zones humides (ZH) : cartographie, typologie et fonctions écosystémiques

De par sa situation géographique, ses caractéristiques hydrographiques et géologiques, la Métropole bordelaise est marquée par la présence de l'eau. Pourtant, les zones humides (ZH) présentes sur ce territoire restent à ce jour mal connues, tant du point de vue de leur

localisation que de leurs propriétés et leur fonctionnement. A l'interface entre milieux aquatiques et terrestres, les zones humides sont des écosystèmes complexes, riches d'une biodiversité particulière et fournissant de nombreux services écosystémiques à l'Homme. La protection et l'intégration des zones humides dans la dynamique de développement de territoires urbains et péri-urbains représente donc un enjeu majeur pour Bordeaux Métropole (cf. stratégie pour la prise en compte et la valorisation des zones humides élaborée en 2015), qui passera nécessairement par une meilleure compréhension des caractéristiques et du fonctionnement de ces milieux.

3.1. Cartographie des sols des zones humides

3.1.1. Contexte

Il existe une grande diversité de zones humides, du fait de la variation de plusieurs facteurs tels que la localisation au sein du bassin versant et le contexte paysager, les caractéristiques pédologiques ou encore l'origine et la variabilité de la présence d'eau (durée d'inondation et hauteurs d'eau par exemple). Le sol et la végétation sont les deux critères retenus pour la définition et la délimitation des zones humides (Arrêté du 24 juin 2008 précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L.214-7-1 et R.211-108 du code de l'environnement). La typologie et la cartographie des zones humides sur le territoire de Bordeaux Métropole devra donc se baser sur une analyse fine et le couplage de ces deux critères.

Les données relatives à la végétation seront produites par le CBNSA dans le cadre de la cartographie des habitats. Il est ici proposé de réaliser la cartographie des sols des zones humides au 1/15000ème du territoire de Bordeaux Métropole.

3.1.2. Méthodes et planification

L'étude et la cartographie des sols des zones humides sur le territoire de Bordeaux Métropole se déclinera en cinq volets.

I. Préparation des documents et recherches bibliographiques

- Consultation des documents existants et synthèse bibliographique
- Synthèse des données pédologiques existantes et saisie informatique (pré-zonage)
- Préparation de la campagne de terrain et choix de l'emplacement des fosses pédologiques

II. Cartographie des sols des ZH (phase de terrain)

- Réalisation d'environ 600 sondages par un pédologue, mise en place des Modèles d'Organisation Spatiale des sols de ZH
- Réalisation de 20 fosses pédologiques, description sur le terrain, prise des échantillons et envoi au laboratoire
- Réunions de contrôle et de coordination

III. Réalisation de la carte des sols des ZH

- Interprétation des analyses, saisie informatique des données
- Croisement des données pédologiques avec des données externes (MNT, occupation du sol, géologie, ...)

- Réalisation finale de la carte

IV. Interprétations des résultats

- Mise en forme des données, validation par les pédologues
- Réalisation du rapport d'intervention
- Réunions et échanges avec les partenaires
- Mise en place d'une typologie des ZH de Bx Métropole

V. Intégration des résultats au sein des programmes de recherche

- Concertation avec les partenaires du projet (Biogéco, Irstea, Bx Métropole)
- Caractérisation et hiérarchisation des fonctions écosystémiques des ZH
- Élaboration de protocoles de protection et/ou de compensation des ZH

Ce travail débutera en début de projet pour une période de 18 mois, permettant de couvrir les périodes optimales pour le travail de terrain et le traitement des données existantes et acquises au cours du projet.

3.2. Cartographie et analyse des fonctions et services écosystémiques des zones humides

3.2.1. Contexte

Les demandes d'évaluation des fonctionnalités des écosystèmes, dans le cadre notamment des séquences « éviter-réduire-compenser », qu'elles soient locales, régionales ou nationales, sont nombreuses mais les prises de décision qui en découlent sont encore rarement fondées sur des bases méthodologiques solides. De plus, l'efficacité et la cohérence des mesures de gestion entre plusieurs zones identifiées comme prioritaires pour des enjeux de conservation de la biodiversité sont encore des paramètres difficiles à prendre en compte à l'échelle d'un territoire. L'objectif de cette partie est donc de développer une méthode d'évaluation des fonctionnalités et des enjeux de conservation de la biodiversité, d'étudier les pressions exercées sur ces enjeux afin de pouvoir construire des scénarios (et options) de gestion et ce, dans les zones humides présentes à l'échelle de la métropole.

La biodiversité, définie comme service de « soutien » par le MEA constitue notre point d'entrée de la caractérisation des ZH. Nous disposons de données de végétation qui peuvent, dans un premier temps être amendées par d'autres groupes taxonomiques. Ces données, issues de sources variées, permettront, une fois agrégées, de décrire la biodiversité et de produire des indicateurs d'état de la biodiversité. Cette étape d'agrégation des données sera basée sur le concept de Variables Essentielles de Biodiversité (EBV) développées par le GEO BON (Groupe d'observation de la Terre – Réseau d'Observation de la Biodiversité). Par la suite, nous pourrions élargir le travail afin de développer *in fine* les fonctionnalités les plus importantes des zones humides intérieures selon la typologie des services issue du MEA :

- Régulation : régimes hydrologiques, contrôle de la pollution et détoxification, cycle des nutriments
- Soutien-Support : biodiversité, fonction « puits de carbone »
- Culture : éducation, récréation

3.2.2. Méthodes et planification

Nous utiliserons des logiciels de cartographie et analyses spatiales (Systèmes d'Informations Géographiques et de outils planification type MARXAN (Ball et al., 2009), INVEST (Tallis et al., 2014), ZONATION, C-PLAN...) permettant d'explorer les compromis qui peuvent exister entre les divers fonctions et services rendus par les zones humides. Ces outils présentent tous des avantages et des inconvénients et nécessitent des données d'entrées plus ou moins précises (Annexe 2). Il devient courant d'utiliser plusieurs outils et leurs modèles associés pour cartographier l'ensemble des SE d'une zone définie. Le déroulement de cet axe de travail sera donc dépendant des données disponibles (faune, flore, pédologie) et du déroulement des axes 1 (Acquisition des données) et 3.1 (Paramètres édaphiques et typologie des zones humides) présentés ci-dessus. En effet, les analyses seront d'autant plus robustes qu'elles seront basées sur des données réelles plutôt que sur des données estimées (modélisation, bibliographie).

Par ailleurs, les personnes contactées utilisant ces outils insistent sur la nécessité d'intégrer des aspects socio-économiques et d'échanges à propos des scénarios à envisager. Cet axe de travail s'appuiera donc sur l'axe 4 (modélisation d'accompagnement) développé ci-dessous. Il pourra également s'articuler avec les travaux initiés dans le cadre du projet de recherche Epizhone (Etude Pluridisciplinaire Intégrée des Zones Humides Estuariennes, projet Commission recherche Université de Bordeaux/Labex COTE, coordonné par Sylvie Ferrari-Gretha, et Alexandra Coynel-EPOC), qui s'attache à analyser les liens entre fonctions écologiques de la zone humide des Jalles incluant des gradients de pressions anthropiques (contaminations chimiques et occupation du sol).

Pour développer ces approches, deux enjeux seront identifiés :

- Un enjeu « données » :

- (i) acquisition de compétences sur les différentes méthodes, types de données et outils d'analyse existants,
- (ii) acquisition des données collectées dans le cadre du présent projet ou par des partenaires extérieurs.

- Un enjeu « outils de spatialisation » :

- (i) agrégation des données précédemment acquises à l'aide d'outils de spatialisation et modèles issus des approches de *systematic planning*,
- (ii) mise en évidence des compromis (ségrégation spatiale et temporelle) entre fonctions.

Ce volet débutera donc par (1) la prise de contact avec les chercheurs impliqués dans le projet de recherche Epizhone, afin d'envisager une coordination des outils utilisés et des actions menées sur les territoires et aux échelles concernés ; (2) l'identification, la prise de contact et la planification d'un ou de plusieurs séjours dans d'autres laboratoires de recherche développant des approches similaires, en vue d'une prise en main des méthodes et outils d'analyse et (3) la collecte des données existantes auprès des différents partenaires impliqués dans le présent projet. Les premières analyses de données ne pourront se faire qu'une fois les outils et les données potentiellement mobilisables identifiés. La collecte de données faune, flore et pédologiques faisant partie intégrante de ce projet, ces premières analyses ne fourniront probablement pas des résultats exploitables et devront être régulièrement affinées par l'intégration de données robustes. Ce travail devra donc se poursuivre au-delà de la période envisagée dans le cadre du présent projet.

Enfin, ce volet s'appuiera sur le travail et les ateliers développés dans le cadre de l'axe 4 « modélisation d'accompagnement ».

Axe 4. Modélisation d'accompagnement

4.1. Contexte

Dans le contexte de la mise en place de la Trame Verte et Bleue à l'échelle de Communautés d'Agglomération, la recherche de compromis entre développement socio-économique et conservation de la biodiversité constitue un enjeu complexe. Elle nécessite la mise en place de démarches de recherche-action et de prospective impliquant à la fois les scientifiques et les acteurs opérationnels, les compétences des acteurs pouvant être enrichies par les connaissances scientifiques et les outils mis en place, en même temps que les scientifiques peuvent développer des connaissances adaptées à la réalité du contexte (Opdam, 2010). Des démarches de modélisation d'accompagnement impliquant un grand nombre d'acteurs apparaissent adaptées aux objectifs de gestion des espaces naturels et de la biodiversité. Dans un objectif d'aide à la décision, ce volet du projet envisage de mobiliser une démarche de modélisation impliquant les différents acteurs concernés par la biodiversité dans Bordeaux Métropole (cf. Vonoï & Bousquet, 2010 ; Dupont et al., 2016). Alors que la modélisation des réseaux écologiques par les graphes paysagers a déjà montré sa capacité à proposer une aide à la décision en aménagement du territoire et en conservation de la biodiversité (Galpern et al., 2011 ; Foltête et al., 2014), nous proposons d'impliquer dans cette démarche de modélisation, les différents acteurs concernés de manière à co-construire les protocoles d'analyse.

4.2. Méthode et planification

La démarche de prospective sera menée par le biais d'ateliers impliquant les acteurs des territoires concernés par la mise en œuvre des TBV. La conduite des ateliers aura pour finalité de produire des éléments d'analyse et de proposition en trois phases ayant pour objectifs respectifs (i) de caractériser l'identité des territoires concernés par l'Atlas de la biodiversité de Bordeaux Métropole, (ii) d'identifier des leviers de convergence entre les différentes activités localisées autour de ces réseaux de continuités écologiques sur les plans terrestre et aquatique (code de l'environnement articles L371-14 et R371-19), (iii) de favoriser l'appropriation des enjeux liés aux TVB.

La méthode envisagée s'appuie sur les travaux de prospective collaborative en environnement (Mermet, 2005) et s'inspire des méthodologies élaborées et utilisées dans les projets ANR Adapteau - <http://www.adapteau.fr/> - (Labbouz, Salles 2015) et Agenda eau - <http://idex.u-bordeaux.fr/fr/n/Connexion-avec-la-societe/Agendas-pluri-disciplinaires/r3042.html> - (Marquet, de Godoy Leski, Salles, 2016).

La conduite de cette prospective articulée à la modélisation d'accompagnement sera pilotée et animée par Denis Salles, Yohan Sahraoui et Charles de Godoy Leski et bénéficiera de l'accompagnement de l'équipe scientifique interdisciplinaire Biogeco et Irstea-EABX. Le panel des acteurs participants sera composé d'une quinzaine de personnes représentant la diversité fonctionnelle et géographique des territoires et des secteurs d'activités concernés.

Investies à titre personnel (et non en représentation exclusive de leur organisme), elles devront se rendre disponibles, s'engager activement dans la démarche et diffuser ses productions finalisées autour d'elles. L'organisation des ateliers de modélisation sera complétée par une série d'entretiens individuels permettant de mieux cibler les perceptions et attentes des acteurs vis-à-vis des enjeux de conservation de la biodiversité en territoire urbain et périurbain.

Programme préliminaire des Ateliers

Atelier 1 (octobre 2017) : (3H) Le panel prendra connaissance des marqueurs écologiques, des qualités environnementales ainsi que des ressources sociales du territoire de l'Atlas de la biodiversité.

Atelier 2 (décembre 2017) : (3H) Le panel s'attachera à caractériser les territoires des zones humides de la métropole dans ses diverses dimensions (écologiques, paysagères, socio-économiques et résidentielles) sur la base des supports graphiques susceptibles de faciliter la description des enjeux soulevés par le maintien de la biodiversité dans les aires urbaines et potentiellement urbanisables.

Atelier 3 (mi-2018) : (2X3H) Le panel contribuera à l'élaboration et la mise en débat de scénarios d'évolution de la biodiversité dans les territoires de Bx Métropole.

Atelier 4 (fin 2018): (3H) Restitution des résultats scientifiques et concertation acteurs-chercheurs sur les protocoles et méthodes de suivi de la biodiversité.

Axe 5. Animation du projet

Le présent projet regroupe plusieurs partenaires scientifiques (cf. ci-dessous) qui seront amenés à travailler ensemble, en collaboration avec le Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique et en interaction avec la Direction de la Nature de Bordeaux Métropole.

L'animation de ce projet prendra donc la forme de réunions régulières permettant de s'assurer de la bonne compréhension entre l'ensemble des partenaires et de l'adéquation entre les actions menées et les objectifs fixés. Par ailleurs, plusieurs comités de pilotage seront également organisés par les partenaires scientifiques, au cours desquels des collègues développant des thématiques similaires ou associées dans d'autres laboratoires seront conviés. L'objectif de ces comités de pilotage est de renforcer la réflexion scientifique autour du projet, afin d'envisager de nouvelles pistes de travail ou de renforcer certains axes d'investigation.

Partenaires impliqués

Université de Bordeaux, INRA, BIOGECO, UMR 1202. Didier Alard, Marie-Lise Benot, Inge van Halder, Frédéric Revers.

Université de Bordeaux, Labex COTE, chaire d'Ecologie Théorique Intégrative : Yohan Sahraoui, Alix Sauve, Frédéric Barraquand, Christelle Aluome, Laure Carassou.

Université de Bordeaux, OAFS : Marie Barneix et Paul Fromage

Irstea, Centre de Bordeaux, unité de Recherche Ecologie Aquatique et Changements Globaux : Laure Carassou, Mario Lepage. Autres personnels impliqués : Jeremy Lobry, Alain Lechêne, Philippe Boët.

Irstea, Centre de Bordeaux, unité de recherche Environnement et Territoires : Denis Salles, Charles de Godoy Lesky. Autres personnels impliqués : Baptiste Hautdidier.

Bordeaux Sciences Agro : Philippe Chery.

Détail des demandes de financement

Voir fichier joint

Calendrier

Voir fichier joint

Références

Amsallem J., Deshayes M. & Bonneville M. 2010. Analyse comparative des méthodes d'élaboration de trames vertes et bleues nationales et régionales. Sciences, Eaux et Territoires, Irstea, 3 : 40-45. Disponible en ligne http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/references_bibliographiques/07_article_bis.pdf (accès le 2/11/2016)

Baldock, K.C.R., Goddard M.A., Hicks D.M., Kunin W.E., Mitschunas N., Osgathorpe L.M., Potts S.G., Robertson K.M., Scott A.V., Stone G.N., Vaughan I.P., Memmott J. 2015. Where is the UK's pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects. Proceedings of the Royal Society B, 282, 20142849.

Ball, I.R., H.P. Possingham, and M. Watts. 2009. Marxan and relatives: Software for spatial conservation prioritisation. Chapter 14: Pages 185-195 in [Spatial conservation prioritisation: Quantitative methods and computational tools](#). Eds Moilanen, A., K.A. Wilson, and H.P. Possingham. Oxford University Press, Oxford, UK.

Biodiversa URBES Project. 2013. The Cities and Biodiversity Outlook. Factsheet n°4. 4 pages. Disponible en ligne <https://www.iucn.org/content/urbes-cities-and-biodiversity> (accès le 2/11/2016)

Biodiversa URBES Project. 2014. Green Infrastructure, a wealth for cities. Factsheet n°6. 4 pages. Disponible en ligne <https://www.iucn.org/content/urbes-cities-and-biodiversity> (accès le 2/11/2016)

Blicharska M., Andersson J., Bergsten J., Bjelke U., Hilding-Rydevik T. & Johansson F. 2016. Effects of management intensity, function and vegetation on the biodiversity in urban ponds. Urban Forestry and Urban Planning 20: 103-112.

Bunn A.G., Urban D.L. & Keitt T.H. 2000. Landscape connectivity: a conservation application of graph theory, Journal of Environmental Management, 59: 265-278.

Commissariat général au développement durable. 2013. Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels. Commissariat général au développement durable, Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable. Avec la contribution de la Direction de l'eau et de la biodiversité, Centre d'études techniques

de l'équipement. ISBN : 978-2-11-128737-2. Disponible en ligne http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Ref_-_Lignes_directrices.pdf (accès le 2/11/2016)

Deguines N., Julliard R., de Flores M., Fontaine C. 2012. The whereabouts of flower visitors: contrasting land-use preferences revealed by a country-wide survey based on citizen science. *PLoS One* 7:e45822

Deguines N., Julliard R., de Flores M., Fontaine C. 2016. Functional homogenization of flower visitor communities with urbanization. *Ecology and Evolution*, 6, 1967-1976.

Dupont H., Gourmelon F., Rouan M., Le Viol I., Kerbirou C. 2016. The contribution of agent-based simulations to conservation management on a Natura 2000 site. *Journal of Environmental Management* 168: 27-35.

European Environment Agency. 2016. Rivers and Lakes in European cities: past and future challenges. EEA rapport No 26-2016. ISSN 1977-8449, 51 pages.

Foltête J.C., Girardet X. & Clauzel C. 2014. A methodological framework for the use of landscape graphs in land-use planning, *Landscape and Urban Planning*, 124: 140-150.

Galpern P., Manseau M. & Fall A. 2011. Patch-based graphs of landscape connectivity : A guide to construction, analysis and application for conservation, *Biological Conservation*, 144: 44-55.

Hill M.J., Biggs J., Thornhill I., Briers R.A., Gledhill D.G., White J.C., Wood P.J., Hassall C. 2016. Urban ponds as an aquatic biodiversity resource in modified landscapes. *Global Change Biology*, in press.

Houard X., Jaulin S., Dupont P., 2011. Les insectes dans la Trame verte et bleue. *Insectes*, 161, 25-28.
Houard X., Jaulin S., Dupont P., Merlet F., 2012. Définition des listes d'insectes pour la cohérence nationale de la TVB – Odonates, Orthoptères et Rhopalocères. Opie. 29Pp + 71 pp d'annexes.

Mair L., Ruete A. 2016. Explaining Spatial Variation in the Recording Effort of Citizen Science Data across Multiple Taxa. *PLoS ONE* 11(1): e0147796. doi:10.1371/journal.pone.0147796

McKinney M.L. 2002. Urbanization, Biodiversity and Conservation. *BioScience*, 52: 883-890

Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement. 2012. Doctrine relative à la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur le milieu naturel. Version modifiée après examen par le comité de pilotage du 6 mars 2012. Disponible en ligne www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Doctrine_ERC.pdf (accès le 2/11/2016).

Müller N., Ignatieva M., Nilon C.H., Werner P. & Zipperer W. C. 2013. Patterns and trends in urban biodiversity and landscape design. In Elmqvist T., Fragkias M., Goodness J., Marcotullio P.J., McDonald R.I., Parnell S., Schewenius M., Sendstad M., Seto K.C. & Wilkinson C. (eds) *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities. A Global Assessment*. Springer: 123-174.

Opdam P. 2010. Learning science from practice, *Landscape Ecology*, 25: 821-823.

Potts S.G., Biesmeijer J.C., Kremen C., Neumann P., Schweiger O., Kunin W.E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25, 345–353.

Sordello R., Comolet-Tirman J., De Massary J.-C., Dupont P., Haffner P., Rogeon G., Siblet J.-P., Touroult J., Trouvilliez J. 2011. Trame verte et bleue – Critères nationaux de cohérence – Contribution à la définition du critère sur les espèces. Rapport MNHN-SNP. 57 pages.

Tallis, H., Rickets, T., Guerry, A., Wood, S., Sharp, R., Nelson, E., Ennaanay, D., Wolny, S., Olwero, E., Vigerstol, K., Pennington, D., Mendoza, G., Aukema, J., Foster, J., Forrest, J., Cameron, D., Arkema, K., Lons, E., Kennedy, C., Verutes, G., Kim, C.K., Guannel, G., Papenfus, M., Toft, J., Marsik, M., Bernhardt, J., Griffin, R. 2014. InVEST 3.0.1 User's Guide: Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs.

Theodorou P., Albig K., Radzevičiūtė R., Settele J., Schweiger O., Murray T.E., Paxton R.J. 2016. The structure of flower visitor networks in relation to pollination across an agricultural to urban gradient. *Functional Ecology*. Doi: 10.1111/1365-2435.12803

Töpfer K., Wolfensohn J.D., Lasch J. 2000. People and Ecosystems: The fraying web of life. The World Resource Institute. Elsevier Science Ltd, UK.

UICN France. 2013. Panorama des services écologiques fournis par les milieux naturels en France - volume 2.3 : les écosystèmes urbains. Paris, France. 20 pages. Disponible en ligne <http://uicn-france.fr/publications/> (accès le 2/11/2016).

Urban D. & Keitt T. 2001. Landscape connectivity: a graph-theoretic perspective, *Ecology*, 82: 1205–1218.

Vonoi A. & Bousquet F. 2010. Modelling with stakeholders, *Environmental Modelling and Software*, 25: 1268-1281.

Watson R.T, Dixon J.A., Hamburg S.P., Janetos A.C., Moss R.H. 1998. Protection our Planet, Securing our future. Linkages among global environmental issues and human needs. United Nations Environment Programme. U.S. National Aeronautics and Space Administration. The World Bank.

Annexe 1. Les dix messages clés du Cities and Biodiversity Outlook (traduit d'après <http://www.cbobook.org>)

1. L'urbanisation est à la fois un challenge et une opportunité pour gérer les services écosystémiques. Les régions urbaines doivent prendre de plus en plus leurs responsabilités pour inciter à la mise en place de solutions qui prennent en compte leurs connexions profondes avec et leurs impacts sur le reste de la planète.
2. Une biodiversité riche peut exister dans les villes. A l'aide d'une planification et d'une gestion appropriées, les villes peuvent maintenir des composantes non négligeables de leur biodiversité native.
3. La biodiversité et les services écosystémiques représentent un capital naturel crucial. Quantifier la valeur des services écosystémiques, à la fois en termes monétaires et non monétaires et/ou leur attacher des valeurs qualitatives sont des outils importants pour inclure des considérations écologiques dans la gestion des villes.
4. Le maintien d'écosystèmes urbains fonctionnels peut accroître significativement la santé et le bien-être humain. Avec une planification et des ressources adaptées, des bénéfices mutuels pour la santé humaine et celle de l'environnement peuvent être atteints et plusieurs préoccupations concernant la santé humaine peuvent être abordées.
5. Les services écosystémiques et la biodiversité urbains peuvent contribuer à la mitigation des effets du changement climatique et à la l'adaptation à ces effets. Les espaces verts urbains, allant des parcs et terrains agricoles aux pelouses des résidences et aux toitures végétales, peuvent contribuer à l'atténuation des effets du changement climatique.
6. L'accroissement de la biodiversité dans les systèmes agro-alimentaires urbains peut accroître la sécurité alimentaire. Accroître la biodiversité dans nos systèmes agro-alimentaires est une clé au maintien de ces systèmes et des services écosystémiques desquels ils dépendent, et à l'amélioration de la sécurité alimentaire à l'échelle globale.
7. Les services écosystémiques doivent être intégrés dans les politiques et la planification urbaines. La planification urbaine et environnementale offre des opportunités et des mécanismes juridiques formels pour la conservation de la biodiversité dans la conception, les codes de la construction, les zonages, les choix stratégiques ou l'application de la gestion urbaine.
8. La gestion de la biodiversité et des services écosystémiques doit être basée sur une implication à plusieurs échelles de multiples acteurs et secteurs. Les villes ont un rôle important à jouer dans la gouvernance environnementale, basée non seulement sur le paysage urbain, mais aussi sur des écosystèmes plus éloignés mais affectés par l'urbanisation.
9. Les villes offrent des opportunités uniques pour l'apprentissage et l'éducation à un développement durable. Les villes sont des zones tests de notre capacité à vivre ensemble et à créer des environnements socialement équitables, durables, productifs, participatifs et stimulants.
10. Les villes ont un important potentiel pour générer des outils d'innovation et de gouvernance et peuvent – et doivent – par conséquent être les moteurs du développement durable. Encourager la créativité, l'innovation, et l'apprentissage est essentiel pour faire face au challenge mondial de préserver la biodiversité face à une urbanisation sans précédent.

Annexe 2. Outils mobilisables dans le cadre de l'axe de travail 3.2.

• MARXAN

Ce logiciel est développé à l'origine pour la construction des réseaux d'aires protégées (sélection de sites prioritaires pour la conservation). Il permet d'aider à choisir l'emplacement des aires protégées dans un réseau spatial à partir d'un objectif de conservation défini et d'une fonction de coût qui est à minimiser.

Son utilisation nécessite de structurer la zone à conserver en une grille d'unités de planification, qui peuvent être de formes variées, généralement carrées ou hexagonales. Le fonctionnement du logiciel repose sur un algorithme qui résout une fonction d'objectif, décrivant la cible de conservation et les

coûts associés à chaque unité de l'espace à conserver. L'objectif est de minimiser cette fonction, afin de sélectionner les unités de planification répondant le mieux à la contrainte de conservation tout en minimisant les coûts engendrés par le réseau. Ces coûts sont renseignés par unité de planification, et peuvent être des coûts d'acquisition, de gestion de la réserve, ou encore des coûts d'opportunité. Premièrement, il faut fixer des objectifs de conservation et une valeur de pénalité (de combien le coût est-il accru pour ne pas avoir atteint les objectifs de conservation).

Marxan est d'un fonctionnement simple, les principaux apports de l'utilisateur sont les fichiers de données entrants sous format texte, comportant :

- Fichier 1 «Hab» : la description de la cible de conservation, c'est à dire la liste des biotopes et communautés à conserver et la surface correspondante à inclure dans le design pour satisfaire les objectifs de conservation.
- Fichier 2 «PU» : la description des unités de planification structurant la surface à conserver, c'est-à-dire la liste de ces unités de planification et le coût de chaque unité.
- Fichier 3 « PUvsHab » : le lien entre les unités de planification et cette cible, c'est-à-dire la surface des biotopes et communautés comprises dans chaque unité.

Utilisable avec QGIS : extension CLUSE

Service écosystémique/ Fonction	Description	Données	Résultats
Contrôle des inondations	Zones importantes pour maintenir un régime d'inondation naturelle et de réduire le risque d'inondation extrêmes	% de couverture naturelle du sol Distance à la plaine inondable	Carte de la répartition spatiale des aires prioritaires selon les scénarios (cibles) choisis
Rétention du sol	Capacité de la couverture de végétation à conserver les sols pour prévenir l'érosion	Couverture de végétation et potentiel d'érosion du sol	Hotspot de biodiversité
Accumulation du sol	Accumulation de MO est un processus important de la formation des sols et peut être négativement affecté par la dégradation des habitats et leurs transformations	Profondeur du sol Accumulation de litière	Carte du nombre de SE
Tourisme		Distance de la zone de conservation à une ville Proximité aux grands axes routiers Propriétés publiques	
Biodiversité	Répartition et viabilité des espèces	Occurrence pour les espèces en danger Occurrence pour les espèces vulnérables Représentativité des	

		habitats Espèces clés Réplication des habitats et des espèces clés Aires distinctes Rareté des espèces Connectivité des réserves Fragmentation des réserves Carte des habitats Carte de distribution des espèces	
--	--	---	--

Limite :

Obligation de fixer des objectifs concrets. Marxan permet de trouver des solutions spatiales répondant à plusieurs objectifs (cibles ou scénarios) tout en minimisant les coûts alors que Zonation ne nécessite pas de désignation de cibles. Zonation peut intégrer des données de connectivité entre habitats.

- **INVEST**

Cet outil est développé par Natural Capital Project. Plus novateur, il permet d'identifier les habitats les plus soumis aux pressions d'origine anthropique et d'évaluer leurs vulnérabilités à fournir des SE sous l'effet de changement d'affectation des terres par exemple. Il permet de produire des scénarios possibles pour des évaluations politiques ou d'aménagement. Il fonctionne sur la base de modèles prédéfinis pour lesquels il est seulement nécessaire de rentrer des tableaux de données correctement formatés.

Utilisable avec QGIS

Service écosystémique/ Fonction	Description	Données	Résultats
Loisir et tourisme	Prévoir les déplacements des personnes en fonction de l'emplacement des habitats naturels, de l'accessibilité et les infrastructures (basé sur une application)	Lieux d'intérêt Année de début et de fin	Carte d'utilisation récréative actuelle et éventuellement d'utilisation future selon une application web
Qualité de l'habitat	Le modèle combine des données LULC et les menaces à la biodiversité	Carte actuelle LULC Carte future LULC (option) Table des menaces (agriculture, urbanisation, ...) Table de la source des menaces Accès à la source de dégradation (option)	Carte de qualité de l'habitat : étendue relative et dégradation des différents types d'habitats
Qualité de l'eau (marine)	Le modèle de qualité de l'eau marine consiste en un transport physique et des processus biogéochimiques pour simuler la dispersion des	Lieux Taille de la grille (densité de polluants) Coefficient de décomposition et de dispersion Table de concentration en organismes	Carte de répartition des organismes

	variables d'état de la qualité de l'eau (par exemple, les contaminants) en réponse aux changements dans la structure de l'écosystème. Ainsi, ce modèle évalue comment la gestion et les activités humaines influencent la qualité de l'eau dans les écosystèmes côtiers et estuariens.		
--	--	--	--

Limite : boîte noire pour certaines fonctions. Sensible aux différentes classes de LULC

- ARIES

Langage compliqué, modèle bayésien. Pas encore assez développé pour être accessible.