APR ITTECOP 2012

Territoires, Environnement
Télédétection et Information Spatiale

Rapport de recherche

IMPACT

ITT et **M**odélisation **P**aysagère pour l'**A**ppréciation Dynamique des Impa**C**ts sur le **T**erritoire

UMR TETIS

Maison de la télédétection,
Montpellier

Version finale

18 Mai 2015

Sommaire

RESUME 5

INTRODUCTION 7

CONTEXTE ET ENJEUX 9

De nouveaux besoins en connaissances 9

Des déficits en méthodes et connaissances 10

Biodiversité et processus décisionnel 11

LE PROJET IMPACT 13

Conception 13
Le projet d'ITT comme facteur perturbant des dynamiques territoriales 13
Les Costières de Nîmes, support du projet IMPACT 14
Caractère partenarial du projet 16

Objectifs 17

Démarche et organisation du projet 17

LES ACTIVITES DU PROJET 19

Ambition du projet : 19

Réalisations par module et vue d'ensemble des travaux. 19
Modules 1 et 2 : Modélisation et règles d'évolution. 19
Modules 3 et 4 : Dynamiques paysagères et écologiques 21
Module 5 : Services écosystémiques et ITT 24
Modules 6 : Processus décisionnel 27

LES RESULTATS OBTENUS : 29

Modules 1 et 2 : les caractéristiques du territoire et les principales règles d'évolution : 29
Les dynamiques territoriales 29
Impacts attendus des ITT 34
Dynamiques territoriales et règles d'évolution : 36
Impact de l'ITT sur les populations d'outardes : 39

Modules 3 et 4 : Modèle de dynamiques paysagères 39

Module 5 : Modélisation et services écosystémiques 45

Module 6 : Prise de décision 48
Les procédures réglementaires 48
Spécificité de la prise de décision dans le cadre du projet du contournement ferroviaire de Nîmes-Montpellier, ... 48

ENSEIGNEMENTS ET PERSPECTIVES 51

Analyse critique de la démarche et des outils proposés 51

Quelques enseignements génériques sur la mise en œuvre des projets d'ITT 53
L'étude d'impact, ... 53
La gestion des projets : 54

ANNEXES 57

Annexe 1 : Bibliographie 59

Annexe 2 : Listes des tableaux, graphes, cartes et figures... 71

Annexe 3 : Listes des encadrés. 73

Annexe 4 : Liste des sigles, acronymes et abréviations 75

Annexe 5 : Projet IMPACT initial. 77

RESUME

L'aménagement d'une Infrastructure de Transport Terrestre (ITT) génère des modifications et des perturbations importantes sur toutes les composantes naturelles et humaines du territoire d'insertion.

La prise en compte des impacts dans la mise en œuvre des projets d'aménagement est difficile. Il existe une forte demande en termes de méthodes et d'outils de la part de l'ensemble des acteurs impliqués dans ces projets (maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, collectivités territoriales, bureaux d'études, services instructeurs, naturalistes) pour prévoir et qualifier ces impacts.

Le projet IMPACT a pour objectif général de développer des méthodes et des outils opérationnels d'appréciation des impacts des projets d'ITT afin d'améliorer la prise de décision environnementale.

Pour mesurer ces impacts, un projet d'ITT a été considéré comme un facteur de modification du territoire qui va perturber les dynamiques existantes. Du point de vue méthodologique, cette orientation a structuré le projet IMPACT. Il s'agissait de caractériser les dynamiques territoriales, d'en déterminer des règles d'évolution et de simuler à partir de ces règles les évolutions avec et sans ITT.

Le projet IMPACT s'est appuyé sur une réalité, celle du contournement de Nîmes et Montpellier (Ligne à Grande vitesse) dans le territoire des Costières de Nîmes. Le territoire des Costières de Nîmes s'étend au Sud-Est de Nîmes, dans le département du Gard (Languedoc-Roussillon, France).

Une autre caractéristique d'IMPACT a été la dimension partenariale. Depuis sa conception jusque dans son déroulé, le projet s'est appuyé sur des collaborations avec les collectivités locales, les services de l'État, les gestionnaires d'espaces, les associations naturalistes, la chambre d'agriculture, l'agence d'urbanisme et de développement régional, les bureaux d'études, le maître d'ouvrage.

Le projet était organisé en 6 modules. Le premier module "fouille de données" voulait tester l'utilisation de méthodes d'extraction automatique pour identifier les dynamiques territoriales, en distinguant les évolutions dues aux impacts des ITT. Le second module voulait développer un modèle de dynamiques paysagères capable de décrire les principaux processus (territoriaux, écologiques) en cours et d'identifier des règles d'évolution permettant au troisième module de simuler des évolutions futures en fonction de scénarios, y compris ceux concernant la mise en œuvre d'une infrastructure de transport. Le quatrième module voulait développer un outil générique, opérationnel et généralisable capable de produire des simulations et des analyses prospectives pour l'évaluation des impacts des ITT sur un territoire. Le module 5 "systèmes écosystémiques" explorait l'intérêt de recourir aux services écosystémiques pour prendre en compte la "biodiversité ordinaire". Le module 6 "processus décisionnel" étudiait le cycle de décision d'un projet ITT pour identifier par quels décideurs, à quels moments du cycle et de quelle manière l'information pouvait être mobilisée pour améliorer la prise en compte de la biodiversité dans la prise de décision.

Le projet IMPACT a souffert d'un certain nombre de difficultés. La mobilisation des données, en définitive assez rares, a été difficile. La mobilisation des partenaires a été en deçà des nécessités du projet qui exigeait de très nombreux moments de concertation mais aussi de validation.

Le projet a développé des méthodes et des outils. Le couplage modélisation et simulation a produit des informations pertinentes et utilisables sur les évolutions prévisibles des territoires.

Les résultats sont détaillés module par module dans le corps du texte. Ils nous semblent valider les choix qui avaient orienté la conception d'impacts, à savoir :

- Choix de la modélisation territoriale pour traiter les données permettant la production d'une information pertinente,
- Choix d'une démarche partenariale car l'utilisation de l'information dépend de son appropriation par les acteurs. Ce sont aussi ces acteurs qui opérationnaliseront, au quotidien, les méthodes testés dans IMPACT en les transformant en outils efficaces.

Le projet a mis aussi en évidence la faiblesse des connaissances sur la « biodiversité ordinaire » et les difficultés d'accès et de partage de ces connaissances. Ainsi, dans le cas du projet CNM, la prise en compte de la biodiversité s'est limitée à la gestion d'une espèce remarquable, protégée l'outarde.

La continuité passe bien sûr par des actions de consolidation méthodologique qui sont du champ de la recherche. Pour chacun des modules, des propositions d'améliorations méthodologiques et des perspectives de recherche ont été proposées. Mais de manière peut être plus fondamentale, les questions de processus réglementaires (prise en compte de la biodiversité dans les phases de concertation en amont de projet avant les décisions irrévocables), d'intégration pour obtenir des outils opérationnels (répondant aux besoins des partenaires) et de dialogue partenarial (amélioration des phases de concertation et socialisation des enjeux dans des processus de "pédagogie citoyenne"....) sont centrales.

Ces questions ne peuvent être abordées que partiellement dans le cadre d'un projet de recherche. Elles posent des questions d'organisation des relations entre les services de l'Etat et les acteurs privés, bureaux d'études, en charge de la production de connaissances et de l'information.

INTRODUCTION

L'aménagement d'une Infrastructure de Transport Terrestre (ITT) génère des modifications et des perturbations importantes sur toutes les composantes naturelles et humaines du territoire d'insertion. Parmi les effets induits les plus significatifs, ceux sur la diversité biologique sont aujourd'hui considérés comme majeurs.

La prise en compte des impacts dans la mise en œuvre des projets d'aménagement, dans toutes leurs phases, de la conception à leur mise en service, est difficile. Il existe une forte demande en termes de méthodes et d'outils de la part de l'ensemble des acteurs impliqués dans ces projets (maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, collectivités territoriales, bureaux d'études, services instructeurs, naturalistes) pour prévoir et qualifier ces impacts.

Retenu à l'Appel à Proposition de Recherche ITTECOP 2012 du MEDDE (Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie), le projet IMPACT veut contribuer aux réponses à donner à cette demande.

Le projet a pour objectif général de développer des méthodes et des outils opérationnels d'appréciation des impacts des projets d'ITT afin d'améliorer la prise de décision environnementale.

Le projet se décompose en 6 modules.

- Les premier et deuxième modules partagent le même objectif de produire un corpus de règles d'évolution du territoire en distinguant les évolutions dues aux impacts des ITT. Le premier module se distingue par la mise en œuvre d'une méthode exploratoire basée sur la "fouille de données". Le deuxième module utilise une méthode d'analyse plus classique.
- Le troisième module vise à développer un modèle de dynamiques paysagères capable de décrire les principaux processus (territoriaux, écologiques) en cours et permettant de simuler des évolutions futures en fonction de scénarios à établir en cours de projet, y compris ceux concernant la mise en œuvre d'une infrastructure de transport dans le paysage.
- Le quatrième module porte sur le développement d'un outil générique, opérationnel et généralisable capable de produire des simulations et des analyses prospectives pour l'évaluation des impacts des ITT sur un territoire.
- Le cinquième module intitulé "systèmes écosystémiques" explore l'intérêt de recourir aux services écosystémiques pour prendre en compte la "biodiversité ordinaire".
- Le sixième module,"processus décisionnel", étudie le cycle de décision d'un projet ITT pour identifier quels décideurs, à quels moments du cycle et de quelle manière l'information peut être mobilisée pour améliorer la prise en compte de la biodiversité dans la prise de décision.

Le projet IMPACT est un projet de recherche ambitieux, mobilisant des concepts novateurs. Partie des activités doivent être considérées comme exploratoires.

Pour rendre compte des travaux réalisés, ce rapport est organisé en cinq parties.

- La première rappelle le contexte et les enjeux.
- La seconde est consacrée à la conception du projet, ses objectifs, sa démarche et son organisation.
- La troisième décrit les méthodes utilisées.
- La quatrième présente les résultats obtenus.
- La cinquième dresse les enseignements et les perspectives pouvant être tirés du déroulement du projet.

CONTEXTE ET ENJEUX

De nouveaux besoins en connaissances

L'aménagement de grands projets structurants comme les Infrastructures de Transport Terrestre (ITT) génère des modifications et des perturbations importantes de l'espace notamment sur la diversité biologique et les fonctionnalités écologiques du paysage.

Le renforcement de la réglementation en faveur de la biodiversité (loi grenelle 2, TVB...) impose une meilleure prise en compte des impacts des ITT sur la biodiversité.

Pour mettre en conformité le droit français avec le droit européen sur l'évaluation des incidences des projets publics et privés sur l'environnement (Directive 85/337/CEE1), la « Loi Grenelle 2 »[2] procède à une redéfinition de l'étude d'impact, son champ d'application est étendu et son contenu est enrichi [3].

Seront soumis à une étude d'impact, « *les projets de travaux, d'ouvrages, ou d'aménagement publics et privés qui par leur nature, leurs dimensions ou leur localisation sont susceptibles d'avoir des incidences notables sur l'environnement ou la santé humaine* ». L'aspect spatial et les échelles sont mis en avant. La loi précise que lorsque ces projets concourent à la réalisation d'un même programme de travaux, d'aménagements ou d'ouvrages, et lorsque ces projets sont réalisés de manière simultanée, l'étude d'impact doit porter sur l'ensemble du programme (CERTU, 2010)[4]. La loi ajoute la nécessité de prendre en compte, non seulement les effets du projet, mais également l'accumulation de ces effets avec d'autres projets connus. Est également ajoutée l'obligation de présenter, au sein de l'étude d'impact, les modalités de

---

[1] Directive n° 85/337/CEE dite « Directive EIE » (pour « Evaluation des Incidences sur l'Environnement ») du Conseil, du 27 juin 1985 [Actes modificatifs : Directive 97/11/CE du 03.04.1997 et Directive 2003/35/CE du 25.06.2003]. Synthèse : La directive EIE conditionne l'autorisation de certains projets ayant une influence physique sur l'environnement à une évaluation par l'autorité nationale compétente. Cette évaluation doit déterminer les effets directs et indirects de ces projets sur les éléments suivants: l'homme, la faune, la flore, le sol, l'eau, l'air, le climat, le paysage, les biens matériels et le patrimoine culturel, ainsi que l'interaction entre ces différents éléments.

[2] Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite « Loi Grenelle 2 », art. 230 et s.

[3] Aux termes du nouvel article L. 122-3 du Code de l'environnement, l'étude d'impact doit comprendre « au minimum, une description du projet, une analyse de l'état initial de la zone susceptible d'être affectée et de son environnement, l'étude des effets du projet sur l'environnement ou la santé humaine, y compris les effets cumulés avec d'autres projets connus, les mesures proportionnées envisagées pour éviter, réduire et, lorsque c'est possible, compenser les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine ainsi qu'une présentation des principales modalités de suivi de ces mesures et du suivi de leurs effets sur l'environnement ou la santé humaine ».

[4] CERTU (2010), La rationalisation du régime des études d'impact et la transposition définitive de la directive européenne de 1985 - Fiches décryptage du Grenelle 2, fiche « Gouvernance » N°1.

suivi des mesures prises et du suivi de leurs effets sur l'environnement et la santé humaine (TESSIER et PELE, 2011)[5].

La réforme précise aussi que l'étude d'impact devra également exposer « *une esquisse des principales solutions de substitution qui ont été examinées par le maître d'ouvrage et une indication des principales raisons de son choix, eu égard aux effets sur l'environnement ou la santé humaine* ». C'est un ajout primordial, par lequel est transposé directement l'article 5 de la directive EIE du 27 juin 1985 et aux termes duquel le pétitionnaire ou maître d'ouvrage devra établir les raisons de son choix (TESSIER et PELE, 2011).

Autre élément fort de la réforme, la nécessité de prendre en compte la sensibilité particulière du milieu : le contenu de l'étude d'impact devra être « *proportionné à la sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet, à l'importance et la nature des travaux, ouvrages et aménagements projetés et à leurs incidences prévisibles sur l'environnement ou la santé humaine* ».

La Trame Verte et Bleue (TVB) modifie la perception de la biodiversité dans les projets d'aménagement, en particulier pour ceux très fragmentant comme les ITT. C'est l'ensemble de la biodiversité, dite ordinaire qui doit être prise en compte et non plus seulement les espèces remarquables et les espaces protégés soumis à réglementation spécifique.

Cette évolution conduit à une vision systémique et territoriale des impacts d'une infrastructure et nécessite des adaptations dans les volumes de connaissances et d'expertises naturalistes et donc dans la compréhension globale et multi-échelle (spatiale et temporelle) des dynamiques écologiques du territoire impacté.

Des déficits en méthodes et connaissances

La nature des études d'impacts, principal vecteur de production de connaissances, s'en trouve profondément modifiée. Elles tendent à orienter, voire encadrer la conception et la réalisation des projets d'aménagement dans un cadre de plus en plus strict en accord avec les concepts du développement durable. Les règlements concernant les études d'impacts ont d'ailleurs été modifiés. La réforme s'inscrit dans le cadre de la révision de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité.

Rappelons que l'étude d'impact est une étude technique qui vise à apprécier les conséquences de toutes natures, environnementales sociales et culturelles, pour limiter, atténuer ou compenser les impacts négatifs d'un projet.

Dans la perspective du triptyque « Éviter, Réduire, Compenser », l'étude doit d'abord proposer des solutions d'évitement. Ce sont donc des mesures conservatoires. Si le projet ne peut pas « éviter », l'étude d'impact a pour but de proposer des mesures compensatoires « réglementaires ». Exceptionnellement, des mesures compensatoires financières peuvent être proposées.

L'étude d'impact comporte les éléments suivants : i) une description du projet » ; ii) une analyse de l'état initial de la zone susceptible d'être affectée et de son environnement ; iii) l'étude des effets du projet sur l'environnement ou la santé humaine, y compris les effets cumulés avec d'autres projets connus » ; iv) les mesures proportionnées envisagées pour éviter, réduire et, lorsque c'est possible, compenser les effets négatifs notables du projet sur

[5] TESSIER V., PELE M.-C. (2011), L'étude d'impact version « Grenelle 2 », La Gazette du 28 mars 2011, pp 46-49.

l'environnement ou la santé humaine, v) une présentation des principales modalités de suivi de ces mesures et du suivi de leurs effets sur l'environnement ou la santé humaine ; vi) l'esquisse des principales solutions de substitution.

Pour les infrastructures de transport, l'étude « *comprend une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits pour la collectivité ainsi qu'une évaluation des consommations énergétiques résultant de l'exploitation du projet, notamment du fait des déplacements qu'elle entraîne ou permet d'éviter* ».

Les études destinées à évaluer les impacts écologiques d'une infrastructure restent incomplètes. Les impacts ne sont constatés que plusieurs années après l'insertion de l'ITT dans le territoire avec l'observation d'effets induits, souvent pas ou mal évalués lors de l'étude d'impact du projet.

En effet, l'outil "Etude d'impact" présente des lacunes importantes. Elle n'est souvent comprise que comme une contrainte : le maître d'ouvrage y voit un « surcoût », parfois disproportionné, tandis que pour les services en charge de l'environnement la protection paraîtra incertaine ou insuffisante (TOURJANSKY-CABART et GALTIER, 2006)[6].

Les études d'impacts rendent difficilement compte des impacts d'une ITT. L'hétérogénéité et parfois la pertinence scientifique des méthodes mises en œuvre dans les études et expertises en amont des projets (diagnostic territorial, état de référence de l'environnement) ne permettent que de manière incomplète la réalisation d'un état des lieux satisfaisant de la diversité biologique d'un territoire, en particulier des interactions entre facteurs abiotiques, biotiques et anthropiques.

Les études d'impacts et par conséquent une meilleure intégration de la biodiversité dans les projets d'aménagement souffrent de carences méthodologiques et techniques. L'analyse écologique fine d'un territoire (dynamiques des territoires, sensibilité environnementale, éco-potentialité, hiérarchisation écologique des enjeux, etc.), les impacts et les effets cumulés des aménagements (caractérisation, spatialisation, etc.), la question des échelles (spatiale et temporelle), la problématique des mesures compensatoires (définition, mise en œuvre, suivi, etc.), les outils de suivi des territoires impactés par des projets, etc. sont autant d'objets d'amélioration. L'objectif de cette recherche est de répondre aux demandes de méthodes et d'outils intégrables dans le processus décisionnel de l'aménagement du territoire (aide à la connaissance, à l'expertise, à la représentation, à la concertation, à la décision, au suivi des territoires). Notons, qu'aujourd'hui aucun outil ne permet d'évaluer l'impact d'effets cumulés.

Biodiversité et processus décisionnel

Une prise en compte améliorée de la biodiversité dans les projets d'ITT, plus objective et efficace, ne peut être envisagée qu'au prix d'une évolution qualitative et quantitative de l'analyse écologique et paysagère des territoires.

Dans ce contexte, l'aide à la décision environnementale pour un aménagement raisonné se complexifie. De par le volume important de données à prendre en compte, la décision, qu'elle soit politique ou technique, doit être aidée par la mise à disposition d'outils d'objectivation, de synthèse, de hiérarchisation et de vulgarisation des enjeux écologiques.

---

[6] TOURJANSKY-CABART L., GALTIER B. (2006), La biodiversité dans les projets d'aménagement - Evaluation environnementale et socioéconomique, Les Annales des Mines - Responsabilité et environnement N°44, pp 57-63.

Pour être pleinement efficaces, ces outils doivent répondre aux attentes spécifiques des différents niveaux de décision et s'insérer dans un processus qui débute, dans le cas d'une ITT, de l'idée de relier deux points du territoire entre eux à la réalisation de l'ITT. En simplifiant, deux grandes phases peuvent être distinguées : i) la phase où l'ITT est projetée avec les étapes permettant de concevoir une infrastructure et de proposer un tracé sur le territoire ; ii) la phase de réalisation qui correspond à l'ensemble des travaux destinés à insérer l'ITT dans le territoire.

LE PROJET IMPACT

Conception

Le projet d'ITT comme facteur perturbant des dynamiques territoriales

Le projet IMPACT se proposait de développer des méthodes pour qualifier les impacts sur un territoire, impacts générés par un grand projet d'aménagement tel qu'une ITT ferroviaire. Pour mesurer ces impacts un projet d'ITT a été considéré comme un facteur de modification du territoire qui va perturber les dynamiques existantes. A un instant Ti (figure 1), les premiers effets du projet d'ITT vont être observés ce qui entrainera des évolutions du territoire et de l'enjeu écologique, différentes de celles qui se seraient produites sans ITT.

Ces évolutions peuvent apparaître dès l'annonce du projet d'ITT (Ta) ou, suivant un temps de latence à définir (Ti-Ta), plusieurs années avant les premiers travaux sur le terrain (ex. : spéculation foncière et changement des pratiques agricoles entrainant l'enfrichement des parcelles sur la future zone d'insertion de l'ITT).

Sur les Costières nîmoises, au niveau de la ZPS (Zone de Protection Spéciale) où doit s'insérer le LGV entre Nîmes et Montpellier, ce phénomène a été observé. Sur ce territoire où les espaces sont essentiellement agricoles (viticulture AOC, arboriculture et maraîchage), très rapidement après l'annonce de la LGV des abandons d'activités agricoles et des mises en friche ont été identifiés. Les friches ont été particulièrement favorables à l'accueil d'un oiseau rare, protégé, l'outarde canepetière (Tetrax tetrax) qui apprécie les mosaïques paysagères avec friches. Une augmentation significative de la population d'outarde a été constatée.

Par ailleurs, la mise en œuvre effective de l'ITT et les premiers travaux d'aménagement sont immédiatement impactant (installation du chantier, décapage du sol, etc.). L'enjeu est bien de caractériser les impacts, a priori, en séparant ce qui est dû à des évolutions liées i) aux dynamiques territoriales existantes avant l'ITT et ii) aux impacts directs et indirects de l'ITT.

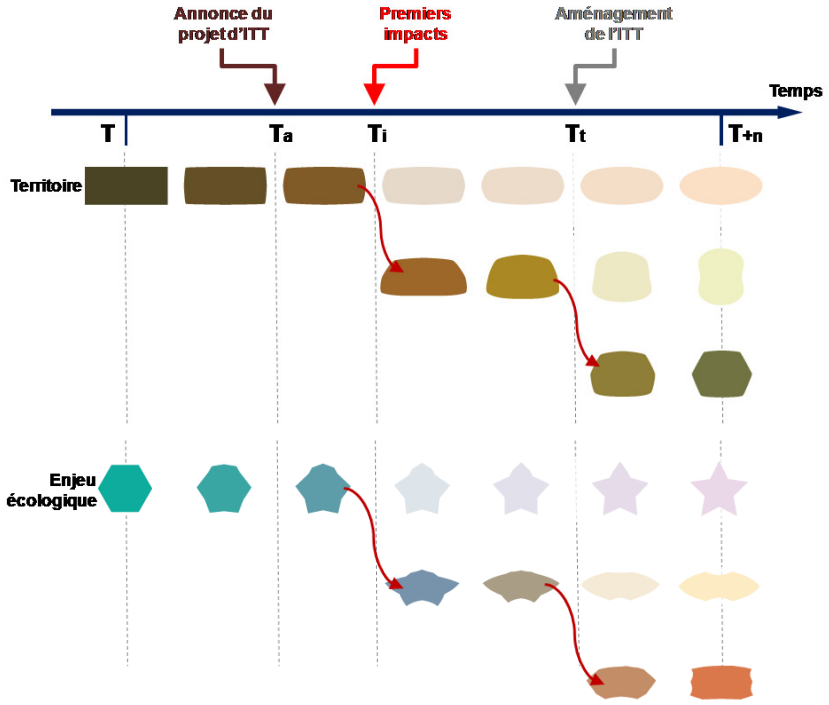


Figure 1 : Perturbation introduite par l'ITT et « déviation » des évolutions du territoire et de l'enjeu écologique.

Les Costières de Nîmes, support du projet IMPACT

Nous avons déjà fait référence au territoire des Costières. Le choix du projet d'ITT support à IMPACT s'est porté sur le contournement de Nîmes et Montpellier (Ligne à Grande vitesse) et plus particulièrement sur le territoire des Costières de Nîmes.

Le territoire des Costières de Nîmes s'étend au Sud-Est de Nîmes, dans le département du Gard (Languedoc-Roussillon, France). Le territoire s'étend sur 25 000 hectares et regroupe 24 communes (Aubord, Beaucaire, Beauvoisin, Bellegarde, Bernis, Bezouce, Bouillargues, (Le) Cailar, Caissargues, Garons, Générac, Jonquières-Saint-Vincent, Lédenon, Manduel, Meynes, Milhaud, Nîmes, Redessen, Rodilhan, Saint-Gilles, Sernhac, Uchaud, Vauvert et Vestric-et-Candiac (figure n°2).

Figure 2 : Territoire des Costières de Nîmes (source : vins du Languedoc-Roussillon).

Le choix de ce territoire se justifiait pour trois raisons principales :

- Les dynamiques territoriales représentatives des enjeux du littoral méditerranéen (héliotropisme, développement urbain de résidences de loisir, artificialisation des terres agricoles, développement des activités de loisir) en liaison avec la préservation de la biodiversité.
- La concentration en infrastructures et axes de transports nationaux et internationaux (A9, RN113, voies ferrées), dans un couloir de circulation vers l'Espagne, entre la vallée du Rhône et le Languedoc- Roussillon (RFF, AUDRNA, 2007).
- Un enjeu écologique fort avec la présence d'oiseaux rares qui a abouti en 2006 au classement du secteur en Zone de Protection Spéciale (ZPS). La ZPS couvre 13 500 ha en 6 îlots sur 27 communes.

Encadré n° 1

Le projet du Contournement ferroviaire de Nîmes-Montpellier (CNM)

Le projet du Contournement ferroviaire de Nîmes-Montpellier (CNM) s'inscrit dans le prolongement de la branche Ouest de la Ligne à Grande Vitesse (LGV) Méditerranée, ouverte à l'été 2001. Cette LGV s'est d'abord intégrée dans la stratégie ferroviaire associée au TGV (Train à Grande Vitesse) Méditerranée puis à celle de la LGV Sud Européenne.

En 1989 le gouvernement demande à la SNCF (Société Nationale des Chemins de fer Français) de lancer les premières études. En 1995, le projet est abandonné pour des raisons budgétaires avant d'être relancé en 2000 comme Projet d'Intérêt Général (PIG). Il est déclaré d'Utilité Publique (DUP) le 16 mai 2005 afin de décongestionner la ligne ferroviaire actuelle reliant Nîmes à Montpellier, saturée par la montée du trafic ferroviaire, notamment par rapport à l'Espagne (prévisions de lignes à grande vitesse Montpellier-Perpignan puis Perpignan-Figueras-Espagne).

La ligne sera mixte, fret et voyageurs. La réalisation a été attribuée à Bouygues par RFF (Réseau Ferré de France) en janvier 2012, date de signature d'un contrat de 1,83 milliard d'euros (IMPACT, 2012). La mise en service est envisagée pour 2017. Oc'Via est la société signataire du PPP (Partenariat Public Privé), le 28 juin 2012. Elle regroupe les actionnaires et financiers du projet du Contournement de Nîmes et de Montpellier suite à l'appel d'offre de RFF. C'est elle qui va concevoir et construire la ligne en 5 ans, qui va assurer le fonctionnement, l'entretien et la maintenance jusqu'en 2037 et financer les coûts d'investissement de la ligne. (OCVIA).

Le projet prévoit la création de deux nouvelles gares TGV, à Montpellier Odysseum et Nîmes Manduel - Redessan (Figure n°3). La nouvelle ligne aura une longueur de 80 km, dont 60 où les trains pourront circuler jusqu'à 350 km/h, et mettra Montpellier à 3 heures de Paris au lieu de 3 h 20 aujourd'hui.

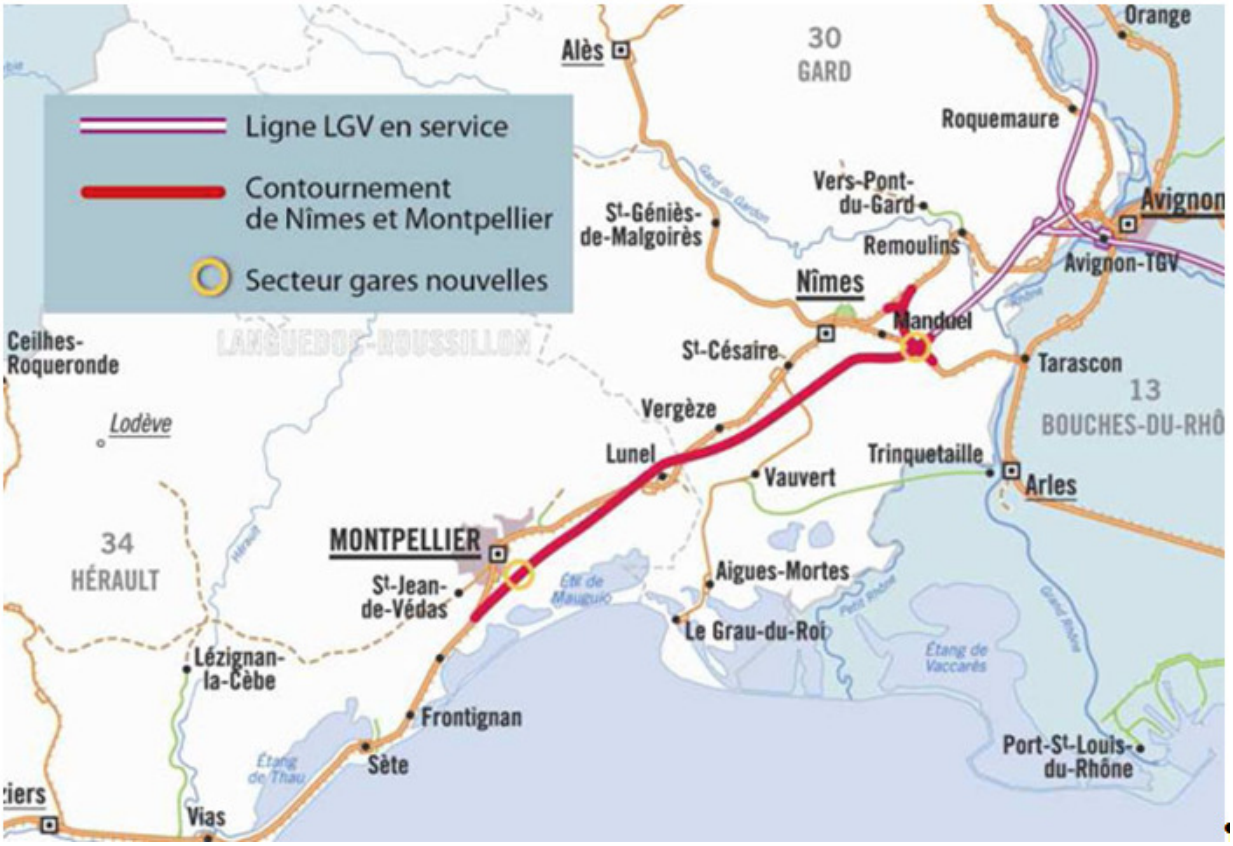


Figure 3 : Tracé de la future LGV du CNM, et emplacement des futures gares (source : RFF, 2011).

Caractère partenarial du projet

Dans sa conception comme dans son déroulé, le projet s'est appuyé sur des collaborations avec des partenaires techniques extérieurs afin d'une part d'ancrer le projet dans une démarche partenariale et opérationnelle et d'autre part de bénéficier de connaissances et d'expertises de terrain ciblées sur les grands thèmes du projet.

Le projet a compté avec la collaboration des collectivités locales, services de l'État, gestionnaires d'espaces, associations naturalistes, chambre d'agriculture, agence d'urbanisme et de développement régional, bureau d'études, maître d'ouvrage.

Ces travaux collaboratifs ont été réalisés soit directement entre un partenaire et l'équipe scientifique d'un module d'IMPACT avec des modalités variables (réunion au laboratoire, rencontres extérieures, etc.) soit à travers des Groupes de Travail (GT) qui rassemblaient plusieurs partenaires rattachés thématiquement au module. Chaque GT était animé par un ou deux responsables scientifiques du module associé selon des modalités propres et suivaient un planning co-construit avec les partenaires en début de projet.

La figure n°4 présente les principaux partenaires mobilisés en précisant leurs apports en termes de connaissances sur les dynamiques territoriales, écologiques ou sur l'ingénierie.

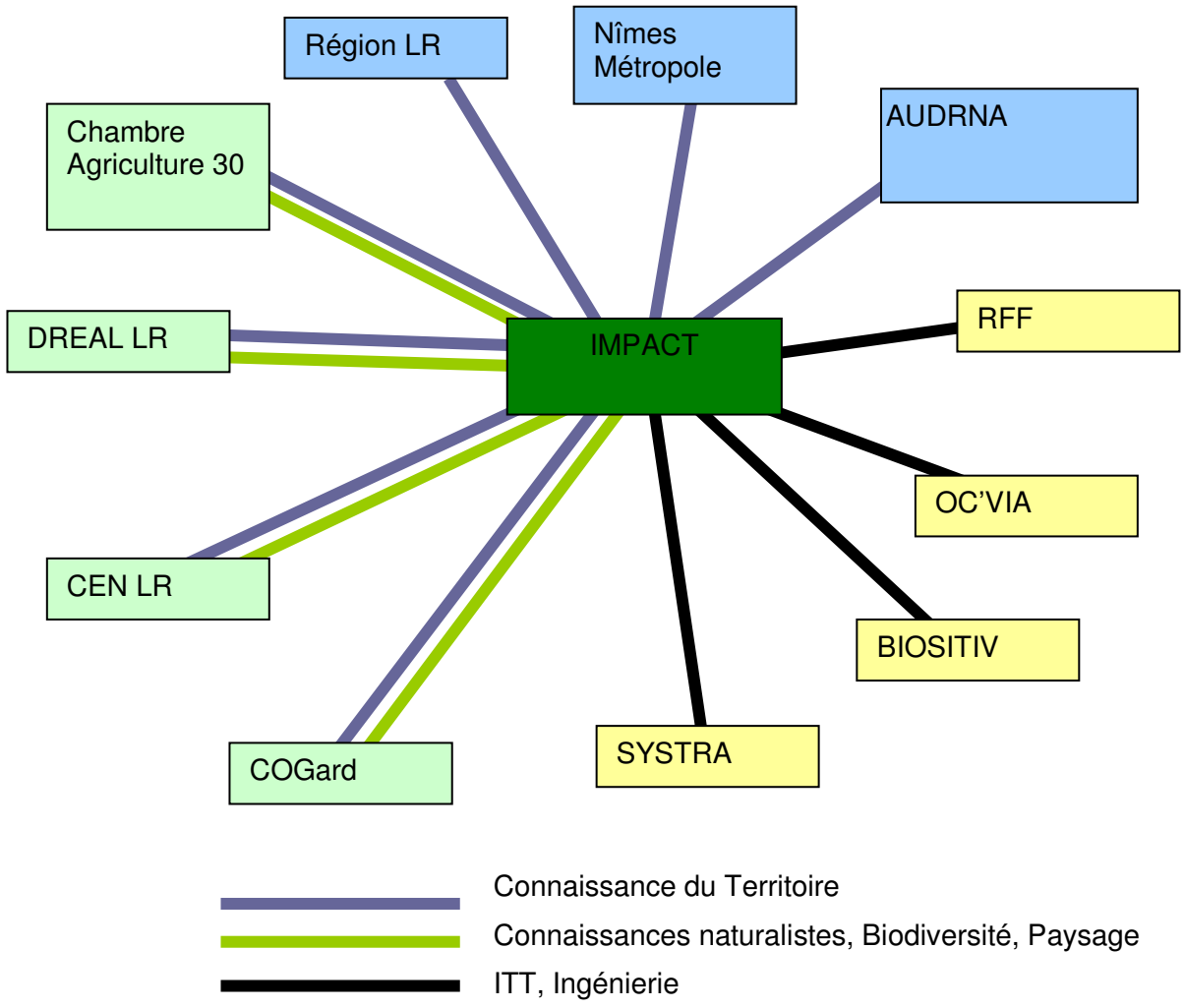


Figure 4 : Principaux partenaires et apports en termes de connaissances.

Objectifs

L'objectif général du projet IMPACT était de développer des méthodes et outils opérationnels et généralisables i) d'analyse prospective d'un espace et de ses enjeux pour anticiper les évolutions, ii) de caractérisation et de simulation dans l'espace et le temps des impacts des aménagements et des effets cumulés et iii) d'amélioration de la mise en œuvre de la décision pour mieux prendre en compte la biodiversité.

Pour atteindre cet objectif, il était proposé de développer un modèle d'appréciation dynamique permettant de réaliser des simulations paysagères multi-échelles (spatiales et temporelles) d'un territoire soumis à un projet d'ITT.

Démarche et organisation du projet

La démarche retenue prévoyait un certain nombre d'étapes aux objectifs suivants :

- Réaliser une analyse permettant d'identifier et de caractériser les dynamiques spatiales et temporelles du territoire afin d'en comprendre son fonctionnement et son évolution (MODULE M2). Pour réaliser cette modélisation et identifier les éléments structurants dans l'information disponible, le projet voulait tester les démarches de fouille de données (MODULE M1), Ces démarches consistent à rechercher et extraire de l'information prédictive dans de gros volumes de données stockées dans des bases ou des entrepôts de données. La fouille de données est un processus de découverte de règles, relations, corrélations et/ou dépendances à travers une grande quantité de données, grâce à des méthodes statistiques, mathématiques et de reconnaissances de formes.
- Etablir un modèle conceptuel de territoire et définir des règles d'évolution permettant la modélisation et la simulation de dynamiques spatiales (MODULE M3). Ce travail était basé sur l'exploitation du langage informatique métier Ocelet. A la fois langage informatique et environnement de modélisation qui facilite le développement de modèles, Ocelet a été développé très récemment. L'outil permet d'exprimer des dynamiques spatiales et de les intégrer avec toutes formes d'interactions (fonctionnelles, hiérarchiques, sociales). En intégrant les règles définies dans es taches amonts, Ocelet peut, selon un processus itératif, participer à affiner ces règles.
- Rendre opérationnel et généralisable l'outil d'appréciation dynamique des impacts (MODULE M4). La production de différents jeux de simulations (avec et sans ITT) permettra d'apporter des éléments de réponse aux questionnements de recherche soulevés par le projet IMPACT : quand et comment un projet d'ITT commence à impacter un territoire ?
- Tester les potentialités du concept de services écosystémiques pour mieux prendre en compte le développement durable dans la mesure d'impact d'un projet d'ITT (MODULE M5). Analyser les conditions de l'intégration des simulations dans le processus décisionnel d'un projet d'ITT (MODULE M6). L'analyse du processus décisionnel du CNM devait permettre d'identifier les différentes « portes d'entrées » ainsi que les formalismes nécessaires pour mobiliser la connaissance environnementale dans un projet d'ITT.

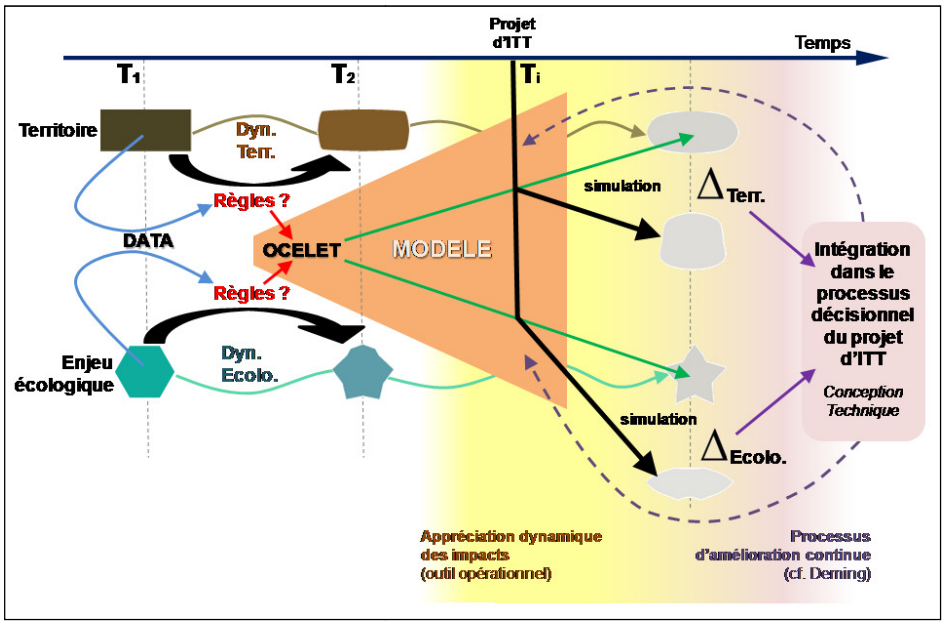


Figure 5 : Découpage méthodologique du projet.

Un découpage du projet en modules (figures n°5 et 6) répartissait les tâches entre un ensemble de travaux destinés à proposer une méthode d'analyse du territoire et produire un ensemble de règles sur l'évolution du territoire qui puisse « nourrir » le modèle de dynamiques spatiale (Modules 1 et 2) et des développements autour de la modélisation et de la simulation (Modules 3 et 4) paysagère et environnementale.

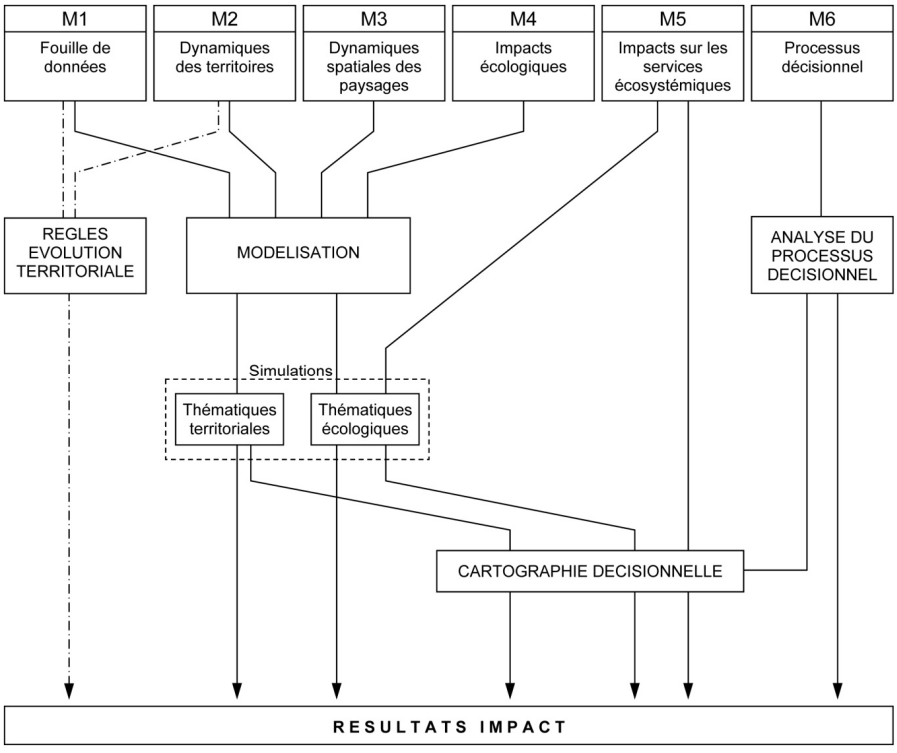


Figure 6 : Organisation du projet IMPACT.

LES ACTIVITES DU PROJET

Ambition du projet :

Le projet impact était ambitieux. Trois postulats, étaient centraux dans la conception du projet. Ils n'ont pas été suffisamment explicités. L'analyse de risques n'a pas été faite. Les postulats ne sont pas entièrement vérifiés. Des difficultés en phase de réalisation en ont été la conséquence..

- Le premier postulat était l'existence de données mobilisables sur la zone, données facilement mobilisables. Ces données n'ont pu être mobilisées.
- Le deuxième postulat était celui d'une dynamique partenariale active. Cette dynamique a souffert du manque de temps de nos interlocuteurs dont le nombre était restreint et aux agendas très chargés. Aussi les membres de l'équipe scientifique n'ont peut-être pas maîtrisé les techniques liées à la mobilisation des acteurs. Le module 6, piloté par des chercheurs maitrisant mieux les techniques, a bénéficié d'une meilleure participation.
- Le troisième postulat était lié à l'intégration de différentes méthodes dans une démarche intégrative. Cette intégration n'a pas été possible. Les équipes de Tetis étaient positionnées dans des activités de recherche. Les partenaires doivent être moteurs dans ces activités d'intégration. Par manque de temps, ces partenaires n'ont pu s'approprier totalement les méthodes et construire leurs démarches intégratrices.

Réalisations par module et vue d'ensemble des travaux.

Modules 1 et 2 : Modélisation et règles d'évolution.

Les Modules 1 et 2 devaient identifier des règles d'évolution du territoire d'étude (Costières de Nîmes) utilisables dans les travaux de modélisation des modules 3 et 4.

Le Module 1 devait réaliser cette tâche à partir d'une approche expérimentale exploitant les méthodes et concepts de la fouille de données. Son objectif était d'extraire d'un ensemble important d'informations numériques (données) des corrélations entre les données spatio-temporelles permettant de caractériser les dynamiques territoriales.

La première étape, essentielle, était le recueil des données numériques (uniquement alphanumérique et non raster) afin de constituer la base de travail à partir de laquelle s'enclencherait la seconde étape dédiée au prétraitement (nettoyage, discrétisation) et à la structuration des données, matière principale des travaux de fouille de données via l'application d'algorithmes (étape 3). L'étape suivante (4) aurait été la présentation puis la validation des corrélations extraites par les acteurs et les experts associés au projet IMPACT. Enfin, en étape 5, une sélection des motifs les plus pertinents pour les problématiques étudiées dans le cadre du projet devait être réalisée. Pour ce faire, une méthode de recherche de motifs fréquents pour identifier les comportements répétés dans le temps dans un objectif décisionnel devait être définie. Une analyse des évolutions et des propagations des états des éléments considérés dans leur caractère spatial et temporel aurait pu être construite afin d'identifier des règles de dynamiques territoriales permettant de servir de référence aux différentes simulations programmées dans IMPACT.

Une analyse croisée avec le Module 2 devait permettre d'identifier la démarche méthodologique la plus pertinente (étude du rapport coûts/résultats produit, par exemple) pour la production de règles d'évolution du territoire. En termes de livrables, le Module 1 devait fournir un dictionnaire de données au terme de l'étape 2, une liste des méthodes de fouille de données appliquées avec les explications associées sur les choix et contenus méthodologiques ainsi que la liste des motifs obtenus en premier résultat. Une liste des mesures d'intérêts sélectionnées et un comparatif des motifs obtenus devait être fournis à l'issue de l'étape 4 avant de proposer, à la finalisation des travaux du Module, une sélection de motifs intégrables dans les travaux de modélisation à partir d'OCELET.

Le déroulé théorique du Module 1 exposé ci-dessus n'a finalement pas été possible du fait d'un blocage très prématuré dans sa réalisation. En effet, la méthode de fouille de données nécessite une matière première constituée de données alphanumériques (pour notre cas) dont il est indispensable de disposer quantitativement et qualitativement d'un minima.

La nature du projet d'aménagement étudié (grand projet structurant CNM), le timing du projet IMPACT par rapport à celui du CNM, le contexte territorial mais aussi, environnemental, politique, financier, social, économique, les jeux d'acteurs locaux, perceptibles mais difficilement cernables pour une équipe scientifique, ont fortement pesé sur la disponibilité des connaissances et la transmission des données. Il a ainsi été impossible de réaliser la première étape du Module 1 et de recueillir la quantité minimale d'informations pour mener à bien ce module.

Le Module 1 a été abandonné, entrainant la non réalisation d'une démarche expérimentale de construction de règles d'évolution territoriale et une analyse comparative de méthodes de production de ces règles.

La conception du projet a péché : i) la qualité et le volume des données existantes permettant d'engager les travaux de fouille de données n'ont pas été vérifiés ; ii) les difficultés pour mobiliser l'information dans des projets "sensibles" ont été sous-estimées.

Le Module 2 avait le même objectif que le module précédent (produire un corpus de règles établissant les conditions et les modalités des relations entre les éléments du système territorial étudié - territoire impacté par le projet CNM) en mobilisant des méthodes plus classiques.

La première étape a consisté à proposer une représentation du système territorial. Il s'agissait de repérer les éléments clés qui composent le système et de caractériser les relations principales entre ces éléments.

La description de l'état du territoire (diagnostic) s'est faite en réalisant un récit chronologique retraçant l'évolution du territoire. A partir de ces informations, un modèle conceptuel des évolutions du territoire a été réalisé. Il a mis en évidence les principaux facteurs d'évolution du territoire. Une analyse spécifique des conditions de "vie" de l'outarde a aussi été utilisée.

Pour réaliser ces travaux, l'équipe s'est appuyée sur les réflexions concernant la représentation systémique des territoires pour analyser leur complexité. Ont été utilisées différentes méthodes, i) le modèle DPSIR, adapté aux systèmes territoriaux, ii) la Représentation Systémique du Territoire (RST) proposée par PRELAZ-DROUX.

Le modèle DPSIR, élaboré par l'OCDE, a été adapté au concept de territoire, considéré comme un système. La notion d'état du territoire a été décomposée en identifiant des niveaux de capital (capital naturel, capital financier, capital humain, capital social...

L'outil permet d'identifier des évolutions structurelles (forces motrices) qui agissent sur le territoire en créant des pressions (positives ou négatives). Ces pressions vont faire varier l'état du système, notamment par des dépassements de seuils, qui vont entraîner des impacts. Les

réponses vont alors être les mesures mises en place par les pouvoirs publics ou les particuliers afin d'entretenir ou limiter la tendance observée (rétroactions positives ou négatives).

Modules 3 et 4 : Dynamiques paysagères et écologiques

La modélisation était au centre du projet IMPACT. Les Modules 3 et 4 étaient chargés de réaliser les différents développements autour du modèle central basé sur OCELET.

Le Module 3 avait pour objectif de développer la démarche modélisatrice de fond du projet IMPACT via la réalisation d'un modèle de dynamiques paysagères capable de décrire les principaux processus (territoriaux, écologiques) en cours qui expliquent la situation à un instant T sur la zone d'étude. Le modèle central basé sur OCELET devait servir ensuite à simuler des évolutions dans le temps en fonction de scénarios intégrant la mise en œuvre d'une infrastructure de transport dans le paysage. Le modèle d'évolution paysagère servira ensuite à simuler des évolutions futures en fonction de scénarios à établir en cours de projet, y compris ceux concernant la mise en œuvre d'une infrastructure de transport dans le paysage.

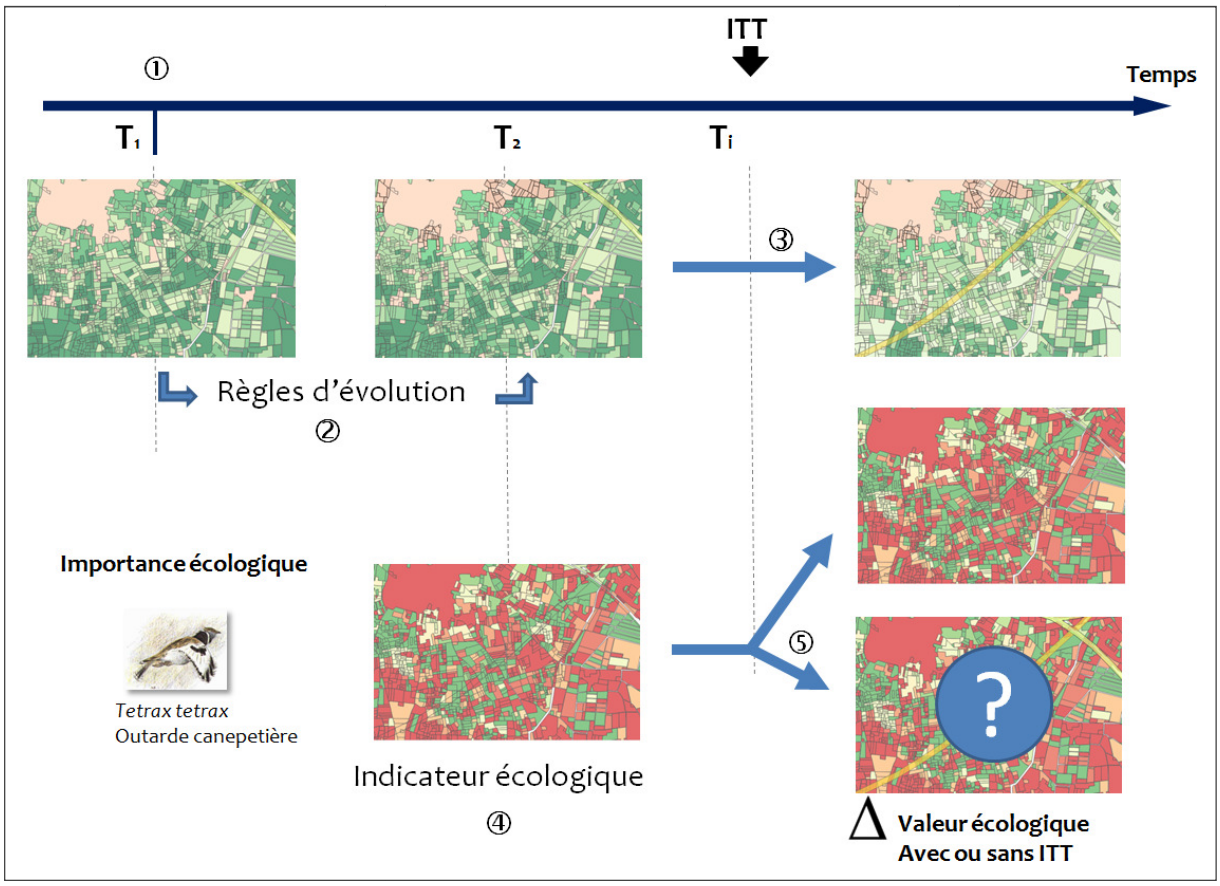


Figure 7 : Partie de la méthodologie générale concernée par le module 3.

La figure n°7 résume les étapes réalisées dans le module 3 du projet. Sur l'étendue de la zone d'étude, il s'agissait de développer un modèle de changement de l'occupation du sol qui, à partir d'un état passé (*i.e.* 2000) et de règles d'évolution, soit capable de simuler un état présent (*i.e.* 2010). Ce même modèle a ensuite été utilisé en mode prospective pour simuler un état futur (*i.e.* 2021), en utilisant les mêmes règles d'évolution, mais selon deux scénarios distincts : l'un avec l'ITT et l'autre, sans. Cette méthodologie a été déployée en cinq étapes.

1. Construction d'un état initial de l'occupation du sol en 2000.

A l'interface des modules 2 et 3, une carte des évolutions des occupations des sols a permis de quantifier les dynamiques territoriales.

Nous sommes partis d'une carte d'occupation du sol de 2010 établie sur la zone du projet Intermop (figure n°8), avec comme unité spatiale élémentaire la parcelle cadastrale. Afin de reconstituer l'état de 2000, deux sources complémentaires ont été utilisées : le SCAN25 de l'IGN, et des images Landsat (3 scènes été/hiver entre 2000 et 2001). Le SCAN25 a permis de renseigner certaines classes seulement (urbain, bois, verger/plantation, vigne, eau), alors que la classification multi-date des images Landsat a permis d'identifier les autres (cultures, friches, prairies).

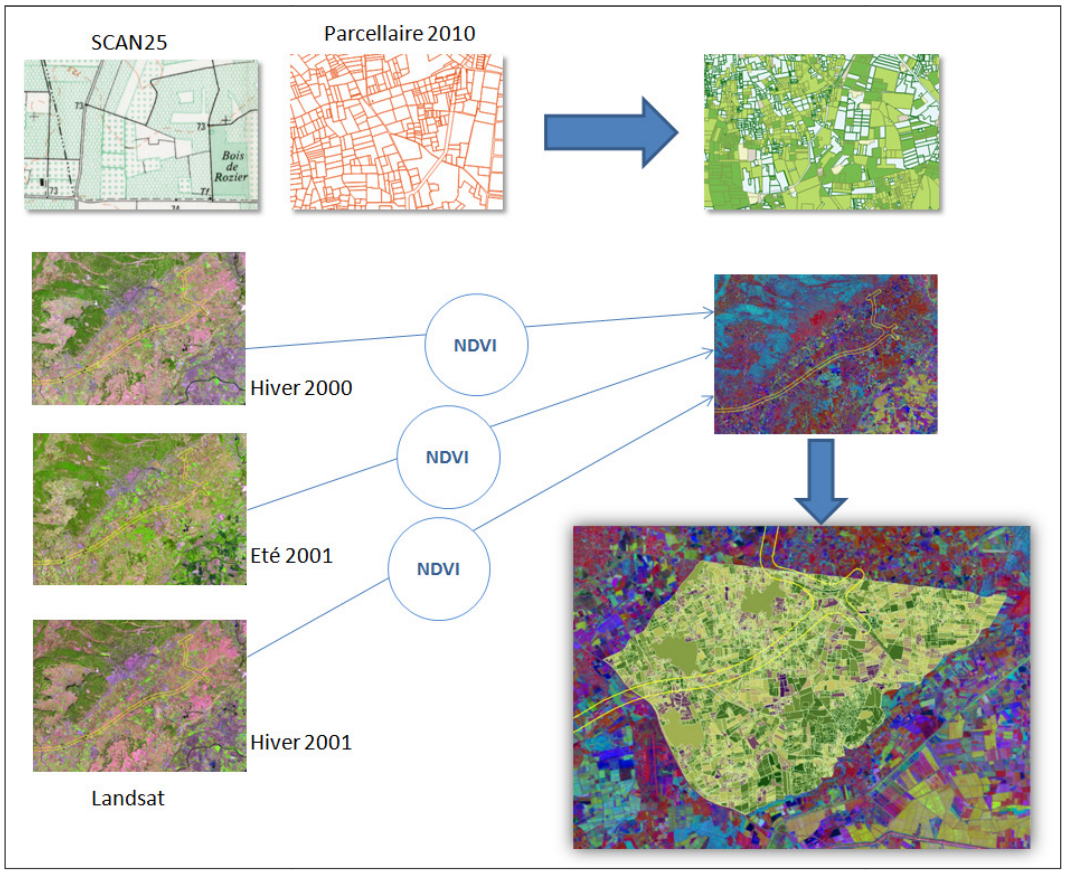


Figure 8 : Schéma de reconstitution de l'état de l'occupation du sol en 2000.

2. Etablissement des règles d'évolution de l'occupation du sol entre 2000 et 2010.

Les changements d'occupation du sol sont l'expression visible de processus à l'œuvre dans le territoire où les acteurs agissent pour transformer les espaces en fonction d'objectifs et de contraintes, souvent d'ordre économique et/ou réglementaire. Nous avons opté pour une approche de modélisation à base d'automates à états finis. Chaque parcelle a une certaine probabilité de changement vers une autre classe d'occupation du sol à chaque pas de temps. Le calage du modèle permet d'estimer ces probabilités de changement. La figure n°9 décrit les différentes probabilités prises en compte.

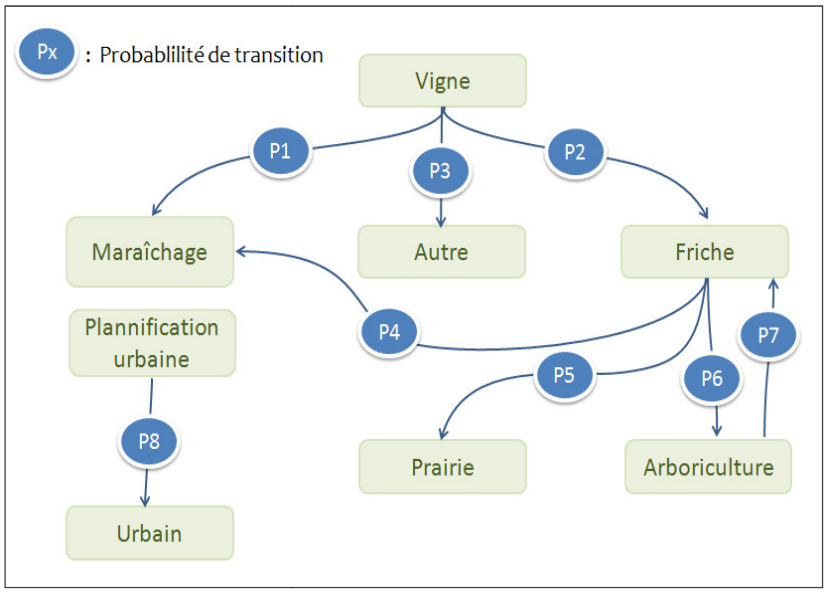


Figure 9 : Probabilités de changement d'occupation du sol.

3. Construction de modèles de simulation 2000-2010 et 2010-2021 avec la plateforme Ocelet.

   A l'aide de l'outil Ocelet dédié à la simulation de dynamiques spatiales et paysagères (http://www.ocelet.fr), un premier modèle pour la période 2000-2010 a permis d'estimer les probabilités de changement des classes d'occupation du sol. Sur la base de ce modèle, nous avons construit deux autres modèles qui reprennent les mêmes règles d'évolution. L'un reprend explicitement le tracé de l'ITT et les projets d'urbanisations en lien avec l'ITT.

4. Traduction des changements d'occupation du sol en indicateur écologique pour l'outarde canepetière.

   Les différentes occupations du sol n'ont pas la même valeur pour l'outarde. A partir des travaux du Centre Ornithologique du Gard (COGard) nous avons pu qualifier pour chaque classe d'occupation du sol, les valeurs d'utilisation des habitats par l'outarde (séparément pour les mâles et les femelles) en fonction de 5 usages (U1 : Reproduction et nidification ; U2 : Alimentation et recherche de nourriture ; U3 : Abris, repos et dortoir ; U4 : Hivernage ; U5 : Halte migratoire). Nous avons établi un indicateur composite pour résumer ces valeurs d'utilisation des habitats par classe d'occupation du sol.

5. Simulation des deux scénarios 2010-2021, avec ou sans ITT.

   Les deux modèles développés en ③ pour la période 2010-2021 permettent de simuler l'évolution de l'occupation du sol selon les deux scénarios avec et sans ITT. Dans le même modèle, nous avons intégré le calcul de l'indicateur outarde développé dans l'étape ④. Ainsi, les simulations peuvent générer en sortie, d'une part, des cartes animées de changement d'occupation du sol et l'évolution de l'indicateur d'espaces favorables à l'outarde, et d'autre part, des estimations des surfaces concernées par ces changements.

Module 5 : Services écosystémiques et ITT

L'utilisation du concept de services écosystémiques dans le projet traduisait une nouvelle perception du territoire, plus intégratrice, où les activités menées répondent aux différentes fonctions du développement territorial durable.

L'objectif de ce module était de développer une méthodologie pour évaluer les impacts de la réalisation de la ligne TGV en termes de changements dans les services écosystémiques (SE). Les services écosystémiques "formalisent" les bénéfices que les populations peuvent retirer de la nature (MEA 2005). Dans la continuité des nombreux travaux et publications menés à la fin des années 1990 et au début des années 2000 (Costanza et al., 1997, Daily, 1997), reprenant les travaux antérieurs sur les interactions humain-environnement (Westman 1977, Ehrlich et Mooney 1983, De Groot 1992), le concept de services écosystémiques irrigue désormais les débats autour de la planification et des politiques environnementales (TEEB 2009, Potschin et Haines-Young 2011a, Brouwer et al. 2013, Ernston et Sörlin 2013).

Le concept, à l'origine, soulignait la "dépendance" des populations aux écosystèmes et, en conséquence, voulait favoriser les activités de conservation (Daily, 1997). Le concept a aujourd'hui une forte connotation économique (Gómez-Baggethun et Ruiz-Pérez 2011, Ernston et Sörlin 2013). L'hypothèse est qu'attribuer une valeur économique aux services de la nature invite les forces du marché à se mobiliser pour générer de meilleurs résultats de conservation (Chevassus-au-Louis et al. 2009, Maris 2014).

Un défi majeur est le développement de méthodologies scientifiques solides pour créer des topologies et des classifications des services écosystémiques, adaptées au contexte (Wallace 2006, Daily et al., 2009). Ces méthodes devraient également être en mesure de mobiliser et prendre en compte les différents types de connaissances, celles des acteurs locaux, des experts scientifiques et des planificateurs. A cet effet, la mise en correspondance de services écosystémiques, sur le plan conceptuel et spatial reçoit actuellement beaucoup d'attention dans la littérature (Raymond et al., 2009, Fisher et al. 2011, Crossman et al. 2012). Il a également été l'objet de la cartographie des connaissances du projet Biodiversité (KnoBiMap), qui a inspiré la méthodologie et du Module 5 du projet IMPACT (Figure n° 10).

Les objectifs de recherche pour le Module 5 étaient doubles : i) déterminer la totalité des impacts sur les services écosystémiques (à la fois positifs et négatifs) que les experts locaux attribuent au projet de TGV dans les Costières Nîmoises ; ii) comparer un indice du changement occasionné aux services écosystémiques, à l'indicateur d'impact calculé pour l'espèce traditionnelle, l'outarde canepetière (Tetrax tetrax).

Les activités ont été organisées en 2 phases. Pour chacune des phases un atelier d'environ 3 heures a réuni 6 « experts » représentant les organisations suivantes :

- Nîmes Métropole
- DREAL Languedoc-Roussillon
- Chambre d'Agriculture du Gard
- Conservatoire d'Espaces Naturels Languedoc-Roussillon
- Centre Ornithologique du Gard
- Agence d'urbanisme et de développement des régions nîmoise et alésienne

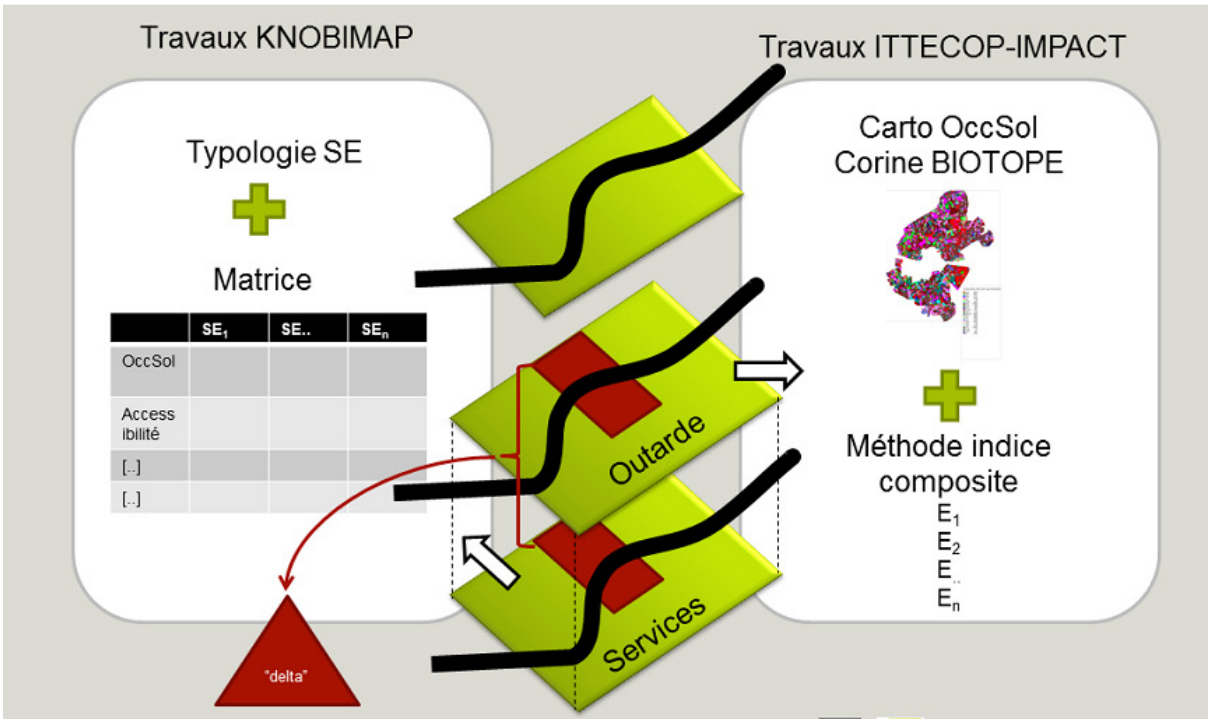


Figure 10 : Représentation matricielle de la cartographie des services écosystémiques dans les projets IMPACT et KNOBIMAP.

Durant la phase 1 une matrice croisant l'utilisation des terres/et les services écosystémiques a été construite. En colonne de cette matrice, 31 services écosystémiques, identifiés dans la littérature, ont été listés (Figure n°11). La question: «d'après vous, quels services écosystémiques seront impactés par la LGV sur le territoire des Costières de Nîmes ? » a été posée en introduction. Les experts avaient la possibilité d'ajouter des services à la liste durant l'atelier.

No.	Service
1	Assurer le cycle des nutriments
2	Maintenir ou améliorer la qualité des sols
3	Produire de la biomasse
4	Séquestrer et stocker du carbone
5	Détoxifier et décomposer des déchets "chimiques" et organiques
6	Réguler le climat
7	Réguler les aléas naturels (ex: érosion, inondations)
8	Réguler le cycle de l'eau
9	Purifier l'eau
10	Réguler les maladies et les pestes
11	Polliniser
12	Fournir un habitat (faune, flore)
13	Produire de l'énergie
14	Produire des aliments
15	Cueillette

16	Ressources ornementales
17	Emploi, viabilité économique
18	Inspiration (artistique ou autre…)
19	Spiritualité et religion
20	Education, apprentissage et savoirs
21	Récréation et tourisme (Chasse, sports et loisirs de nature)
22	Historique et patrimonial
23	Paysages (esthétiques et thérapeutiques- paysages qui apaisent)
24	Sentiment d'appartenance à un lieu
25	Importance "en soi" des espaces agricoles
26	Transmission des terres aux générations suivantes
27	Relations sociales
28	Ressources pharmaceutiques et médicinales
29	Qualité de l'environnement olfactif et sonore
30	Santé (santé physique et mentale, force…)
31	Provision d'ombre et d'abri

Figure 11: Liste des services écosystémiques retenus.

Les catégories d'utilisation des terres (lignes de la matrice) ont été sélectionnées en utilisant la base de CORINE-biotopes (figure n° 12).

Durant la phase 2, les experts ont répondu à une deuxième question ««D'après vous, de quelle manières, en Termes de services ecosystémiques, le territoire des costières nîmoises est-il impacté par le projet de la LGV ? ».

Pour quantifier leurs réponses les partenaires ont convenu d'un système de notation allant de 0 = pas d'impact à 4 = fort impact.

Category used in ES matrix	CORINE-BIOTOPE classification
Vigne sur sol nu	vignobles intensifs
Vigne enherbée	vignobles traditionnels
Vigne récemment plantée	Vignobles
Vigne récemment arrachée	terrains en friche
Friche herbacée	terrains en friche
Friche mixte	terrains en friche
Friche arbustive	terrains en friche
Friche viticole	terrains en friche
Pâture ,,	pâtures mésophiles (si mésophile) terrains en friche (si non mésophile)
Prairie ,,	prairies a fourrage des plaines (si mésophile) terrains en friche (si mésoxérophile)
Luzerne (parcelles en légumineuse)	grandes cultures
Céréale	grandes cultures
Arboriculture ,, ,, ,,	oliveraies traditionnelles vergers à amandiers Rosacées Agrumes
Terre labourée	Cultures
Maraîchage	cultures et maraichage

Canal, rivière	Lagunes
,,	plan d'eau douce
,,	eaux saumâtres sans végétation
,,	lit des rivières
,,	Salines
,,	canaux navigables
,,	fossés et petits canaux
,,	lagunes industrielles et bassins ornementaux
Bâti	Villes
,,	Villages
,,	sites industriels en activités
,,	sites industriels anciens
Boisement	Matorral arborescent de chênes sempervirents
,,	Galeries méditerranéennes de grands Saules
,,	Chênaies blanches
,,	Forêts de Pins d'Alep
,,	Bois de Frênes riverains
,,	chênaies vertes

Figure 12: Classification des usages des sols utilisée dans la matrice (atelier 1).

A partir des scores attribués par chacun des experts un indice d'impact sur l'ensemble des services écosystémiques a été calculé. Cet indice a été comparé à l'indice d'impact calculé sur la seule population de l'espèce outarde.

Modules 6 : Processus décisionnel

L'analyse du processus décisionnel du projet du contournement ferroviaire de Nîmes-Montpellier (CNM) devait permettre d'identifier les conditions de la prise en compte de la biodiversité dans le processus de prise de décision en identifiant les acteurs clés qui pourraient utiliser l'information sur la biodiversité et en déterminant les moments où cette information serait la plus utile.

Le travail a consisté à retracer l'histoire des décisions du projet, en identifiant les moments, les acteurs, les informations mobilisées, les relations de forces et les débats. La recherche s'est appuyée sur un triple référentiel théorique :

- *Le modèle de la rationalité limitée* de Herbert SIMON (Administrative Behavior, 1945, cité par Catherine QUINET « Herbert Simon et la rationalité », revue française d'économie, volume 9 n°1, 1994.p133-181) "*le décideur est rationnel à l'intérieur des limites imposées par sa culture, son environnement familial, son cursus scolaire, sa religion, ses réseaux …etc. La décision finale traduit avant tout les propres aspirations du décideur ".*
- *Le modèle de la dissonance cognitive* de Léon FESTINGER (A Theory of Cognitive Dissonance, 1957), qui s'intéresse au comportement du décideur après sa décision. La solution sélectionnée n'est jamais optimale, de ce fait le décideur peut ressentir a postériori le besoin de justifier son choix. Cette décision est aussi sujette à évolutions et ajustements lors de la mise en œuvre.
- *Le modèle du décideur émotif* de L.JANIS met en avant l'anxiété et le stress du décideur, stress qui peut le conduire à différer son choix dans le temps. Dans notre cas d'étude, un tel comportement tend à allonger les procédures de projet, ce qui peut

s'avérer problématique dans le cas où une évolution notable de la réglementation a lieu.

Ces références ont conduit à énoncer des hypothèses nuançant celle principale comme quoi une décision est rationnelle parce qu'informée.

- La décision dépend largement du vécu et de la sensibilité du décideur, d'autant plus que les procédures sont peu formalisées.
- Une décision est aussi la résultante d'interactions entre acteurs, de rapport de forces tout au long du projet.
- La connaissance du processus n'est pas suffisante pour restituer la complexité de la prise de décision.

La reconstitution de cette histoire s'est appuyée sur l'analyse des documents et des entretiens avec les acteurs impliqués dans le processus.

32 personnes ont été interviewées. Elles émanaient de 19 structures différentes, dont 5 structures privées et 14 structures publiques. Les représentants des structures privées sont associés à la réalisation du projet ou aux études qui l'accompagnent. Les représentants des structures publiques interviewés étaient associés plus ou moins directement à la gestion du territoire.

LES RESULTATS OBTENUS :

Modules 1 et 2 : les caractéristiques du territoire et les principales règles d'évolution :

Les dynamiques territoriales

Un territoire agricole soumis aux crises

Le récit chronologique de l'évolution des Costières de Nîmes a permis d'identifier des moments clés expliquant les évolutions du territoire.

Le territoire des Costières a longtemps été considéré comme pauvre sur le plan agricole. Une première mise en valeur a eu lieu à la fin du 19e siècle (utilisation d'une nappe souterraine et drainage) qui a permis le développement de cultures intensives. D'importants travaux hydrauliques menés par BRL (Compagnie Nationale d'Aménagement de la Région du Bas Rhône et du Languedoc) ont transformé la région dans les années 50 et 60. L'irrigation avait pour principaux objectifs d'améliorer la qualité du vignoble et de diversifier les cultures présentes sur le territoire. Le marché viticole connaissait des difficultés liées à l'ouverture du marché européen.

Le paysage connait d'importants changements, notamment dus à la structure spatiale du réseau hydraulique. Ce dernier va conditionner la « redéfinition » des exploitations imposée par le maillage composé de parcelles identiques (50 ha environ). Celles-ci sont matérialisées par la mise en place de haies de cyprès brise-vent, nécessaires à la méthode d'irrigation par aspersion. L'irrigation est accompagnée d'opérations de remembrement et de modernisation des systèmes de culture. La transformation ne se fait pas sans conflits d'intérêts. Les viticulteurs ne souhaitaient pas modifier leurs pratiques en se diversifiant.

Des rapatriés d'Algérie s'installent sur les exploitations clé-en-main qui viennent d'être mises en place. Ils disposent de savoir-faire agricole (viticole et arboricole). Ils sont dynamiques et organisés. De nouvelles cultures (fruits et légumes) apparaissent en Costières. Des coopératives voient le jour pour organiser le conditionnement et l'exportation.

Jusqu'aux années 80, l'arboriculture s'est bien développée et a connu une bonne rentabilité. Puis est apparue la concurrence (Espagnole, Grecque … plus tard Marocaine), de pays où la main d'œuvre est bon marché.

A partir de 1980 les fortes *contraintes* qui pèsent sur le milieu viticole poussent à un changement de stratégie (marketing et qualité) qui aboutit à l'obtention du label AOC « Costières du Gard » en 1987, puis « Costières de Nîmes » en 1989. Cette labellisation exige des modifications profondes des exploitations (reconversion, modernisation, plantation de nouveaux cépages). De nouveaux acteurs apparaissent entrainant une concentration des terres et une augmentation des superficies moyennes.

Les arrachages de vignes anciennes se développent. Les surfaces implantées avec de nouveaux cépages sont inférieures à celles arrachées. Les surfaces en vignes sont en diminution. Le paysage se transforme de nouveau. On passe d'un paysage à majorité viticole à un paysage mosaïqué par l'augmentation des surfaces en friches (20% de la surface agricole d'Aubord en 1994), de jachères et de vergers mais aussi de cultures de céréales et de cultures industrielles.

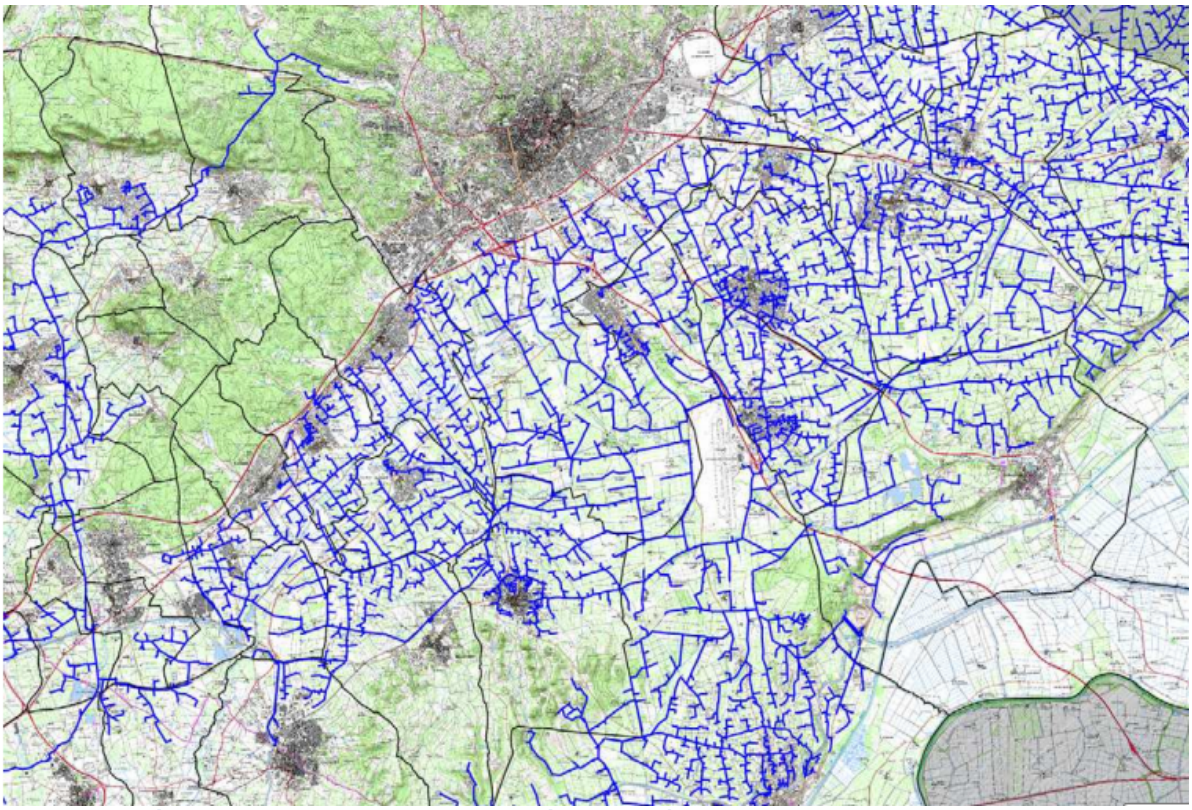


Figure 13: Réseau d'irrigation BRL en Costières de Nîmes (source : Scot Sud du Gard, 2011).

Les vignes, les vergers et la polyculture (céréaliculture, maraîchage...) composent une mosaïque paysagère, comme le montre la carte de l'occupation des sols de la ZPS autour de Manduel (figure n° 14).

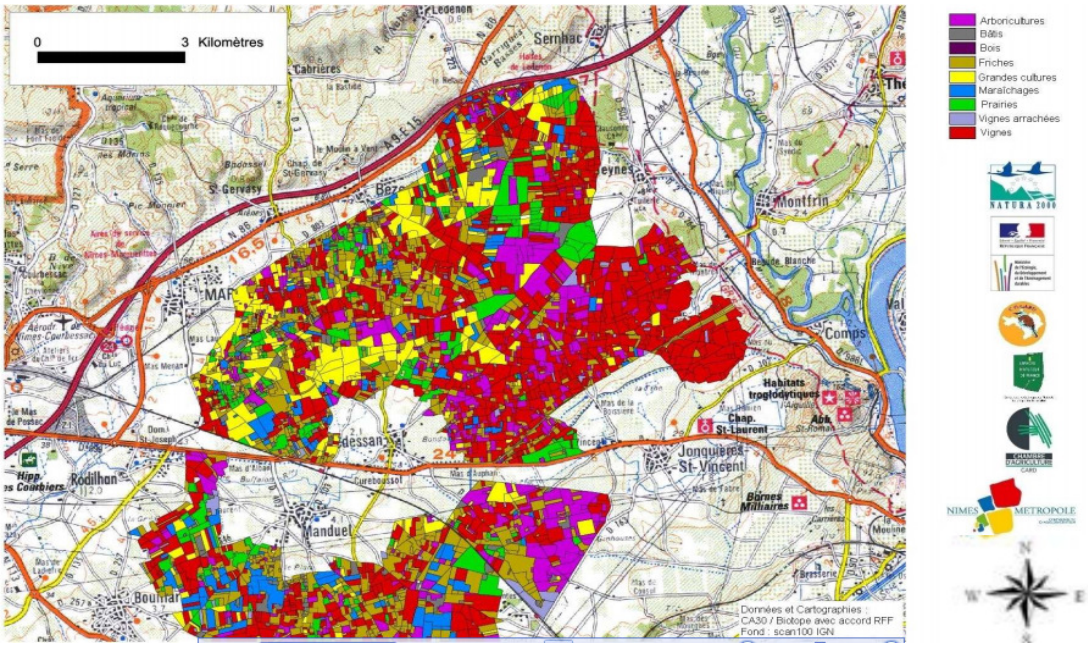


Figure 14 : Occupation du sol mosaïquée autour de Manduel en 2010 (source : DOCOB, 2011).

C'est à cette date que les populations d'outardes canepetière croissent (NEFF et al, 1995).

A partir de 1990, le remplacement par les vergers ne suffit plus à combler les parcelles anciennement occupées par la vigne. Malgré les plans et les aides, l'agriculture subit toujours les crises.

L'exode rural augmente. Il y a de moins en moins de transmission d'exploitations.

La tendance est à la fois à la baisse du nombre d'exploitations et à l'augmentation des surfaces moyennes (DRAAF LR, 2008). En 2000, la superficie moyenne des exploitations agricoles atteint 21 ha sur l'ensemble du Gard (multipliée par 1,4 en douze ans) et la SAU totale est de 192 000 ha. Elle enregistre ainsi une chute de 6% par rapport à 1988 (AGRESTE, 2006). Entre 2000 et 2005, le nombre d'entreprises agricoles a diminué de 14% sur l'ensemble du Gard (AGRESTE, 2006).

Entre 2000 et 2010, dans le Gard et dans les Costières, le nombre d'actifs et d'exploitations agricoles diminuent fortement, à hauteur de -25% du nombre d'exploitations (AGRESTE, 2010). Ce phénomène affecte surtout les exploitations dites non professionnelles (-37% en 7 ans). Les exploitations professionnelles ont accru leur surface moyenne de plus de12 ha en plus en moyenne sur 5 ans (AREFA, 2009). L'effectif des conjointes actives agricoles est celui qui régresse le plus : -40% entre 1988 et 2000 (AGRESTE, 2006). Le chiffre traduit de profondes mutations sociologiques et techniques.

En 2010, on compte 6700 exploitations dans le Gard qui exploitent 160 200 ha de SAU. La SAU moyenne augmente, avec 24 ha par exploitation en 2010 contre 21 ha en 2000 (Agreste, 2010).

Malgré les plans et les aides, l'agriculture subit toujours les crises.

Un territoire agricole menacé par l'urbain

Le territoire des Costières de Nîmes est marqué par le développement de Nîmes et la croissance du périurbain. Le Languedoc Roussillon est une région attractive qui enregistre une croissance démographique importante. La croissance moyenne annuelle est de 0,9% par an, soit 2,5 fois plus que la moyenne nationale. Sur la bande d'étude du projet du Contournement de Nîmes et de Montpellier, la croissance démographique annuelle moyenne est de 1,1% (DOCOB, 2011).

A partir des années 1980, l'urbanisation pèse de plus en plus sur le territoire. Les réseaux de transports conditionnent les implantations futures (ZAC à proximité des grands axes, zones résidentielles…). Cela entraîne un mitage des zones agricoles et une augmentation des friches spéculatives ce qui a une influence sur la biodiversité (agence d'urbanisme, 2007).

L'urbanisation entraine aussi l'artificialisation des terres, souvent au détriment des espaces agricoles et forestiers. L'implantation de nouvelles infrastructures génère des pressions sur le milieu qui viennent modifier les habitats des espèces animales et végétales. Des habitats peuvent aussi apparaître et être des niches écologiques pour d'autres espèces.

Les inondations qui ont touché Nîmes en 1988, 2002 et 2003 intensifient la pression urbaine sur les Costières, non inondables. Les zones péri-urbaines de Nîmes s'étendent vers le sud avec la construction de lotissements et de zones industrielles et commerciales. Il n'y a pas de planification urbaine claire avant 2000. A cette date, des intercommunalités se mettent en place. La spéculation foncière des terres agricoles, dans l'attente de leur classement en zone à bâtir, apparaît. En 2002, des zones étaient déjà laissées en friches à l'emplacement de la future gare de Manduel.

Les réflexions s'orientent de plus en plus vers l'intégration de l'agriculture avec la qualité du paysage et du cadre de vie. Des réglementations permettent la préservation du paysage ou d'espaces naturels, notamment dans le but de préserver la biodiversité. A partir de 2005, la Direction Régionale de l'Environnement (DIREN) lance une réflexion sur le paysage des Costières qui aboutit à la signature de la charte des Costières de Nîmes en 2007. En 2006, des ZPS oiseaux sont définies dans le cadre de Natura 2000 (COGard, CEN LR).

Ces orientations se traduisent par une diversification des activités agricoles via notamment le développement des circuits courts, le bio... (Chambre d'Agriculture, 2010). Les activités de diversification intègrent des projets de parcs photovoltaïques parfois contraints par la présence de l'outarde. La spécialisation en bio se développe.

Un territoire abritant une espèce remarquable : l'outarde canepetière

La présence d'oiseaux rares sur le territoire listés à l'annexe I de la directive européenne 79/409/CEE appelée plus généralement « Directive Oiseaux » (Anthus campestris, Burhinus oedicnemus, Circaetus gallicus, Coracias garrulus, Lullula arborea mais surtout Tetrax tetrax) a abouti en 2006 au classement du secteur en Zone de Protection Spéciale (ZPS). La ZPS couvre 13 500 ha en 6 îlots sur 27 communes.

L'outarde canepetière (Tetrax tetrax), est un oiseau de plaines cultivées, disparu ou menacé de disparition dans la majeure partie de son aire de répartition (Europe de l'Ouest – perte de près de 80% des effectifs en 30 ans (PNA, 2011)). Oiseau steppique, l'outarde est fortement liée aux espaces agricoles et à la structuration du paysage. L'oiseau est très sensible à l'évolution des pratiques agricoles et aux projets d'aménagement et d'urbanisation. En France, l'outarde canepetière (Tetrax tetrax) n'est recensée que dans de rares régions. Les populations tendent à diminuer sauf sur les Costières et dans le Gard, depuis une quinzaine d'années (figure n° 15).

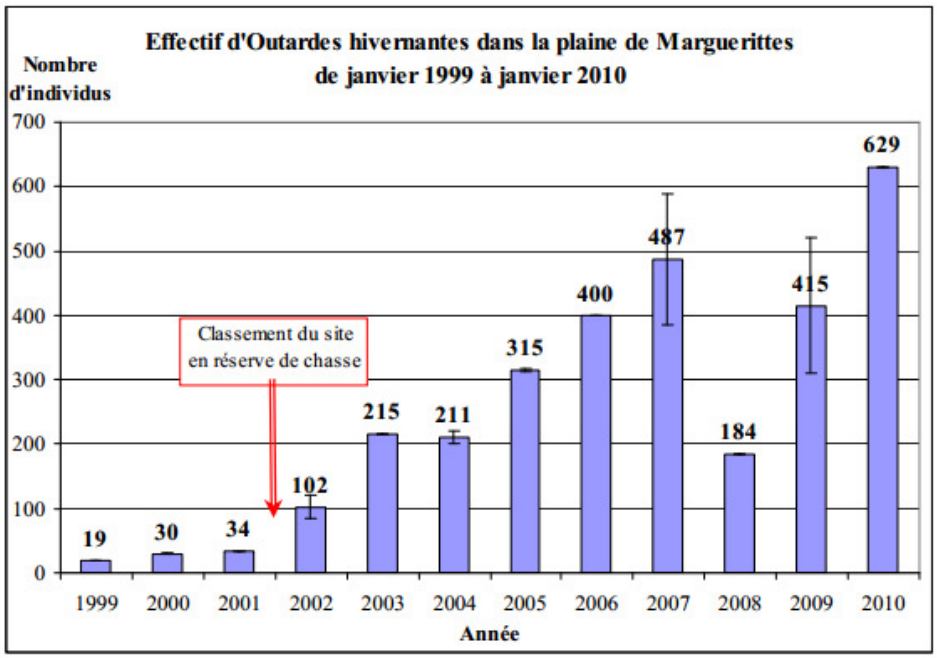


Figure 15: Augmentation du nombre d'outardes dans le Gard (source CoGard 2010, DOCOB 2011).

Encadré n° 2

Quelques éléments sur les conditions favorables à l'outarde

Ces conditions sont complexes car elles varient selon le sexe de l'animal mais aussi en fonction de la saison.

Les femelles ont besoin d'un habitat permettant la protection des nids et des poussins après éclosion mais aussi la ressource alimentaire (insectes). Pour la parade nuptiale, les mâles ont besoin d'un couvert végétal de faible hauteur (labours, semis, vignes arrachées...) pour attirer les femelles.

L'habitat optimal de l'outarde se compose donc « d'un assolement varié intégrant la présence de couverts herbeux temporaires ou permanents, où les parcelles sont agencées en mosaïque » (PNA outarde). Le paysage mosaïqué présent en Costières est idéal.

Les menaces pesant sur l'espèce sont liées à la fois aux pratiques agricoles et au développement urbain. Ces pratiques agricoles entraîneraient la diminution des insectes à cause de l'utilisation d'intrants chimiques; l'augmentation de la taille du parcellaire et la disparition des milieux herbacés qui occasionneraient des perturbations pour la nichée (PNA, 2011). La dynamique urbaine est une menace par le biais de l'implantation de grandes infrastructures de transport, de zones industrielles et du mitage (PNA, 2011).

La déprise agricole et la fermeture des milieux qui en découle représentent aussi un préjudice pour l'espèce. Les perturbations dues aux travaux d'aménagement d'infrastructures sont source de perturbations pour l'espèce. L'implantation de fermes photovoltaïques est néfaste à l'habitat des outardes (PNA, 2011). D'autres type de perturbation sont identifiés comme les déplacements humains ou d'animaux domestiques (activités de loisirs...) et le braconnage.

Des actions de protection ont été mises en place, au niveau national, afin de préserver l'espèce en réponse à la directive oiseaux (2009/147/CE). Des ZPS ont été délimitées par arrêtés ministériels en 2006. Les MAET[7] (Mesures Agro Environnementales Territoriales) favorables à l'outarde y sont appliquées depuis le printemps 2009. Les MAET proposées en Costières de Nîmes visent, entre autres, à implanter ou entretenir des couverts d'intérêt faunistique en retardant la fauche et le pâturage printanier (DOCOB, 2011). Cet outil dépend de l'engagement des agriculteurs mais aussi des financements de la PAC. Auparavant, des CTE (Contrat Territorial) puis des CAD (Contrat d'Agriculture Durable) avaient été mis en place dans le Gard (2001-2002 et 2005-2006) (COGard).

Selon le COGard, trois facteurs dynamiques expliquent la croissance de la population d'outardes (encadré n° 2). Ce sont la croissance urbaine, les pratiques agricoles et les pratiques réglementaires.

L'étalement urbain entraîne la baisse des surfaces agricoles et, de manière transitoire, le développement des friches, lié à la spéculation foncière. Les agriculteurs ont adopté des stratégies d'attente compte tenu de la vente potentielle à venir de leurs terres. La question est économique : la rentabilité des activités agricoles est nettement inférieure aux revenus fonciers, d'autant plus que de nombreux exploitants sont à la veille de la retraite et qu'ils ont

[7] Une MAET est un contrat rémunéré de 5 ans passé entre un exploitant agricole et l'État. L'agriculteur doit alors respecter un cahier des charges sur les parcelles engagées. Cet engagement se fait dans le cadre de la déclaration Politique Agricole Commune (PAC).

des difficultés pour identifier des repreneurs. Les zones en cultures pérennes à proximité des zones bâties diminuent (vignes, vergers). Les surfaces laissées en friches augmentent.

L'outarde a bénéficié de ce mouvement de friche. L'importance de la population d'outarde est devenue un fait, reconnu par les politiques publiques et par les aménageurs qui ont fait de la défense de l'espèce un symbole de leur engagement en faveur de la biodiversité. Par l'établissement de ZPS, les réglementations et la prise en compte de ces dernières par les PLU et les SCOT, la mise en place de financements comme les MAET (orientant les pratiques agricoles - fauche tardive, culture de colza...)..... les politiques publiques consolident la présence des outardes. Ces dernières voient leur territoire sanctuarisé.

Impacts attendus des ITT

Pour identifier les impacts attendus de l'ITT " Contournement de Nîmes et de Montpellier", nous nous sommes basés sur l'étude d'impact environnemental du projet réalisée par le bureau d'étude Biotope. (RFF, 2003).

Impacts sur le milieu naturel

La future ligne traverse des ZPS (figure n°16). Des espèces faunistiques, qui ont un intérêt particulier comme l'outarde canepetière et le sanglier, vont être touchées. Les mesures prévues sont essentiellement d'ordre compensatoire. Pour la grande faune, des passages seront réalisés avec des clôtures adaptées. Ils permettront aussi le passage de la petite faune.

La faune, composée d'espèces rares, menacées ou protégées, est affectée par l'emprise de l'infrastructure mais aussi lors des travaux. C'est le cas du Bois de Signan (classé en ZNIEFF) sur notre territoire d'étude. Pour réduire ces effets, des précautions seront prises pour limiter l'impact sur les sites sensibles. Par exemple, le déboisement sera réduit au minimum et les arbres seront protégés. Les mesures compensatoires consisteront notamment à acquérir des terrains favorables pour y transplanter des espèces.

RFF s'est engagé dans une collaboration avec les services de l'État (DREAL, SAFER et des associations comme le COGard et le CEN) afin de compenser les incidences du Contournement de Nîmes et de Montpellier portant sur l'outarde,. Les mesures, sur quinze ans, à partir de 2010, consistent à mettre en place un calendrier de travaux en fonction des périodes de reproduction, l'acquisition et la gestion de terrains favorables afin de conserver l'espèce. Le suivi des populations est également prévu (DOCOB, 2011).

Impacts sur l'agriculture

L'emprise de l'Infrastructure de Transport Terrestre est le premier impact identifiable sur les terres agricoles. Le projet s'engage à le limiter, notamment en veillant à l'aménagement des raccordements et équipements annexes. La vigne est la principale culture touchée suivie des vergers, des serres et des terres labourables. Les propriétaires concernés seront indemnisés.

L'Infrastructure de Transport Terrestre entraîne aussi la désorganisation de certaines exploitations, la coupure des cheminements et le morcellement de parcelles. Pour y répondre, une réorganisation foncière est envisagée, si celle-ci est possible. Des parcelles de vignes classées sous le label AOC « Costières de Nîmes » seront touchées. Ici, la réorganisation foncière est plus difficile, compte tenu des exigences liées au label. RFF se concertera avec les structures territoriales pour identifier et mettre en œuvre des solutions. Cet aspect concerne notamment les communes de Caissargues, Bernis, Manduel et Bouillargues.

En cas de disparition de l'exploitation, le code rural prévoit que le maître d'ouvrage doit participer financièrement à une nouvelle installation ou à une reconversion de l'activité.

Les cheminements seront rétablis et feront l'objet de compensations financières en cas d'allongement de parcours. Les réseaux d'irrigation et de drainage fonctionneront de manière identique à l'actuelle.

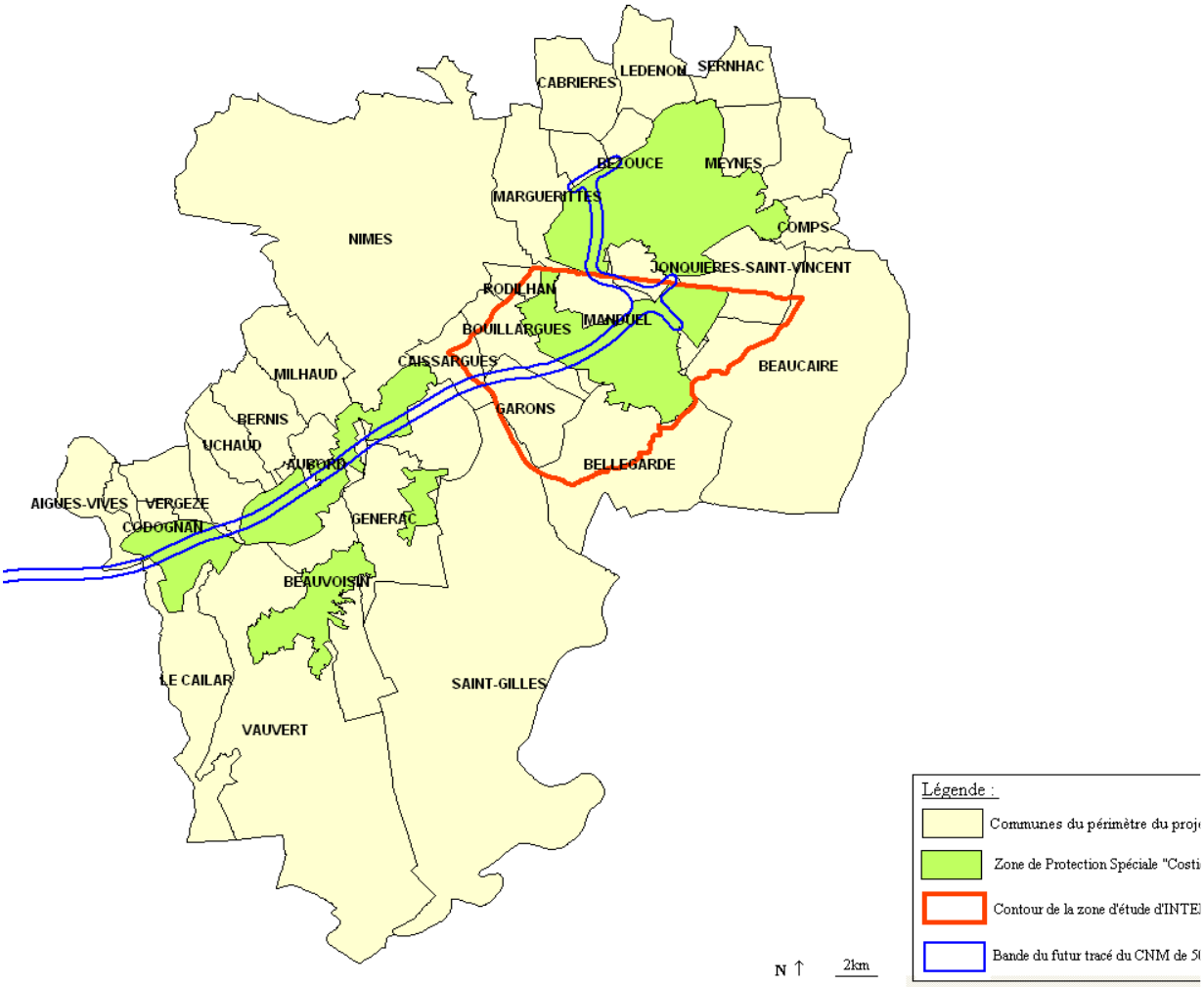


Figure 16: Délimitation de la DUP en Costières de Nîmes.

Impacts sur le bâti et la structure urbaine

L'emprise foncière du projet nécessite l'acquisition de certains bâtiments qui se trouvent sur le tracé. RFF s'engage à considérer chaque cas afin de trouver la meilleure solution pour les deux parties. Le code de l'expropriation conditionnera l'indemnisation des propriétaires concernés « pour cause d'utilité publique ».

La structure urbaine sera parfois modifiée par l'arrivée de l'Infrastructure de Transport Terrestre. C'est le cas de la zone de Manduel et Redessan où l'effet de coupure entre les zones urbaines risque d'être accentué, notamment par l'installation de la future gare TGV.

Dynamiques territoriales et règles d'évolution :

Facteurs induisant les dynamiques territoriales

Les forces motrices (Drivers) sont liées à la mondialisation (marchés), à l'héliotropisme (croissance démographique et développement d'une économie résidentiel) et aux politiques publiques de soutien à l'agriculture et à l'aménagement du territoire. Les investissements hydrauliques et les politiques de soutien à la production ont permis de développer une agriculture intensive qui a d'abord coexisté avec une viticulture traditionnelle "de coopérative". La concurrence avec les autres pays méditerranéens a entraîné des crises agricoles qui ont abouti à des modèles différenciés : concentration des terres et des capitaux dans des entreprises agricoles aux tailles de plus en plus conséquentes ; développement d'une viticulture de qualité ; diversification des activités agricoles dans la recherche de synergie avec l'économie résidentielle, les loisirs générés par la métropole de Nîmes et le tourisme.

L'héliotropisme et les mouvements d'immigration ont transformé profondément les paysages. La croissance urbaine est conséquente et se traduit par l'artificialisation des sols, le mitage, la cabanisation... L'agriculture même si elle reste l'activité principale doit trouver de nouvelles interactions avec l'urbain.

Quantification des évolutions

Pour quantifier les évolutions et identifier les données chiffrées permettant les exercices de simulation, des analyses cartographiques sur les évolutions d'occupation des sols ont été réalisées. Ces analyses ont utilisé les données de Corine Land Cover (données des années 1990, 2000 et 2006), SCAN 25 et Landsat.

Les chiffres d'occupation des sols en 2006 (figure n° 17) traduisent le caractère agricole du territoire, centré sur la viticulture .

Les « territoires agricoles » couvrent la majorité de la zone d'étude (67,5%). Le vignoble représente 27,49 % du territoire. Les autres milieux identifiés sont les « forêts et milieux semi-naturels » (13,35%), les « territoires artificialisés » (12,59%). Les « zones humides » et les « eaux maritimes » sont significatives (4,57% et 2,45%).

Du point de vue agricole, après le « vignoble » (27,49%), les cultures les plus représentées sont les « systèmes culturaux et parcellaires complexes interrompus par des espaces naturels importants » (18,6%) puis les « vergers et petits fruits » (6,71%). Le « tissu urbain discontinu » occupe 8,51% du territoire.

Les chiffres d'évolution d'occupation des sols confirment aussi les évolutions que nous avons identifiées.

L'emprise de l'agriculture diminue. La viticulture perd de son importance au profit d'autres spéculations. Les surfaces consacrées à la conservation et au loisir augmentent. Entre 1990 et 2000 :

- Le vignoble a connu la plus forte diminution de surfaces en perdant 3204 ha.
- Les « systèmes culturaux et parcellaires complexes interrompus par des espaces naturels importants » perdent 706 ha entre 1990 et 2006.
- Le « tissu urbain discontinu » s'est accru de 1059 ha entre 1990 et 2006. Les « zones industrielles et commerciales » se sont accrues de 514 ha.
- Les forêts mélangées connaissent l'augmentation la plus importante (2187 ha). Les prairies, les « vergers et petits fruits » et les « rizières » présentent une augmentation d'environ 1000 ha).

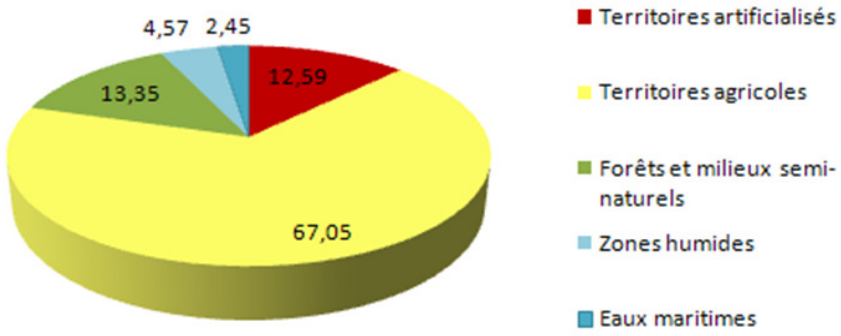


Figure 17 : Répartition des types d'occupation du sol sur la zone d'étude en 2006.

Sur la période 1990-2006, le taux de croissance des « prairies » (64,76%) est le plus important. Sur la même période, les « forêts mélangées » augmentent de 8,14%, les « réseaux routiers et ferroviaire et espaces associés » de 6,15% et les « zones industrielles et commerciales » de 2,10%.

La catégorie « zones incendiées » a disparu, signe d'une meilleure maîtrise du territoire. Les « systèmes culturaux et parcellaires complexes interrompus par des espaces naturels importants » ont diminué. Entre 1990 et 2000, 1061 ha ont été artificialisés et 623 ha entre 2000 et 2006. Le « Tissu urbain discontinu » (112) est le type d'occupation du sol artificialisé majoritairement créé en 2000 et en 2006 (49,98 % et 63,52% des surfaces artificialisées). Les « Zones industrielles et commerciales » (121) sont en seconde position avec 22,35% et 22,12% des espaces nouvellement artificialisés.

L'origine des surfaces artificialisées entre 1990 et 2000 est la suivante :

- 49,31% des surfaces proviennent d'îlots qui étaient occupés par des « Systèmes culturaux et parcellaires complexes interrompues par des espaces naturels importants » (242).
- 21,60% des surfaces proviennent du « vignoble » (221) et 11,99% étaient des « Forêt et végétation arbustive en mutation » (324) en 1990.
- 5, 18 % proviennent d'îlots qui étaient occupés par des « Vergers et petits fruits », 4,92 % des « Forêts de feuillus ».

Entre 2000 et 2006, l'artificialisation s'est toujours effectuée majoritairement sur des îlots qui étaient occupés par des « Systèmes culturaux et parcellaires complexes interrompues par des espaces naturels importants » (36,45%) et du « vignoble » (35,99%). Ce dernier chiffre en augmentation traduit la transformation de la filière.

Les règles d'évolution

L'évolution de l'occupation des sols est déterminée par les règles principales suivantes :

- La diminution des espaces agricoles au profit des espaces urbains, de conservation et de loisir. La tendance est aussi à la spécialisation des espaces
- L'intensification des espaces agricoles (concentration des terres et des capitaux). Différents systèmes co-existent : systèmes à forte utilisation d'intrants versus produits à forte qualification écologique.
- La constitution d'espaces réservés à l'outarde, espèce remarquable.

L'influence de l'ITT sur ces règles semble faible. De fait l'ITT s'intègre dans le processus d'urbanisation et d'artificialisation lié à la croissance démographique des centres urbains. Mais nous devons reconnaître la faiblesse des informations relatives aux impacts du projet de contournement. La faiblesse des travaux d'étude d'impacts joue. Seuls les impacts sur la population d'outardes ont été réellement étudiés

Les règles d'évolution de l'occupation des sols sont précisées, catégorie d'occupation du sol par catégorie d'occupation du sol dans la figure n° 18.

Occupation du sol	Indications sur les évolutions constatées et prises en compte dans le modèle
Vigne	Les trajectoires sont différentes selon que la parcelle de vigne appartient à un domaine (cave d'un particulier) ou à une cave coopérative. La tendance générale est à la régression, mais les grands domaines résistent mieux que les caves coopératives. Après arrachage, une parcelle de vigne peut être a) laissée en friche, b) cultivée en céréale, c) cultivée en maraîchage ou d) plus rarement transformée en plantation d'abricot. En fonction de sa localisation, selon le PLU, elle peut aussi être convertie en habitations. Les domaines ont une stratégie commerciale plus affutée et présentent un risque de démantèlement faible, mais une conversion est possible vers un golf, une manade ou un projet immobilier. Le modèle simule une stabilité des domaines (généralement les grandes parcelles de vigne, constituant des ensembles bien regroupés) et un taux paramétrable de conversion des parcelles de caves coopératives vers friche/céréale/maraîchage/arboriculture ou urbain.
Arboriculture	Dans la zone d'étude, l'arboriculture est stable, notamment l'abricotier, ou en légère régression, en particulier le pêcher. Le modèle simule un faible taux de conversion d'arboriculture en friche/céréale/maraîchage ou urbain.
Maraîchage	La culture maraîchère est essentiellement pratiquée par la communauté Hmong. Les parcelles sont louées. Les cultivateurs font des rotations de 2-3 ans, et le maraîchage est vu comme « itinérant ». L'activité se maintient bien dans la zone d'étude. Le modèle simule une rotation entre maraîchage/friche/pâturage.
Friche	Une fois arrachée, une parcelle de vigne ou d'arboriculture est laissée en friche. Avec le temps, elle devient successivement friche herbeuse, friche arbustive, friche arborée et bois. Une parcelle en friche peut être remobilisée pour une autre culture au bout d'une période de 4-5 ans maximum (friche herbeuse ou arbustive). Après, cela coûte trop cher et la reconversion n'est pas considérée comme rentable. Le modèle prend en compte cette contrainte temporelle.
Pâturage	Les friches peuvent aussi être pâturées par des troupeaux de brebis en tant qu'« herbaciers » ; les troupeaux passant l'été dans les alpes et l'hiver dans les Costières. Si une friche commence à être pâturée dans les 4-5 ans, elle est stabilisée (ne devient pas friche arborée ou bois). C'est une pratique récente qui peut être amenée à s'étendre. Un avantage économique est d'avoir une production de viande géographiquement proche de la demande (une communauté musulmane importante existe dans les agglomérations). Le modèle prend en compte cette tendance (paramétrable) dans la dynamique des friches. Des parcelles peuvent aussi être cultivées pour produire du foin pour nourrir les animaux (chevaux, taureaux) de la région ou de régions plus au nord. Le modèle simule ce changement d'occupation du sol.
Céréale	Le type de sol dans la zone d'étude n'est pas considéré comme propice à la culture de céréales, mais celle-ci donne droit à des aides PAC (DPU). Dans le modèle ce type d'occupation du sol intervient dans les cycles friche/céréale/maraîchage.
Urbain	Le PLU est pris en compte pour déterminer les parcelles agricoles qui sont susceptibles d'être converties en urbain, notamment dans la zone de la future gare TGV de Manduel qui se trouve dans notre zone d'étude.

Figure 18 : Règles d'évolution des principales catégories d'occupation de sol.

Encadré n°3

Impact de l'ITT sur les populations d'outardes :

D'après la synthèse réalisée par le COGard en 2004 sur la plaine de Pujaut et de Rochefort-du-Gard et l'aérodrome de Pujaut, traversés par la ligne LGV Méditerranée, on peut relever que la construction de la ligne entraîne des dérangements et des nuisances (baisse de reproduction et donc diminution des effectifs). Ces impacts sont liés aux faits suivants :

- Une bande de 250m de part et d'autre de la LGV n'est plus utilisée (reproduction des mâle et alimentation des femelles).
- Entre 250 et 400 mètres, des mâles chanteurs peuvent s'installer et des reproductions réussir, mais sans qu'il soit impossible d'exclure tout impact de la LGV. Ces distances ont augmenté après la fin des travaux et la mise en service, et actuellement, rien ne permet de savoir si elles vont évoluer au fil des années, ni dans quelle mesure, elles évolueront.
- Les mâles chanteurs sont faiblement perturbés lorsqu'ils sont à une distance supérieure à 240m de la ligne.
- Les survols de la ligne observés sont faibles.. Cela limite les échanges entre les noyaux de population et les fragilise.

Modules 3 et 4 : Modèle de dynamiques paysagères

Etat initial de l'occupation du sol en 2000

La carte d'occupation du sol utilisée comme état initial de la zone d'étude a été obtenue en renseignant dans un système d'information géographique le parcellaire de 2010 avec l'information fournie par le SCAN25 de 2000. La légende ne fournit cependant pas toute l'information requise sur l'occupation du sol, même si les vignes et l'arboriculture, les deux cultures prépondérantes dans la zone, sont bien identifiées. Il a fallu néanmoins numériser un nombre important de parcelles qui n'avaient pas la même configuration en 2000. Enfin, pour renseigner les autres types d'occupation, et en même temps vérifier celles obtenues par le SCAN25, nous avons effectué une classification multi-dates à partir de trois images Landsat de 2000-2001. La carte de l'occupation du sol en 2000 est présentée en figure n°19.

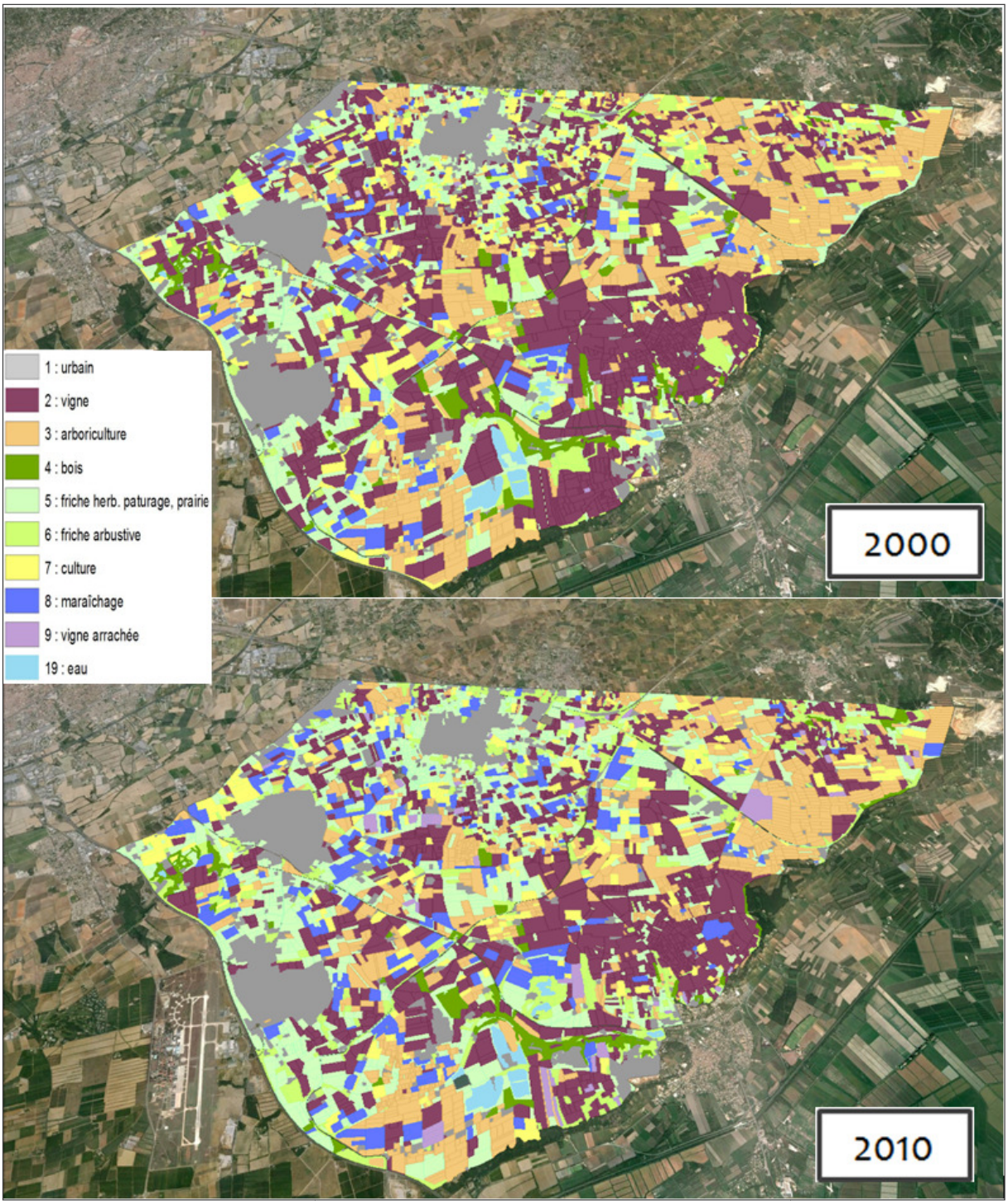
Règles d'évolution de l'occupation du sol entre 2000 et 2010

Les règles utilisées dans le modèle d'évolution de l'occupation du sol ont été établies à partir des travaux du module 2 (figure n° 18). Dans le cadre de la démarche partenariale retenue dans le projet, ces règles ont été validées en groupe de travail, mobilisant principalement les responsables des équipes de la Chambre d'Agriculture du Gard, i) équipe "Biodiversité, élevage" – service Environnement et Territoires ii) équipe "Viticulture, Service Développement Economique des filières".

Modèles de simulation développés avec la plateforme Ocelet

Ocelet est une plateforme de développement de modèles de dynamiques spatiales et paysagères basée sur un langage de programmation « métier ». Ces outils ont été développés au sein de l'unité de recherche TETIS (Degenne et al., 2009, 2010) et sont disponibles gratuitement en téléchargement sur le site web dédié « ocelet.fr ». Les règles données dans la figure n° 18 ont été exprimées en niveaux de probabilité de changement entre une classe et une autre, sachant que toutes les combinaisons ne sont pas possibles, comme par exemple, urbain vers céréale. Ces niveaux sont paramétrables et peuvent s'utiliser dans les séquences de changements d'occupation du sol identifiées (*e.g.* maraîchage/friche/pâturage).

A partir de l'état 2000, les règles d'évolution font changer l'occupation du sol pour se caler à l'état 2010 au fil des années de simulation. Les figures n° 19 et 20 présentent ces deux états.



Figures 19 et 20 : Cartes d'occupation du sol simulées entre 2000 et 2010 et affichées sous Google Earth. Les trois grandes taches urbaines en gris (du nord au sud) sont : Manduel, Bouillargues et Garons.

Indicateur écologique pour caractériser les espaces favorables à l'outarde canepetière

Une cartographie des habitats basée sur la typologie d'occupation des sols de type agricole a été réalisée (figure n °21).

La typologie présentée est issue des travaux du bureau d'études BIOTOPE réalisés pour RFF en 2006. Elle a été modifiée en 2008 par le COGard pour Méridionalis avant d'être mise en correspondance avec Corine Biotopes à notre demande lors d'un travail collectif (Irstea, BIOTOPE, COGard, Chambre d'Agriculture 30).

Le niveau de caractérisation varie suivant l'importance de l'habitat pour l'outarde : détaillé pour les milieux importants pour l'outarde ; peu détaillé pour ceux non utilisés par l'espèce. Les vignes ou les friches sont découpées chacune en plusieurs sous-types, car l'utilisation d'une friche arbustive n'est pas la même que celle d'une friche herbacée ; par contre les bois (jamais fréquentés par l'espèce) sont tous considérés comme un seul type.

Nous avons associé à chaque type d'habitat une notion d'intérêt potentiel pour l'outarde, en caractérisant l'utilisation que l'oiseau pourrait potentiellement en faire. L'utilisation d'un habitat par une espèce animale est en relation avec une ou plusieurs phases du cycle biologique de l'espèce. Nous avons identifié dans ce cycle 5 " utilisations (U) possibles d'un habitat" :

- Reproduction et nidification (U1),
- Alimentation et recherche de nourriture (U2),
- Abris, repos et dortoir (U3),
- Hivernage (U4),
- Halte migratoire (U5).

Un indice a été calculé à dire d'expert, pour le cas de l'outarde canepetière, selon le sexe, car les mâles et les femelles opèrent une sélection différenciée des habitats notamment pour l'usage « reproduction ». Les notations des experts ont été faites selon la grille suivante : une valeur entre -1 et 3 (-1 : Habitat évité par l'espèce ; 0 : Habitat non utilisé par l'espèce ; 1 : Habitat non nécessaire à l'espèce mais présence possible ; 2 : Habitat utilisé mais non critique pour l'espèce ; 3 : Habitat critique - l'espèce est tributaire de l'habitat). Ces valeurs sont données par sexe (M/F), mois de l'année (1-2) et usage (U1 à U5).

Code Habitat	Type Habitat	Description Habitat	Code corine
H1	Vigne sur sol nu	parcelle de vigne sans végétation entre les rangs	83.212
H2	Vigne enherbée	parcelle de vigne avec de la végétation entre les rangs	83.211
H3	Vigne récemment plantée	parcelle de vigne jeune et peu haute, sans que les fils de fer aient été mis en place	83.21
H4	Vigne récemment arrachée	Parcelle en terre avec souches de vigne à terre, recolonisation partielle de la végétation herbacée	87.1
H5	Friche herbacée	terre agricole abandonnée, avec une ABSENCE de ligneux	87.1
H6	Friche mixte	terre agricole abandonnée dominée par les plantes herbacées, où QUELQUES ligneux s'installent	87.1
H7	Friche arbustive	terre agricole abandonnée de longue date, où plus de 20 % de la surface est colonisée par les ligneux	87.1 X 31.891
H8	Friche viticole	parcelle de vigne abandonnée, friche souvent mature	87.1
H9	Pâture	idem que la prairie, mais avec la présence d'animaux domestiques ou de leurs traces	38.1 (si mésophile, rare en plaine méditerranéenne)
H10			87.1
H11	Prairie	parcelles en prairie permanente, fauchée ou non. Absence de ligneux	38.2 (si mésophile, type Crau ou près des cours d'eau)
H12			87.1 (si mésoxérophile avec sol assez profond ou argileux, type le plus fréquent en plaine méditerranéenne)
H13			Prairies à Brachypode de Phénicie, parfois fauchées (34.36) !
H14	Luzerne (et toutes les parcelles en légumineuse)	Culture de luzerne ou de trèfle, haute ou fauché, ou pâturée	82.11
H15	Céréale	parcelle plantée en céréales. Si la parcelle est plantée en maïs, ou tournesol, le préciser	82.11
H16	Arboriculture	Verger, c'est-à-dire toute parcelle plantée d'arbres donnant des fruits, préciser si la plantation est très récente	83.11 (oliveraies)
H17			83.14 (amandiers)
H18			83.15 (rosacées)
H19			83.16 (agrumes)
H20			etc
H21	Terre labourée	parcelle dont la surface a été labourée et où n'apparait pas de végétation	82
H22	Maraîchage	toute parcelle cultivée en maraîchage (légumes et fleurs)	82.12
H23	Canal, rivière	Tous les cours d'eau ou plan d'eau cartographiable	21 (lagunes)
H24			22.1 (plan d'eau douce)
H25			23.1 (eaux saumâtres sans végétation)
H26			24.1 (lit des rivières)
H27			89.12 (salines)
H28			89.21 (canaux navigables)
H29			89.22 (fossés et petits canaux)
H30			89.23 (lagunes industrielles et bassins ornementaux)
H31	Bâti	Ville, bâtiment divers, lotissement	86.1 (villes)
H32			86.2 (villages)
H33			86.3 (sites industriels en activités)
H34			86.4 (sites industriels anciens)
H35	Bois	Forêts	4x

Figure 21 : Typologie de l'occupation du sol adaptée aux usages faits par l'outarde.

Les 35 indices obtenus ont été regroupés en 12 classes d'occupation du sol et sont présentés dans les figures n°22 et 23 suivantes.

Pour chaque usage, la treizième colonne correspond à la valeur annuelle de l'indice.

Femelle	U 1 Reproduction, Nidification												U 2 Alimentation												U 3 Abri, Repos, Dortoir												U 4 Hivernage												U 5 Halte migratoire											
Urbain	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1
Vigne	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0
Arboriculture	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	2
Bois	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1
Prairie, Pâture	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0	3
Friche herbeuse	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0	3
Friche mixte	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	1
Friche arbustive	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	-1	-1	-1	0	0	0	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1
Culture	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	3	3	3	3	-1	-1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0	2
Maraîchage	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	1	1	1	1	-1	-1	0	0	0	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Vigne récemment arrachée	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0
Eau	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1

Mâle	U 1 Reproduction, Nidification												U 2 Alimentation												U 3 Abri, Repos, Dortoir												U 4 Hivernage												U 5 Halte migratoire											
Urbain	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1
Vigne	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1
Arboriculture	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1
Bois	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1
Prairie, Pâture	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0	3
Friche herbeuse	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0	3
Friche mixte	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	1
Friche arbustive	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	-1
Culture	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	-1	-1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Maraîchage	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	-1	-1	0	0	0	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Maraîchage/serre	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	-1	-1	0	0	0	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Vigne récemment arrachée	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1
Eau	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1

Figures 22 et 23 : Classes d'occupation du sol et usages.

Simulation de scénarios avec et sans ITT

A partir du modèle 2000-2010, nous avons simulé deux scénarios 2010-2021. Le premier n'est qu'un prolongement du modèle 2000-2010, avec les mêmes règles d'évolution. Le deuxième modèle intègre l'installation du fuseau de la LGV et la réalisation de zones d'activités urbaines en lien avec le développement de la LGV. Le calcul de l'indicateur écologique exprimant la valeur des différentes occupations du sol comme habitats de l'outarde a été ajouté aux deux modèles. La plateforme de modélisation Ocelet permet de générer des cartes animées exprimant l'évolution dans le temps de cet indicateur, visualisables dans Google Earth. La figure n° 24 présente ces simulations.

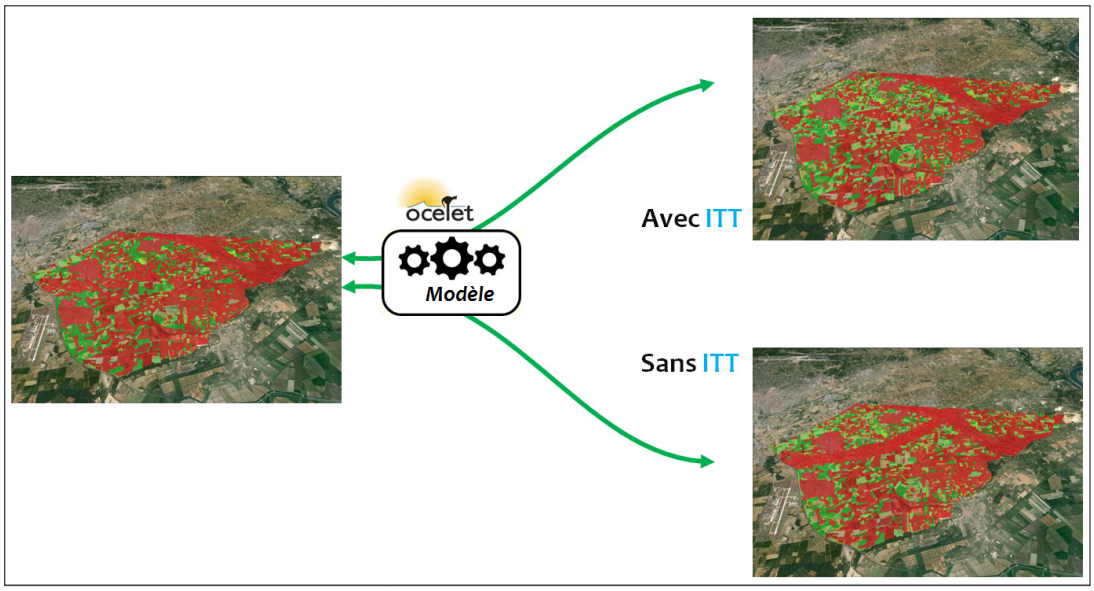


Figure 24 : Simulation de l'évolution de l'indicateur écologique pour les scénarios sans et avec ITT.

La figure n° 25 ci-dessous donne une vue rapprochée d'une petite zone pour montrer le niveau de détail visible sur ces cartes.

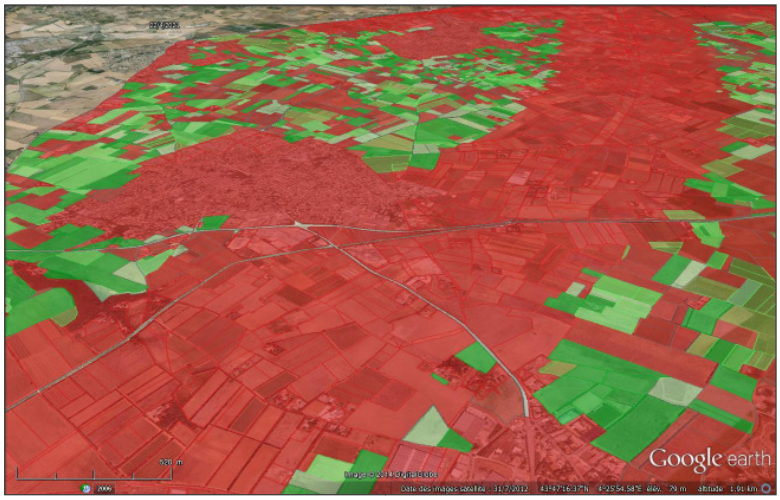


Figure 25 : Zoom sur le passage prévu de la LGV au niveau de Bouillargues montrant l'indicateur écologique outarde en 2021, avec en rouge les zone défavorables et en dégradé de vert les zones plus favorables.

La simulation de ces deux scénarios n'est pas une fin en soi. L'exercice de modélisation tel que nous le pratiquons sur d'autres projets de recherche (Augusseau et al., 2013) est support de discussion entre chercheurs et acteurs du territoire, dans une démarche itérative d'innovation collective.

La poursuite logique de ce travail serait de :

- Restituer les résultats aux acteurs du territoire avec comme support de discussion les sorties (graphiques, cartes) du modèle en précisant les règles d'évolution du changement d'occupation du sol, notamment la manière dont elles seront influencées par l'installation de la LGV ;
- Une fois le modèle amélioré et plus conforme à la compréhension générale, l'utiliser pour mieux quantifier les surfaces intéressantes pour l'outarde impactées par la LGV.
- Accompagner la mise en place des mesures compensatoires, en ciblant mieux les parcelles intéressantes.

Module 5 : Modélisation et services écosystémiques

Pendant l'atelier 1 à la question « quels services écosystémiques seront impactés par la LGV », les « experts » ont d'abord choisi dans la liste des 32 services proposés. Ils ont ensuite associé ces services aux différentes classes d'occupation des sols. La figure n° 26 présente un échantillon de la diversité des réponses.

Choix des services : **32 SE** retenus

		Agence URBA		DREAL LR		CEN LR		CA 30		NIMES METRO		COGard		TOTAL	
		existant	apporté	existant	apporté	existant	apporté	existant	apporté	existant	apporté	existant	apporté	existant	apporté
1	Assurer le cycle des nutriments	1		1				1		1		1		5	0
2	Maintenir ou améliorer la qualité des sols	1						1		1		1		4	0
3	Produire de la biomasse					1				1		1		3	0
4	Séquestrer et stocker du carbone									1		1		2	0
5	Détoxifier et décomposer des déchets "chimiques" et organiques									1	1			1	1
6	Réguler le climat			1			1	1			1	1		3	2
7	Réguler les aléas naturels (ex: érosion, inondations)	1	1	1		1		1		1	1	1		6	2
8	Réguler le cycle de l'eau	1		1		1		1	1	1	1	1		6	2
9	Purifier l'eau	1		1				1		1		1		5	0

Capacité des classes occsol pour fournir des SE (de 4=fort à vide/0=nulle)

Occupation du sol	Assurer le cycle de	Maintenir ou ame	Produire de la bio	Séquestrer et stoc	Détoxifier et déco	Réguler le climat	Réguler les aléas n	Réguler le cycle de	Purifier l'eau	Réguler les malad	Polliniser	Fournir un habitat	Produire de l'énerg	Produire des alime	Cueillette	Ressources ornem	Emploi, viabilité é	Inspiration (artistiq	Spiritualité et relig	Education, apprent	Récréation et tour	Historique e	Paysa
Vigne sur sol nu	1		1	1		1					2	1	4	1		4	3	1	2	2	3	4	4
Vigne enherbée	1	2	2	2		1	3	2	2		1	3	1	4	2		4	3	1	3	3	3	4	4
Vigne récemment plantée	1		1	2			1					2		4	1		4	3	1	2	2	3	3	3
Vigne récemment arrachée							1	1				1	1		3		1				1			
Friche herbacée	2	2	2	1		1	2	3	3		3	4			2			2		2	3		2	
Friche mixte	3	3	3	2		1	2	3	3		3	3			2			1		1	3		1	
Friche arbustive	3	3	4	3		1	2	3	3		2	2			2						2			
Friche viticole	3	3	3	3		1	2	3	3		1	2			1						1			

Figure 26 : Sélection des SE par les acteurs et notation des impacts.

Le traitement des réponses divergentes a été réalisé en utilisant un indice de variation qualitative (IQV) (figure n°27). Alors que notre objectif principal était d'obtenir une seule valeur (0 - 4) pour pouvoir calculer un indice composite des services écosystémiques, l'analyse de l'hétérogénéité des réponses d'experts et le développement d'un outil logiciel pour mettre en évidence cette divergence, a permis d'en avoir une meilleure compréhension.

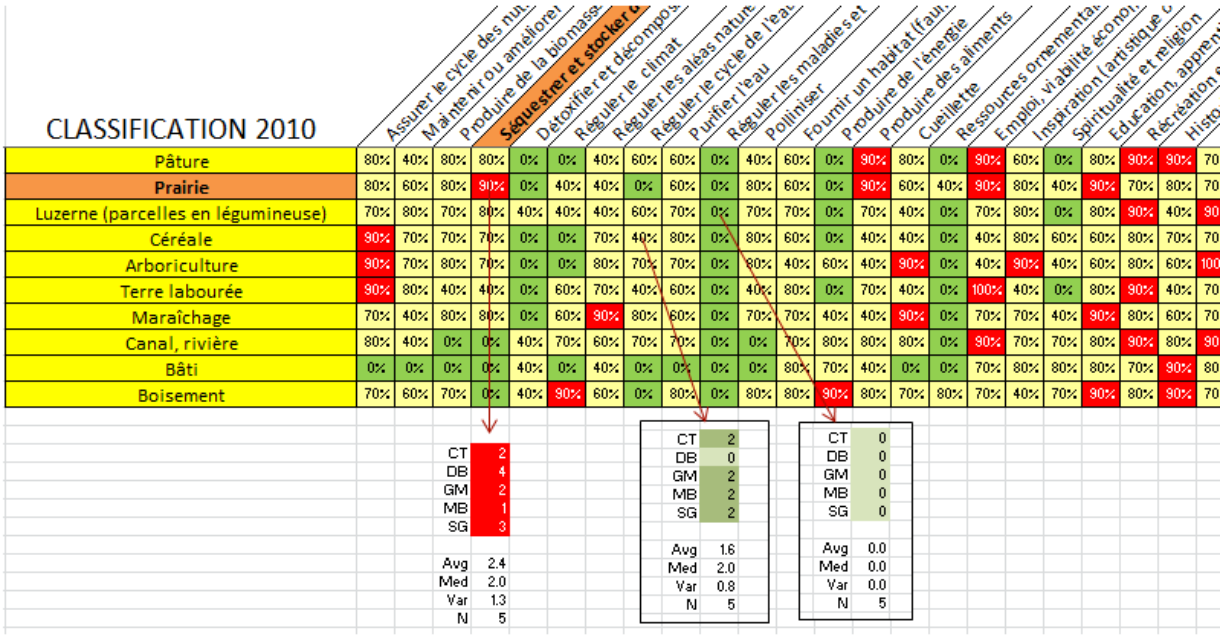


Figure 27 : Intégration de la divergence des connaissances expertes.

Une fois la réconciliation (basée sur IQV) faite et l'indice composite calculé, une carte SIG préliminaire a été produite pour être comparée avec la carte de l'indice d'impact d'une seule espèce (figure n°28). Comme tous les 32 services ont été inclus dans le calcul de l'indice services écosystémiques composite, cette carte ne présentait pas de variation spatiale significative. La modélisation des sous-ensembles thématiques des services écosystémiques (par exemple, selon les catégories retenues dans l'évaluation d'impact environnemental de la nouvelle ligne TGV) est susceptible de générer des résultats plus pertinents.

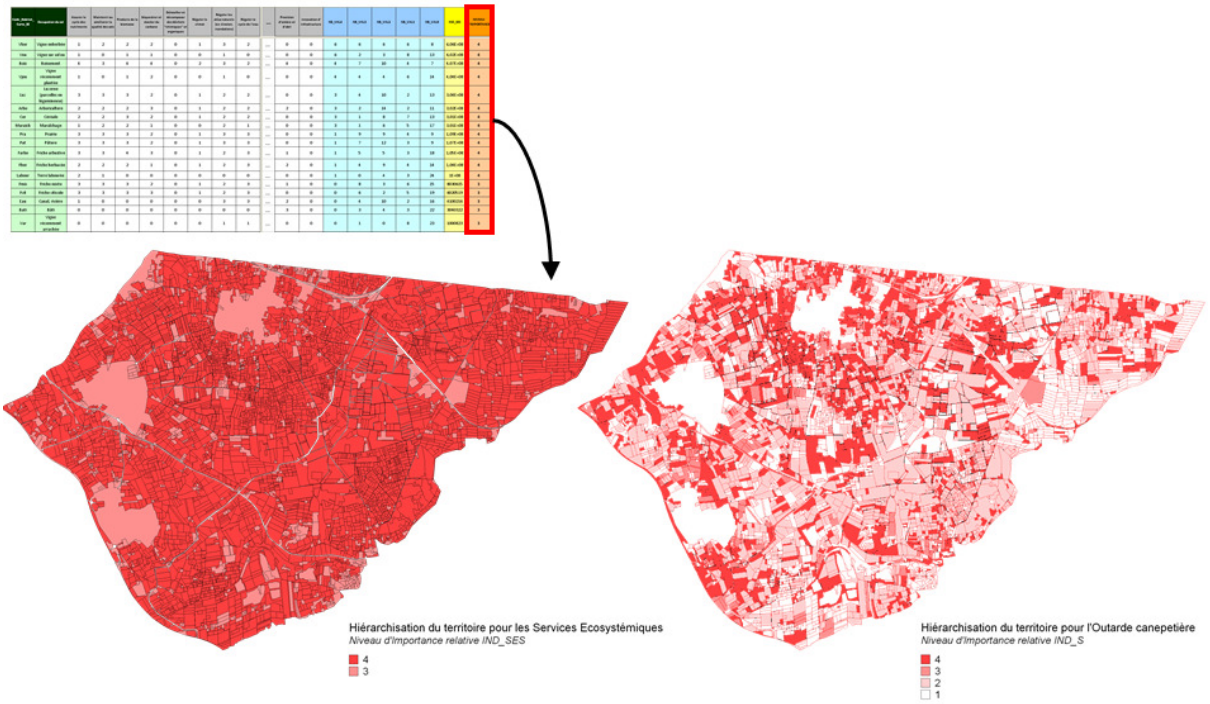


Figure 28 : Comparaison de l'indice d'impact sur les SE et l'indice de l'espèce outarde seul.

La recherche menée dans le Module 5 était préliminaire et principalement axée sur le développement méthodologique. Cette recherche a jeté les bases d'une approche "Services Ecosystémiques" qui s'appuie sur la discussion avec les experts et la cartographie de l'impact des infrastructures à l'échelle du paysage. La taille de la matrice à considérer (352 cellules à discuter) a représenté un défi majeur. Travailler avec moins de combinaisons d''utilisation des terres / SE rendrait le traitement plus aisé mais limiterait sans doute l'occasion pour les experts de soulever des questions spécifiques. Laisser les experts compléter la matrice individuellement et réaliser la réconciliation quantitative ultérieurement par les chercheurs reste une alternative viable, surtout si les résultats de ces analyses peuvent être partagés et discutés avec le même groupe d'experts.

Au-delà de ces améliorations méthodologiques, des recherches complémentaires pourraient être menées pour développer une future matrice des services écosystémiques, sur la base de changements attendus selon les caractéristiques démographiques et socio-économiques et selon les préférences sociétales pour les services écosystémiques associés. Un processus de visualisation ciblée avec les acteurs clés, complété par une analyse de données socio-économiques historiques, pourrait fournir l'information nécessaire. La future matrice des services écosystémiques pourrait alors être utilisée pour réévaluer certains scénarios de développement des infrastructures.

Module 6 : Prise de décision

Les procédures réglementaires

L'élaboration d'un projet d'ITT, suit un modèle décisionnel "réglementé", avec deux acteurs majeurs (l'Etat et le maitre d'ouvrage). Ensemble, ils décident et gèrent l'évolution et le dimensionnement du projet depuis sa conception jusqu'à sa mise en service. D'autres organes de consultation (ex : Commission CNPN, Préfet), de financement (ex : comité des co-financeurs) et de contrôle (ex : services de l'Etat « DREAL, DDTM ») participent au processus décisionnel mais leur influence est somme toute faible. La procédure décisionnelle peut être résumée comme suit :

- Le gouvernement est l'initiateur du projet.
- Le maitre d'ouvrage après consultation des parties prenantes concernées (financeurs, Etat, politique), présente une « proposition de projet » au gouvernement.
- Le gouvernement (Conseil d'Etat) se prononce, c'est-à-dire qu'il donne un avis sur la proposition de projet faite par le maitre d'ouvrage au Ministre des transports qui décide de lancer les études ou pas.
- A chacune des phases de projet, le maitre d'ouvrage présente au Ministère, un rapport pour valider la démarche qu'il a entrepris.
- Le maitre d'ouvrage fait des propositions aux parties concernées et monte les dossiers réglementaires qu'il présente aux services de l'Etat qui l'accompagnent dans ses démarches, au préfet qui préside les réunions des comités, de la commission du CNPN pour avis, et enfin au gouvernement pour validation. Cependant, ces avis, ne s'imposent pas au maitre d'ouvrage, qui peut choisir de les suivre ou pas. De manière générale, l'avis n'a pas de caractère contraignant juridiquement.
- Au final, le Ministre des Transports statue et prend une décision.

La figure n°29 ci-après, récapitule, de façon synthétique la procédure.

Spécificité de la prise de décision dans le cadre du projet du contournement ferroviaire de Nîmes-Montpellier,

Le projet du Contournement ferroviaire de Nîmes-Montpellier « CNM» est ancien. Mis à l'étude dans le cadre du projet TGV Méditerranée en 1990, sur une période de 20 ans, il a beaucoup évolué et s'est complexifié avec le temps (projet TGV Méditerranéenne, TGV Languedoc-Roussillon et CNM).

Le tracé, décidé par la DUP en 2005 quand les questions d'environnement étaient moins renseignées, n'a pas pris en compte les évolutions du projet et du cadre réglementaire qui se sont profondément transformés. L'étude de variante du tracé n'a concerné qu'une petite partie du tracé dans le Gard et les raccordements de la ligne nouvelle à la rive droite du Rhône.

La prise de décision a été très centralisée. Les comités (co-financeurs, technique, pilotage) sont consultés sur certains points par la maitrise d'ouvrage. Ils participent à la gouvernance du projet mais leur poids décisionnel reste faible.

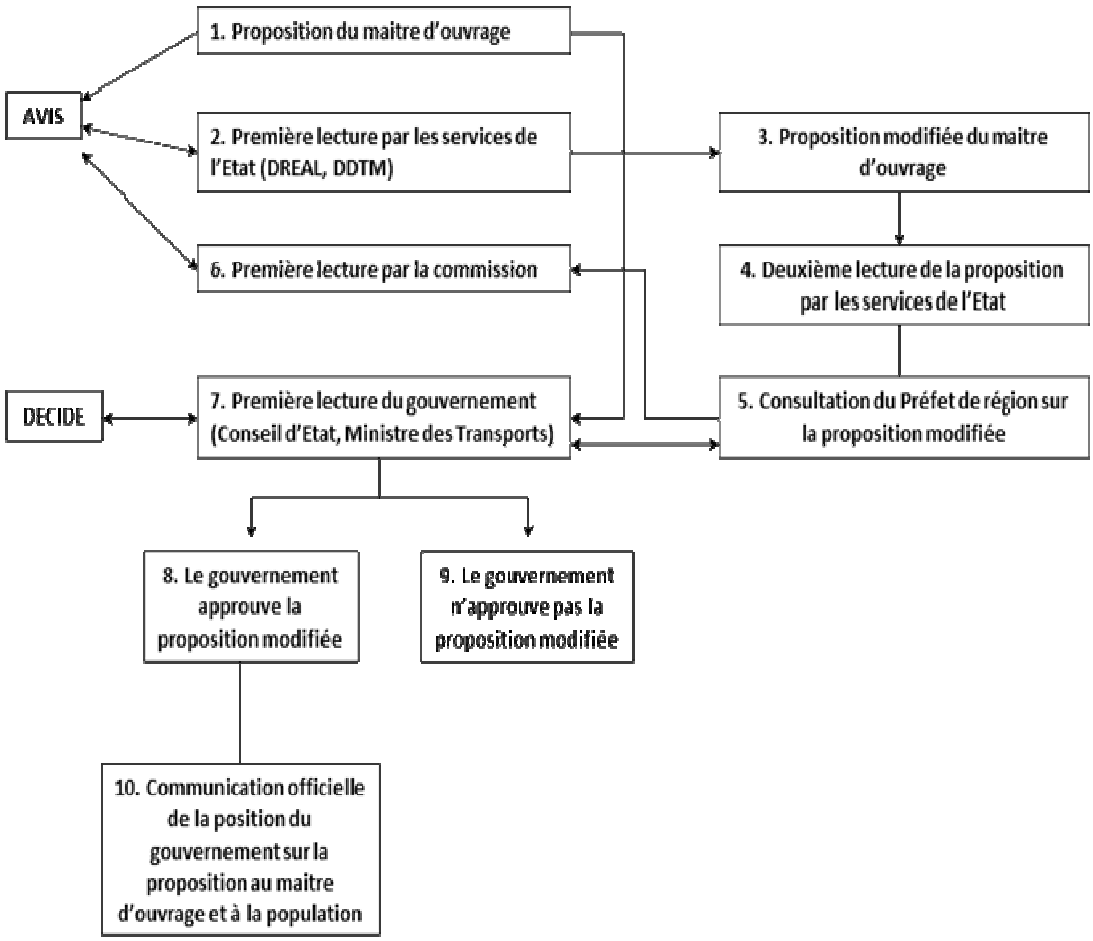


Figure 29 : La procédure de la prise de décision au sein d'un projet d'ITT.

La principale contradiction du projet réside dans la décision du choix du tracé prise dans un cadre réglementaire qui s'est transformé depuis. La même décision ne pourrait probablement pas être prise actuellement. La ZPS a été créée en 2006. Avant même cette création, les études préalables environnementales identifiaient des impacts et des enjeux environnementaux majeurs. La DUP traduit la volonté des instances décisionnelles (gouvernement, maitre d'ouvrage) de figer le tracé avant la création de la ZPS et de choisir la voie des mesures compensatoires plutôt que de procéder à une nouvelle analyse du tracé dans son ensemble.
Compte tenu de la faible connaissance des impacts, dans les mesures d'accompagnement, le projet CNM a privilégié la question de l'outarde canepetière, seule question relativement bien informée. Ce choix est un choix par défaut.

En résumé, les décisions ont été prises « peu informées », en particulier la DUP, décision irrévocable qui fige le projet. Seules les autorisations particulières de dérogation espèces protégées et la loi sur l'eau peuvent en partie remettre en cause la DUP. Mais souvent les recommandations des comités relèvent des contrats de mise en œuvre où les ajustements sont contraints par les enveloppes financières prévues. La marge de manœuvre en est réduite.

Le caractère peu informé de la décision traduit à la fois le manque d'information disponible mais aussi une volonté d'éviter les contraintes environnementales, encore souvent considérées comme un frein à la réalisation des ITT.

La notion de biodiversité est plus ou moins bien traitée dans le processus de prise de décision en fonction des intérêts et des sensibilités de chacun. Deux éléments jouent : i) le rapport de force entre les acteurs ; ii) les sensibilités personnelles des décideurs. En fonction de ces constations, trois grandes recommandations peuvent être faites pour améliorer la prise en compte des enjeux de la biodiversité et plus généralement de l'environnement :

- Une révision des procédures réglementaires liant mieux les décisions irrévocables et "les informations environnementales".
- Cette révision pourrait aussi garantir plus de flexibilité, permettant la remise en cause des décisions en cas de déficit avéré d'informations ; ii) la rendant moins dépendante des rapports de forces et des sensibilités entre acteurs..
- La nécessité de disposer d'une information sur les enjeux territoriaux bien en amont de la prise de décision.

ENSEIGNEMENTS ET PERSPECTIVES

Analyse critique de la démarche et des outils proposés

Le projet IMPACT a souffert d'un certain nombre de difficultés.

La mobilisation des données, en définitive assez rares, a été difficile.

La mobilisation des partenaires a été insuffisante. Le jugement doit être relativisé. Compte tenu de leurs agendas, l'implication des partenaires a été remarquable. Ils ont fait preuve de disponibilité, d'ouverture d'esprit, de volonté de partage des expériences, des connaissances et des données. Mais cette implication était en deçà des nécessités du projet qui exigeait encore plus de moments de concertation et de validation, dans un processus voulu de co-construction et de co-gestion.

Le projet a développé des méthodes et des outils.

Le module 1 "fouille de données" n'a pu être mené à bien compte tenu de l'absence de données en volume suffisant. L'équipe du projet aurait du s'assurer, en préalable de la réelle disponibilité des données. La démarche était très exploratoire et donc sa non réalisation n'a pas pénalisé la globalité des travaux. Une démarche d'extraction de connaissances, de recherche de règles d'évolution dans le cadre des dynamiques territoriales reste novatrice et d'intérêt pour compléter les travaux menés.

Le module 2 "dynamiques territoriales et règles d'évolution" a permis de déterminer les éléments importants de l'écosystème des Costières et d'en tirer des règles d'évolution. Les choix ont été essentiellement qualitatifs et intuitifs, principalement à dire d'experts. L'utilisation d'outils quantitatifs aurait permis une meilleure justification des variables retenues. La prise en compte des impacts a été insuffisante mais ce fait traduit la faiblesse des études d'impacts réalisées et l'absence de données. Malgré ces lacunes, l'identification des règles d'évolution et leur pertinence pour la suite des travaux valide la « modélisation conceptuelle DPSIR », adaptée aux territoires, pour identifier les dynamiques territoriales, à la fois paysagères et écologiques.

Le module 3 "modélisation et simulation" a montré l'intérêt et l'opérationnalité de l'outil OCELET dans la simulation des dynamiques paysagères et environnementales. La simulation de paysages virtuels est généralement utilisée pour illustrer comment un ouvrage va s'insérer dans le paysage. Notamment, elle permet de montrer de "manière esthétique" comment le paysage est modifié. Dans IMPACT, nous avons essayé de modéliser comment l'ouvrage peut modifier les processus à l'œuvre dans le paysage. Les principaux processus pris en compte ont été socio-économiques, qui conduisent à des changements d'utilisation des terres, et écologiques. Comprendre un processus pour pouvoir le modéliser requiert des données et de la discussion/réflexion avec les acteurs pour saisir les implications subtiles, impossibles à identifier dans une analyse stricte des données. La dimension "vécue" est déterminante. Le projet, et la modélisation, ont manqué de données et de partenariat. Nous l'avons déjà signalé. La démarche a été néanmoins porteuse. Des progrès méthodologiques sont à réaliser pour améliorer la représentation des processus pertinents pour une problématique donnée, pour les décrire de manière adaptée en utilisant de données de sources multiples, et pour donner un sens partagé à ces représentations en collaboration avec les acteurs du territoire concerné.

Le module 4 n'a pas atteint ses objectifs d'opérationnalité et de généralisation d'outils en appui à la mesure d'impact des ITT. L'ambition lors de la conception était peu réaliste. De tels objectifs nécessitent d'autres études de cas.

Le module 5 a permis une recherche exploratoire aux premiers résultats prometteurs sur l'utilisation des services écosystémiques comme outils de mesure des impacts d'ITT.

Le module 6 "processus décisionnel" a fourni un cadre de réflexion sur l'intégration des informations environnementales dans la gestion de projets ITT. Les travaux ont permis de relativiser l'impact de l'information dans la prise de décision. L'information manque. Elle est difficilement mobilisable car les différents acteurs ont peu intérêt à la socialiser. Elle est peu utilisée, parfois de manière volontaire, pour éviter de complexifier les dossiers.

En tout état de cause ces résultats, même incomplets, nous semblent valider les choix qui avaient orienté la conception du projet, à savoir :

- Choix de la modélisation territoriale pour traiter les données permettant la production d'une information pertinente,
- Choix d'une démarche partenariale car l'utilisation de l'information dépend de son appropriation par les acteurs. Ce sont aussi ces acteurs qui opérationnaliseront, au quotidien, les méthodes testées dans IMPACT en les transformant en outils efficaces.

Les lacunes ont été liées à des déficits de mise en œuvre et à des manques de moyens. Elles ne remettent pas en cause les orientations fondamentales du projet IMPACT.

Le projet a mis aussi en évidence la faiblesse des connaissances sur la biodiversité ordinaire et de sa prise en compte dans des approches qui doivent être territoriales. Dans le cas du projet CNM, la prise en compte de la biodiversité s'est limitée à la gestion d'une espèce remarquable, protégée l'outarde. Cette population est devenu emblématique mais aussi une "caution" pour justifier la volonté du maître d'ouvrage de respecter les enjeux de la biodiversité. La protection de l'outarde est totalement pertinente, mais n'y-avait-il pas d'autres enjeux qui ont été oubliés ou non identifiés ?

La continuité passe bien sûr par des actions de consolidation méthodologique qui sont du champ de la recherche. Pour chacun des modules, des propositions d'améliorations méthodologiques et des perspectives de recherche ont été proposées. Mais de manière peut être plus déterminante, les questions de processus réglementaires (prise en compte de la biodiversité dans les phases de concertation en amont de projet avant les décisions irrévocables), d'intégration pour obtenir des outils opérationnels (répondant aux besoins des partenaires), de dialogue partenarial (amélioration des phases de concertation et socialisation des enjeux dans des processus de "pédagogie citoyenne"....) sont centraux.

Ces questions ne peuvent être abordées que partiellement dans le cadre de projets de recherche. Elles posent des questions d'organisation des relations entre les services de l'Etat, maitre d'ouvrage, et les acteurs privés, bureaux d'études, en charge de la production de connaissances et de l'information.

Réfléchir à ces questions a été la mission d'un groupe de travail « impacts sur la biodiversité ». Ce groupe, piloté par la DREAL Languedoc Roussillon, a constitué une instance de réflexion et de débats inter acteurs entre bureaux d'études, maître d'ouvrage et services de l'Etat. Il a permis i) de clarifier les attentes des différents acteurs, ii) de dresser un état des lieux des pratiques et iii) de proposer des améliorations et des modalités de travail en commun.

Les sessions de travail étaient basées sur des présentations suivies de temps d'échanges. La forte implication des participants, le respect des différents points de vue et la préoccupation commune d'aboutir à des propositions opérationnelles ont permis d'identifier des

points de convergence fondamentaux sur les évolutions souhaitées et les modalités concrètes de leur mise en œuvre.

Nous présentons ci-après quelques éléments de la synthèse des travaux qui portent principalement sur l'amélioration de l'étude d'impact et sur les modalités de gestion des projets.

Quelques enseignements génériques sur la mise en œuvre des projets d'ITT

La conception et la réalisation d'un projet d'ITT dans le respect de l'environnement relève d'abord d'une démarche administrative. Mais le respect de normes ne suffit pas. La biodiversité est encore souvent perçue par les maîtres d'ouvrages comme une contrainte ou un risque et non comme un facteur à intégrer dans la réflexion au même titre que d'autres facteurs économiques ou techniques. Répondre aux obligations administratives, qui seront de plus en plus renforcées dans les prochaines années, dans une approche minimaliste ne pourra suffire. Les différents acteurs doivent contribuer à un véritable effort de prise en compte de l'environnement aux différentes étapes de conduite du projet. Cela va nécessiter d'acquérir de nouvelles connaissances, de développer de nouvelles méthodes et pratiques.

L'étude d'impact,

L'étude d'impact est au cœur de la question. Nous avons vu que cette étude souffrait de lacunes pour être un véritable outil d'aide à la décision pour l'aménagement du territoire : lacunes de connaissances en ce qui concerne l'état initial, l'analyse des continuités écologiques, les interactions avec des habitats connexes et l'analyse des impacts qu'ils soient directs et indirects, les indirects étant trop souvent ignorés des études d'impact ; lacunes méthodologiques pour que la conduite de l'étude d'impact soit un lieu d'échanges et d'itération entre le maître d'ouvrage et le bureau d'étude.

Un des défis majeurs est d'améliorer et standardiser les méthodes des études d'impact.

Quelques pistes peuvent favoriser ces évolutions nécessaires :

Anticiper et prendre en compte l'environnement dès l'idée de projet. La pertinence d'un projet et de sa localisation sont rarement interrogés du point de vue environnemental dans des phases avancées de conception lorsque le niveau d'impacts sur l'environnement nécessite un argumentaire précis justifiant de son intérêt public et de l'absence de solutions alternatives de moindre impact. L'anticipation est un facteur clé. La prise en compte tardive de la biodiversité dans la conception et la réalisation des projets conduit régulièrement à des difficultés (impacts inutiles sur l'environnement, refus d'autorisation, défaut de qualité des études ou des projets, retards consécutifs à la réalisation des compléments d'étude,...). L'anticipation apparaît comme un facteur clé pour l'amélioration des pratiques. Plusieurs éléments peuvent y contribuer :

- Du temps donné aux phases de conception du projet (la tendance actuelle étant à la sous-estimation).
- Le renforcement de la pratique des pré-diagnostics permettant aux bureaux d'études de calibrer une offre proportionnée aux enjeux sur la base d'un premier repérage de terrain, de proposer un véritable conseil au maître d'ouvrage, de trouver les meilleures solutions, d'anticiper sur les problématiques, d'identifier les projets incompatibles avec les cadres réglementaires

Avoir une vision d'ensemble du projet ou du programme, vision qui prenne en compte l'ensemble du périmètre géographique et fonctionnel du projet et du programme dans lequel il est éventuellement inséré. L'évaluation des impacts repose souvent sur une approche qui ne tient compte que de l'emprise surfacique minimale sans considérer le projet dans son ensemble ni dans les phases finales de sa réalisation ou de son exploitation. La prise en compte des impacts indirects est insuffisante. Cette situation conduit à une tendance généralisée à sous-estimer les impacts ou à proposer des mesures d'évitement ou de réduction qui ne sont pas opérantes.

Prendre en compte les échelles spatiales et temporelles.

Les approches statiques basées sur la seule emprise du projet à un instant donné sont insuffisantes. Prendre en compte l'historique, les facteurs et les perspectives d'évolution d'un territoire ainsi que les différentes échelles géographiques pertinentes permet de mieux contextualiser et analyser les situations et les impacts d'un projet. Les niveaux d'enjeux écologiques peuvent être analysés au regard des données à différentes échelles (zone d'étude, locale, régionale, nationale, internationale), ceci sans conduire à une minimisation des impacts (logique de dilution). Les impacts doivent de plus être étudiés et analysés à différentes échelles temporelles (court, moyen et long terme).

Développer les approches quantitatives

Refléter les réalités de terrain nécessite un réel effort d'objectivation pour éviter les biais observateurs et pouvoir présenter des éléments compréhensibles pour le maître d'ouvrage et les différents acteurs concernés. Le recours aux indicateurs, aux méthodologies, aux calculs et à la modélisation va dans ce sens. La pratique courante du dire d'experts vient compléter cette approche afin d'enrichir les éléments d'analyse et de pallier les lacunes des connaissances dans certains domaines. La quantification des impacts, lorsqu'elle est possible permet d'apprécier objectivement l'analyse. Afin de réduire la part de subjectivité, il convient de faire référence, autant que faire se peut, à des ressources bibliographiques traitant du même sujet ou de sujets similaires.

Ces améliorations devraient permettre d'obtenir des études d'impacts de qualité avec des états initiaux complets et des propositions d'évitement, de réparation ou de compensation réalistes, c'est-à-dire réalisables, efficaces et compatibles avec les caractéristiques du projet.

La gestion des projets :

Mais disposer d'études de qualité ne signifie pas qu'elles soient utilisées. La gestion des projets doit se modifier pour favoriser les articulations entre réalisation et suivi des impacts sur l'environnement. La réalisation idéale d'un projet passe probablement par une démarche itérative qui intègre, étape par étape, les résultats de l'étude d'impact qui devrait se pérenniser tout au long du projet. Ces résultats donnent matière aux évolutions et aux réajustements du projet.

Dans cette perspective, une autre recommandation pourrait être de ***développer une certaine flexibilité dans la mise en œuvre du projet***. Cette flexibilité pourrait se traduire par la mise en œuvre de tranches fermes et de tranches conditionnelles, réalisables en fonction de l'avancement du projet, du résultat des études et des risques identifiés. Cette flexibilité permettra aussi de gérer i) les décalages réglementaires et méthodologiques, entre le début et la fin des grands projets structurants qui peuvent prendre plusieurs années, ii) les évolutions du contexte écologique local par une modification de l'occupation des sols (effets d'annonce du projet, mutation dans les pratiques agricoles, incendie…) ou encore la réalisation de nouveaux projets, initialement non identifiés, nécessitant d'analyser ou d'actualiser les effets cumulés. Dans ces situations, la réactualisation de l'étude d'impact peut être nécessaire.

La flexibilité concerne aussi les méthodes. Si l'ensemble des acteurs soulignent la nécessité de disposer d'éléments de cadrage généraux et de référentiels techniques (standardisation des méthodes), l'appréciation des situations ne relève pas d'une démarche standard et nécessite un examen au cas par cas pour chaque projet. Il semble essentiel de baser le travail sur une bonne connaissance des caractéristiques du projet et du territoire permettant d'évaluer les impacts et de définir les différentes mesures d'une manière contextualisée et adaptée à la situation donnée.

Se pose ici le déficit de connaissances dont souffre l'écologie territoriale. Nous l'avons vu dans IMPACT, la difficulté de mobiliser des connaissances et des données est grande. Pour atténuer cette contrainte, deux actions peuvent être envisagées :

- Des études systématiques de production de connaissance sur l'état de la biodiversité en France ;
- Une mutualisation des connaissances et des données produites.

La connaissance ne peut seulement être produite par les bureaux d'études en appui aux projets d'aménagement. La responsabilité est aussi de la recherche, mais en liaison avec les acteurs de l'aménagement du territoire.

Malgré les difficultés de mise en oeuvre, l'intérêt d'un projet d'articulation entre les acteurs et les chercheurs comme IMPACT a été validée par les évaluations qualitatives. La mise en œuvre d'un travail partenarial entre bureaux d'études et équipes de recherches est une des suites prioritaires identifiées : intégration des questions de terrain aux programmes de recherches, partenariat avec des équipes scientifiques pour les grands projets, lancement de programmes spécifiques, réponse commune aux appels d'offres, expertises communes. L'enjeu est la mise en œuvre d'un programme ambitieux de production de connaissances. L'ANR et le programme H2020 peuvent probablement financer de telles recherches.

En appui à ce programme, en considérant que les connaissances et données sont un bien public, ayant un coût de production notable, la mutualisation des données, des méthodologies des connaissances et des approches est à rechercher, malgré un fort contexte concurrentiel.

Cela passe probablement par de nouvelles relations entre les maîtres d'ouvrages et les bureaux d'études, relations moins commerciales et moins contraintes par la notion de donneurs d'ordre (montant de prestations à la baisse, pressions pour obtenir des résultats ne mettant pas trop en question les projets, dérives sur l'utilisation des résultats...). La rédaction de chartes de compétences ou de codes de déontologie au sein des bureaux d'études ainsi que la mise en place de conditions dans les contrats de prestation sont des éléments essentiels permettant de garantir une éthique de travail cohérente avec les objectifs de qualité et de préservation de l'environnement. Le maintien des compétences, de l'indépendance de jugement, de l'objectivité, et d'un positionnement intègre dans les relations de travail sont cités comme des points clés des codes de déontologie. Ces points sont aussi à intégrer dans les contrats de prestations.

De fait, c'est bien un processus de mise en œuvre de nouvelles gestions de projets qui est en jeu. Ce processus implique probablement d'accepter de nouveaux paradigmes : prise en compte réelle des questions d'environnement et de biodiversité, comme un fait, à aborder de manière argumentée et non plus comme une contrainte à éviter ; développement de pratiques de concertation et d'échanges.

ANNEXES

Annexe 1 : Bibliographie..... Erreur ! Signet non défini.

Annexe 2 : Listes des tableaux, graphes, cartes et figures... Erreur ! Signet non défini.**1**

Annexe 3 : Listes des encadrés. ..... Erreur ! Signet non défini.**3**

Annexe 4 : Liste des sigles, acronymes et abréviations Erreur ! Signet non défini.**5**

Annexe 5 : Projet IMPACT initial. ..... Erreur ! Signet non défini.**7**

Annexe 1 : Bibliographie

ABRIC J-C., 2004. – Le questionnaire, (éd. Armand Colin : Psychologie de la communication, Théorie et méthodes), 52-54.

ADLA Abdelkader, 2010. – Aide à la facilitation pour une prise de décision collective : proposition d'un modèle et d'un outil. Thèse de doctorat, Université de Toulouse II – Paul Sabatier, 170p.

AFITEP, 2010. – Dictionnaire de management de projet, (5ème édition AFNOR), 525.

Agence d'Urbanisme et de Développement des Régions Nîmoise et Alésienne, Éléments pour une stratégie d'aménagement du territoire face à l'évolution des territoires agricoles, SCOT du Sud du Gard, Programme de travail en partenariat, Décembre 2007.

ALTENBURGER Aurélie, 2009. – L'impact de la concertation sur le contenu des études et sur la démarche du maitre d'ouvrage, le cas du projet de Ligne à Grande Vitesse Poitiers-Limoges, 19.

ANTONI J.-Ph., Calibrer un modèle d'évolution de l'occupation du sol urbain. L'exemple de Belfort, Cybergeo : European Journal of Geography[En ligne], Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, article n°347, mis en ligne le 19/07/2006, 20p.

Augusseau X., Aulanier F., Bégué A., Bourgoin J., David D., David G., Degenne P., Fargette M., Lagabrielle E., Lajoie G., Laurent J.B., Lebourgeois V., Lestrelin G., Lo Seen D., Loireau M., Tillard E., Todoroff P., Tonneau J.P., et F. Vitry, 2013. Simulation cartographique au service de l'innovation collective - Géoprospective territoriale à l'île de la Réunion. Spatial Analysis and GEOmatics conference (SAGEO), Brest (FR), 23-26 septembre 2013.

BALESTRAT M., Systèmes d'indicateurs spatialisés pour la gouvernance territoriale : Application à l'occupation du sol en zone périurbaine languedocienne, thèse préparée au sein de l'UMR TETIS – AgroParisTech – Cemagref - Cirad, soutenues le 29 juin 2011, 402p.

BAROUCH G., 1989. – La décision en miettes, système de pensée et d'action à l'œuvre dans la gestion des milieux naturels, 237.

BEAUD S. ; WEBER F., 1997. – Guide de l'enquête de terrain, Paris : La Découverte, 356.

BERARD Céline, 2006. – Le processus de décision dans les systèmes complexes : une analyse d'une intervention systémique. Thèse de doctorat, Université Paris-Dauphine, 621p.

BERION P., Analyser les mobilités et le rayonnement des villes pour révéler les effets territoriaux des grandes infrastructures de transport, les Cahiers Scientifiques du Transport, N° 33/1998 - Pages 109-127.

BIOTOPE et BioGéo, 2007. – Rapport final : compréhension des impacts des infrastructures de transports terrestres sur le milieu naturel, vers une prise en compte de la dynamique des territoires, 183.

BISHOP Clare, 2002. – Guide technique du cycle de projet – Programme d'analyse socioéconomique selon le genre (ASEG : organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), Italie (Rome), 95.

BLANCHET A., GOTMAN A., 1992. – L'enquête et ses méthodes : l'entretien, Paris : Nathan, 126.

BOUCOMONT Arnaud, 01/09/2012. – Languedoc-Roussillon A9 et LGV : des projets qui avancent mais à petits pas. Article MIDI-LIBRE.

BOUCOMONT Arnaud, 28/07/2012. – Tracé de la LGV : vitesse sans précipitation. Article MIDI-LIBRE.

BRL 50 ans L'album, Ouvrage réalisé à partir des archives de BRL, avec l'appui de l'amicale des anciens et des collaborateurs du groupe, 2005, 81p.

Brouwer, R., L. Brander, O. Kuik, E. Papyrakis, and I. Bateman. 2013. A synthesis of approaches to assess and value ecosystem services in the EU in the context of TEEB.

BRUNET R., Des modèles en géographie ? Sens d'une recherche, Bulletin de la Société géographique de Liège, 39, février 2000, p 21-30.

C. Fiot, A. Laurent and M. Teisseire « Fuzzy sequential pattern mining in Incomplete Databases » Mathware and Soft Computing Journal, Vol 15, No 1, pp. , 41-59, 2008.

Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques (CERTU), 2001. – L'analyse des systèmes d'acteurs : cahier n°1, diagnostics des territoires et système d'acteurs. Lyon, 100.

Certu, Une introduction à l'approche systémique, Appréhender la complexité, Les rapports d'étude, n° de production : 13029, février 2007, 84p.

CGPC, 2000. – Rapport d'audit : les projets ferroviaires, 137.

CHETELAT Joël, 2005. – Eléments méthodologiques de diagnostic paysager utilisant les systèmes d'information géographique. Thèse de doctorat, Université de Fribourg, 237p.

Chevassus-au-Louis, B., J. M. Salles, and J.-L. Pujol. 2009. Approche Économique de la Biodiversité et des Services Liés aux Écosystèmes. Contribution à la Décision Publique. République France, Premier Ministre, Centre D'Analyse Stratégique.

CHEVASSUS-AU-LOUIS, B., SALLES, J. M. & PUJOL, J.-L. 2009. Approche Économique de la Biodiversité et des Services Liés aux Écosystèmes. Contribution à la Décision Publique. République France, Premier Ministre, Centre D'Analyse Stratégique.

CHICOINE M., 2007. – Analyse du processus décisionnel du projet de l'aménagement du bassin Peel par Loto-Québec. Mémoire de fin d'étude, Université du Québec à Montréal, 122p.

CoGard et BRL Ingénierie, Synthèse des suivis de 2000 à 2004 sur les populations d'oiseaux, dont celle d'outarde canepetière nicheuse, en relation avec la ligne grande vitesse dans la plaine du Pujaut (Gard), Observatoire de l'Environnement de la LGV Méditerranée – fiche 6, Octobre 2004

Commission Européenne, 2001. – Manuel Gestion du Cycle de projet, 44.

Conseil Economique Social et Environnemental Régional (CESER), 2013. – Rapport d'autosaisine du CESER, Montpellier, 55.

Conseil Général de l'Hérault, 2010. – Etude d'aménagement volet agricole et foncier liée au contournement ferroviaire de Nîmes et Montpellier, 27.

Conseil Général du Gard, 2012. – Contournement ferroviaire de Nîmes et Montpellier : approbation des conventions de financement, (séance extraordinaire de la commission infrastructures et déplacements), Nîmes, 93.

Conservatoire des espaces naturels du Languedoc-Roussillon (CEN LR), 2006. – Rapport d'enquête : les espaces naturels protégés du Languedoc-Roussillon, vers un réseau de gestionnaires, 111.

COSTANZA, R. 2008. Ecosystem services: Multiple classification systems are needed. Biological Conservation 141:350-352.

COSTANZA, R., D'ARGE, R., GROOT, R. D., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R. V., PARUELO, J., RASKIN, R. G., SUTTON, P. & BELT, M. V. D. 1997. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. Nature, 387, 253.

Costanza, R., R. D'Arge, R. De Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton, and M. Van den Belt. 1997. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. Nature 387:253-260.

Crossman, N. D., B. Burkhard, and S. Nedkov. 2012. Quantifying and mapping ecosystem services. International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management 8:1-4.

DAILY, G. 1997. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems, Island Press.

Daily, G. C., editor. 1997. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Island Press, New York, NY.

Daily, G. C., S. Polasky, J. Goldstein, P. M. Kareiva, H. A. Mooney, L. Pejchar, T. H. Ricketts, J. Salzman, and R. Shallenberger. 2009. Ecosystem services in decision making: time to deliver. . Frontiers in Ecology and Evolution 7:21-28.

DE CARLO Laurence, 2006. – The French high-speed Mediterranean train decision process: a large-scale public decision case study, (vol.24: Conflict Resolution Quarterly), 3-30.

De Groot, R. S. 1992. Functions of Nature : Evaluation of Nature in Environmental Planning, Management and Decision Making. Wolters-Noordhoff, Groningen.

DE GROOT, R. S., ALKEMADE, R., BRAAT, L., HEIN, L. & WILLEMEN, L. 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. Ecological Complexity, 7, 260-272.

De Groot, R. S., R. Alkemade, L. Braat, L. Hein, and L. Willemen. 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. Ecological Complexity 7:260-272.

Degenne P, Ait Lahcen A, Curé O, Forax R, Parigot D, Lo Seen D, 2010. Modelling with behavioural graphs. Do you speak Ocelet? International Congress on Environmental Modelling and Software, July 5-8, Ottawa, Ontario, Canada. http://www.iemss.org/iemss2010/

Degenne P., Lo Seen D., Parigot D., Forax R., Tran A., Ait Lahcen A., Curé O., Jeansoulin R., 2009. Design of a domain specific language for modelling processes in landscapes. Ecological Modelling, 220(24):3527-3535.

DEGENNE P., Une approche générique de la modélisation spatiale et temporelle : application à la modélisation des paysages, thèse soutenue le 13 mars 2012, Université Paris-Est, 194p.

DEGENNE PASCAL, 2012. – Une approche générique de la modélisation spatiale et temporelle : application à la modélisation des paysages. Thèse de doctorat, Université Paris-Est, 196p.

DEGENNE, P., PARIGOT, M., CUR´E, O., LAHCEN, A. A., FORAX, R. & LO SEEN, D. Modelling the environment using graphs with behaviour: do you speak Ocelet? In: SWAYNE, D. A., YANG, W., VOINOV, A. A., RIZZOLI, A. & FILATOVA, T., eds. 2010 International Congress on Environmental Modelling and Software. Modelling for Environment's Sake, Fifth Biennial Meeting, 2010 Ottawa, Canada.

Ding W. and Eick C.F. « Supervised Spatial Association Rule Mining: A Stratified Approach », DE 2006, pp 1-7.

DISCA Thierry & SIBORA Nancy, 2003. – Contournement de Nîmes et Montpellier, un grand projet ferroviaire confié à OCVIA : DOSSIER 3D - Étude des milieux aquatiques, Montpellier, 98.

DKHAILI, 2011. – Construction du processus décisionnel et évaluation du risque de crédit : l'apport de l'approche comportementale, (revue Comptabilités, économie et société), Montpellier, 33.

DOCOB Natura 2000 ZPS Costières nîmoises, septembre 2011, 125p.

DREAL, 2013. – Evaluation des incidences, espèces protégées et évaluation environnementale : évolutions réglementaires et prise en compte de la biodiversité, Journée à l'attention des bureaux d'étude, 8.

Ehrlich, P. R., and H. A. Mooney. 1983. Extinction, Substitution, and Ecosystem Services. BioScience 33:248-254.

Ernston, H., and S. Sörlin. 2013. Ecosystem Services as Technology of Globalization: On Articulating Values in Urban Nature. Ecological Economics 86:274-284.

ESPINASSE Bernard, 2009. – Décision et processus décisionnels, (cours à l'université d'Aix-Marseille), 8.

Fayyad U. M., Piatetsky-Shapiro G., Smyth P., « From Data Mining to Know-ledge Discovery : an Overview », Advances in knowledge discovery and data mining, vol. 1, 1996, p. 1–34.

Fei Chiang and Renée J. Miller. Discovering Data Quality Rules. PVLDB'08 [Devillers et al., 2010] : R. Devillers, A. Stein, Y. Bédard, N. Chrisman et P. Fisher, W. Shi. 30 years of research on Spatial Data Quality – Achievements, failures and opportunities, Transactions in GIS, volume 14, numéro 4, pp. 387-400.

Fisher, B., R. K. Turner, N. D. Burgess, R. D. Swetnam, J. Green, R. E. Green, G. Kajembe, K. Kulindwa, S. L. Lewis, R. Marchant, A. R. Marshall, S. Madoffe, P. K. T. Munishi, S. Morse-Jones, S. Mwakalila, J. Paavola, R. Naidoo, T. Ricketts, M. Rouget, S. Willcock, S. White, and A. Balmford. 2011. Measuring, modeling and mapping ecosystem services in the Eastern Arc Mountains of Tanzania. Progress in Physical Geography 35:595-611.

FISHER, B., TURNER, R. K., BURGESS, N. D., SWETNAM, R. D., GREEN, J., GREEN, R. E., KAJEMBE, G., KULINDWA, K., LEWIS, S. L., MARCHANT, R., MARSHALL, A. R., MADOFFE, S., MUNISHI, P. K. T., MORSE-JONES, S., MWAKALILA, S., PAAVOLA, J., NAIDOO, R., RICKETTS, T., ROUGET, M., WILLCOCK, S., WHITE, S. & BALMFORD, A. 2011. Measuring, modeling and mapping ecosystem services in the Eastern Arc Mountains of Tanzania. Progress in Physical Geography, 35, 595-611.

FLEURY Cynthia & PREVOT-JULLIARD Anne-Caroline, 2012. – L'exigence de la réconciliation : biodiversité et société, édition Fayard.

FOURNIAU Jean-Michel, 1994. – Rendre la décision plus transparente : évolutions récentes des pratiques françaises de conduite des grands projets d'infrastructure de transport, (FLUX : vol.10), 33-46.

FOURNIER J-M, Géographie sociale et territoires, de la confusion sémantique à l'utilité sociale ?, Créso, Université de Caen, Eso – UMR 6590 CNRS, n°26, septembre 2007, 7p.

GARIN-FERRAZ Ghislaine, 2006. – Impacts des infrastructures de transports terrestres sur les paysages et les écosystèmes. Compte rendu de la journée d'études animée par Stéphane BUGAT, 68.

GAUTHIER E., Le maraîchage, nouvelle étape du parcours migratoire Hmong, n°1243 ; Novembre-Décembre 2011.

GAVIGNAUD G., La vigne méridionale, une source de développement économique contrariée à l'époque contemporaine, In Histoire, économie et société. 1997, 16e année, n°3. Environnement et développement économique. pp. 453-462

GÓMEZ-BAGGETHUN, E. & RUIZ-PÉREZ, M. 2011. Economic Valuation and the Commodification of Ecosystem Services. Progress in Physical Geography, 35, 613-628.

Gómez-Baggethun, E., and M. Ruiz-Pérez. 2011. Economic Valuation and the Commodification of Ecosystem Services. Progress in Physical Geography 35:613-628.

GOURMELON et al., Eléments de prospective environnementale dans une réserve de biosphère, Cybergeo : European Journal of Geography [En ligne], Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, article 429, mis en ligne le 25 septembre 2008.

H. Alatrista Salas, J. Azé, S. Bringay, F. Cernesson, F. Flouvat, N. Selmaoui-Folcher et M. Teisseire. Revue des nouvelles technologies de l'information (RNTI) - Numéro spécial "Qualité des Données et des Connaissances – Evaluation des Méthodes d'Extraction des Connaissances dans les Données" - à paraître -2011.

HAINES-YOUNG, R. & POTSCHIN , M. 2010. The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. In: RAFFAELLI, D. G. & FRID, C. L. J. (eds.) Ecosystem Ecology: A New /synthesis. Cambridge University Press / British Ecological Society.

Historical spatio-temporal aggregation. ACM Transaction Information Systems, volume 23, numéro 1, pp. 61-102.

IMPACT, Appel à projets de recherche ITTECOP 2012, Proposition de l'UMR TETIS, Mai 2012.

JOUVE P. et TALLEC M., Une méthode d'étude des systèmes agraires par l'analyse de la diversité et la dynamique des agrosystèmes villageois, Les cahiers de la Recherche et Développement, Dossier : Recherche-Système n°39, 1994, pp. 43-59.

KILLI Anne, cité dans le Guide de conduite de projet de BREST, 2007.

KLEIN G., 2008. – Naturalistic Decision Making Humans Factors. The journal of the humans factors and ergonomics society, 50 : 456-460.

KREIT Zakwan, 2007. – Contribution à l'étude des méthodes quantitatives d'aide à la décision appliquées aux indices du marché d'actions. Thèse de doctorat, Université Montesquieu-Bordeaux IV, 321p.

L. Muñoz, J. Mazón et J. Trujillo (2009). Automatic generation of ETL processes from conceptual models. In : Proc. of the 12th International Workshop on Data Warehousing and OLAP (DOLAP 2009), ACM Press, pp. 33-40.

LE BERRE M., Territoires, in Encyclopédie de la Géographie Economica. 1992.

LE TIXERANT M. et F. GOURMELON, Approche dynamique du déroulement d'activité humaines en mer côtière, Cybergeo : European Journal of Geography [En ligne], Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, document 333, mis en ligne le 06 janvier 2006.

LEDUC & RAYMOND, 2000. Cité par KOUROUMA Dan Lansana, 2007. – Evaluation des impacts environnementaux du projet d'exploitation des gisements de bauxite de N'Dangara et de Boundou Waadé en Guinée. Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie, Université Conakry, 12p.

LEHEIS S., 2009. – Etude du TGV Méditerranée. Thèse de doctorat, Université Paris-Est : Laboratoire Techniques Territoires (LATTS), 1-101p.

LONGUEVILLE Barthélémy, 2003. - Capitalisation des processus de décision dans les projets d'innovation : application à l'automobile. Thèse de doctorat, Ecole Centrale de Paris, 267p.

M. Plantevit, Y. W Choong., A. Laurent, D. Laurent et M Teisseire. Mining multidimensional and multilevel sequential patterns. ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data, volume 4, numéro 1.

Maris, V. 2014. Nature à vendre. Les limites des services écosystémiques.

Massouh M., 2013. Evaluation de l'efficacité de mesures agro-environnementales en faveur de l'outarde canepetière (Tetrax tetrax) en Costières de Nîmes (Gard). Mémoire de fin d'étude M2 Ecologie, Biodiversité, Evolution, Université Paris Sud (soutenue le 26 septembre 2013).

MEA 2005. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. (Millennium Ecosystem Assessment).

MEA. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. (Millennium Ecosystem Assessment). Island Press, Washington, D.C.

MEDD, 2004 – Stratégie Nationale pour la biodiversité : enjeux, finalités, orientations.

MEDDTL, 2010. – Le Grenelle de l'environnement : « Des actions dans les territoires », 20.

MEDDTL, 2011. – Stratégie nationale pour la biodiversité, Paris, 60.

Ministère de l'équipement, du logement, des transports et de la mer, 1990. – Rapport de mission Querrien : le tracé du TGV Méditerranée, (observatoire économique et statistique des transports), 106.

MOINE A., Le territoire : comment observer un système complexe, L'Harmattan, 2007, Paris, 176p.

MOINE A., Le territoire comme un système complexe : un concept opératoire pour l'aménagement et la géographie, L'espace géographique, 2006/2Tome 35, p. 115-132.

MONIER A., 28/06/2012. – RFF signe avec Bouygues le contrat du contournement LGV Nîmes-Montpellier. Article MIDI-LIBRE.

MTETM, novembre 2005 – Stratégie Nationale pour la biodiversité, Plan d'action infrastructures de transports terrestres. • ADLA Abdelkader, 2010. – Aide à la facilitation pour une prise de décision collective : proposition d'un modèle et d'un outil. Thèse de doctorat, Université de Toulouse II – Paul Sabatier, 170p.

N. Iftikhar et T. Pedersen. Schema Design Alternatives for Multigranular DataWarehousing. In : Proc. of the 21th International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA 2010), Lecture Notes in Computer Science, volume 6262, pp. 111-125.

NEFF et ANHUF D., Milieu naturel et géographie agricole d'une commune de Vistrenque : Aubord (Gard, France), travaux de recherche inédits et travaux d'étudiants du Laboratoire de Géographie physique de l'Université de Mannheim, Bulletin de la société des Sciences Naturelles de Nîmes et Gard, Tome 60, 1995, 12p.

Nîmes Métropole, Diagnostic territorial partagé ; État des lieux en regard du développement durable dans le cadre de l'Agenda 21, Juillet 2009, 144p.

PALIER Bruno ; SUREL Yves, 2005. – Les « Trois i » et l'analyse de l'état en action, 32.

Panos Vassiliadis and Alkis Simitsis and Eftychia Baikousi. A Taxonomy of ETL Activities. DOLAP'09

PLANT, R., PRIOR, T., BORONYAK, L., BOYLE, T., CHONG, J. & HERRIMAN, J. 2012. Recognising Broader Benefits of Aquatic Ecosystems: An Ecosystem Services Approach.:

Report prepared for the National Water Commission by the Institute For Sustainable Futures, Sydney.

PNA outarde canepetière, Languedoc-Roussillon, fiche 16928, publiée le 28 septembre 2011, 3p.

POTSCHIN, M. & HAINES-YOUNG, R. 2011. Introduction to the Special Issue: Ecosystem Services. Progress in Physical Geography, 35, 571-574.

Potschin, M. B., and R. Haines-Young. 2011b. Ecosystem Services: Exploring a Geographical Perspective. Progress in Physical Geography 35:575-594.

Potschin, M., and R. Haines-Young. 2011a. Introduction to the Special Issue: Ecosystem Services. Progress in Physical Geography 35:571-574.

PRELAZ-DROUX R., Systèmes d'information et gestion du territoire, approche systémique et procédure de réalisation, Presses polytechniques universitaires, Collection Meta, 1995, Lausanne, 156p.

QUINET Catherine, 1994. – Herbert SIMON et la rationalité, (Revue Française d'économie : volume 9 n°1), 133-181.

R. Agrawal and R. Srikant. « Mining Sequential Patterns ». In 11th Int. Conf. on Data Engineering, pages 3–14, 1995.

R. Agrawal, T. Imielinski, and A. N. Swami. « Mining Association Rules between Sets of Items in Large Databases ». In Proceedings of the 1993 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, pages 207–216, 1993.

Raymond, C. M., B. A. Bryan, D. H. MacDonald, A. Cast, S. Strathearn, A. Grandgirard, and T. Kalivas. 2009. Mapping Community Values for Natural Capital and Ecosystem Services. Ecological Economics 68:1301-1315.

RAYMOND, C., BRYAN, B. A., HATTON-MACDONALD, D., CAST, A., STRATHEARN, S., GRANDGIRARD, A. & KALIVAS, T. 2009. Mapping Community Values for Natural Capital and Ecosystem Services. Ecological Economics, 68, 1301-1315.

Réseau Ferré de France, 2011. – Ligne nouvelle Montpellier-Perpignan : dossier ministériel de fin d'étape 1 « études préalables à la déclaration d'utilité publique », Montpellier, 113.

Réseau Ferré de France, 2012. – Biodiversité et grands projets ferroviaires : intégrer les enjeux écologiques dès le stade des études. Montreuil, 59.

Réseau Ferré de France, 2013. – Contournement Nîmes et Montpellier « Quelles actions pour la biodiversité », Montpellier, 27.

Réseau Ferré de France, 2013. – Le projet de contournement de Nîmes et Montpellier : comité de suivi des co-financeurs, Montpellier, 40.

Réseau Ferré de France, 2013. – Ligne nouvelle Languedoc-Roussillon : Contournement de Nîmes et Montpellier, enquête publique, étude d'impact, (6 tomes), Montpellier, 721.

RFF, Construction du contournement ferroviaire Nîmes et de Montpellier, première ligne à grande vitesse « mixte » fret et voyageurs, janvier 2012, 27p.

RFF, Résumé non technique de l'étude d'impact du CNM, 2003, 31p.

ROMELAER P., 2005. – L'entretien de recherche, (dans ROUSSEL P. & WACHEUX F., éd. Management des ressources humaines : méthodes de recherche en sciences humaines et sociales), 101-137.

SALEM OULD SIDI A., 2004. - Thèse : Management et système d'organisation, Université Gaston BERGER.

SANG DON LEE, 2005. – STRATEGIC ENVIRONMENT ASSESSMENT AND BIOLOGICAL DIVERSITY CONSERVATION IN THE KOREAN HIGH-SPEED RAILWAY PROJECT, Journal of Environmental Assessment Policy and Management, (vol.7, n°2, imperial college press), 287-298.

SAYAGH S., JULLIEN A., VENTURA A., 2008. – Rôle des acteurs dans le processus d'élaboration de projets routiers : analyse de l'approche opérationnelle et recherche de critères décisionnels. Développement durable et territoires : Points de vue, 23.

Service d'étude techniques des routes et autoroutes (sétra), 2007. – Biodiversité et infrastructures de transports terrestres, (note d'information n°79 : économie, environnement, conception), 14.

SIMON Herbert, 1940. – Administrative Behavior, A study of Decision-Making Processes in administrative organization, (éd. n°4: S & S International), 352.

Société Oc'Via, 2013. – Fouilles archéologiques : c'est parti ! Lettre d'information de la ligne à grande vitesse Nîmes-Montpellier (n°2), 12.

Société Oc'Via, 2013. – Rapport d'enquête publique relative au contournement ferroviaire de Nîmes et Montpellier : Loi sur l'eau. Département de l'Hérault, 130.

Special issue « Mining Spatio-Temporal Data » of the international journal JIIS Journal of Intelligent Information Systems, (G. Andrienko, D. Malerba, M. May, and M. Teisseire Eds) Kluwer Academic Publishers, Volume 27, Number 2, September 2006.

TAICLET ANNE-FRANCE, 2012. - ANALYSE DES PROCESSUS DE DECISION PUBLIQUE, 35.

TEEB. 2009. TEEB Foundations.

TISSOT C., LE TIXERANT M., ROUAN M. et CUQ F., Modélisation spatio temporelle d'activités humaines à fort impact environnemental, Cybergeo : European Journal of Geography[En ligne], Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, article 313, mis en ligne le 20 juin 2005.

TOUZARD Hubert, 2006. – « Consultation, concertation, négociation » une courte note théorique, (Négociation n°5), 67-74.

VANDEVELDE Jean-Christophe, 2013. – Les choix de tracé des grandes infrastructures de transport : quelle place pour la biodiversité ? (Revue Développement Durable et Territoire, vol.4, n°1 : La biodiversité aménage-t-elle le territoire ?), 16.

VANPEENE-BRUHIER S., PISSARD P-A., BASSI C., 2013. – Mesures compensatoires des atteintes à l'environnement dans les projets d'infrastructures de transports terrestres : de nouvelles exigences réglementaires pour une amélioration des pratiques ? (Hors série Sciences Eaux et Territoires, n°9), 7.

VOIRON C. et CHERY J-P, Espace géographique, spatialisation et modélisation en Dynamique des Systèmes, 6ème Congrès Européen de Science des Systèmes, 19-22 septembre 2005, 10p.

Wallace, K. 2006. A Decision Framework for Natural Resource Management: a Case Study Using Plant Introductions. Australian J. Experimental Agriculture 46:1397-1405.

WALLACE, K. 2008. Ecosystem services: Multiple classifications or confusion? Biological Conservation 141:353-354.

Westman, W. E. 1977. How much are nature's services worth? Science 197:960-964.

Textes juridiques et réglementaires

Articles L.11-1 et suivants du code de l'expropriation.

Article R122-17, modifié par décret n°2012-616 du 2 mai 2012, relatif aux plans, schémas, programmes et autres documents de planification devant faire l'objet d'une évaluation environnementale.

Circulaire n°91-61 du 2 août 1991 dite « circulaire Gressier », relative à l'établissement des projets de nouvelles lignes ferroviaires à grande vitesse.

Circulaire n°96-21 du 11 mars 1996, relative à l'évaluation des incidences des programmes et projets de travaux, d'ouvrage ou d'aménagements susceptibles d'affecter de façon notable les sites Natura 2000.

Circulaire Seligman n°2000-98 du 28 décembre 2000, relative aux modalités d'élaboration des grands projets d'infrastructure ferroviaire.

Circulaires n°91-61 du 2 août 1991 et n°2000-98 du 28 décembre 2000, relatives à l'établissement des projets de ligne ferroviaire à grande vitesse et aux modalités d'élaboration des grands projets d'infrastructures de transports terrestres définissent les différentes phases d'études et leur approbation.

Code de l'environnement approuvé par l'ordonnance n°2000-914 du 18 septembre 2000.

Décret n°2012-228 du 18 février 2012, relatif à la création d'un fond d'investissement pour la biodiversité et la restauration écologique.

Directive cadre européenne sur l'eau du 23 octobre 2000, établit un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.

Directive européenne 2011/92/UE du 13 décembre 2011, regroupe la Directive « EIE » et ses trois révisions. Tout projet susceptible d'avoir des impacts sur l'environnement doit être soumis à une évaluation environnementale avant qu'il soit autorisé.

Directive européenne 79/409/CEE du 2 avril 1979 modifiée dite « Directive Oiseaux », relative à la conservation des oiseaux sauvages.

Directive européenne n°2001/42/CE du 27 juin 2001 dite « ESE », relative à l'évaluation des incidences environnementales de plans et programmes : Evaluation stratégique environnementale.

Directive européenne n°85/337/CEE révisée le 23 avril 2009 dite « EIE », relative à l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement, intègre la notion de « participation publique ».

Directive européenne n°92/43/CEE du 21/05/92 dite « Habitats-Faune-Flore », relative à la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages.

Loi du Grenelle de l'environnement I n°2009-967, article 12 relatif à l'investissement de l'Etat dans 2000 km de LGV d'ici 2020, version consolidée au 29 décembre 2012.

Loi n°2010-788 du 12 juillet 2010, relative à la réforme des études d'impact.

Loi n°2012-1460 du 27 décembre 2012, relative à la mise en œuvre du principe de participation du public, défini à l'article 7 de la Charte de l'environnement.

Loi n°52-1265 du 29 novembre 1952 modifiée sur les travaux mixtes, et son décret d'application n°55-1064 du 4 août 1955 modifié.

Loi n°76-629 du 10 juillet 1976 modifiée relative à la protection de la nature - décret d'application n°77-1141 du 12 octobre 1977, pris pour l'application de son article 2.

Loi n°83-630 du 12 juillet 1983 modifiée relative à la démocratisation des enquêtes publiques et à la protection de l'environnement, et notamment son décret d'application n°85-453 du 23 avril 1985.

Loi n°85-704 du 12 juillet 1985 modifiée relative à la maitrise d'ouvrage publique et à ses relations avec la maitrise d'œuvre privée.

Loi n°92-1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit, et notamment son décret d'application n°95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres.

Loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau - décrets n°93-742 et 93-743 du 29 mars 1993, pris pour l'application de son article 10, ainsi que le décret n°94-1227 du 26 décembre 1994 relatif à la nomenclature des opérations.

Loi n°93-24 du 89 janvier 1993 sur la protection et la mise en valeur des paysages.

Loi n°94-477 du 10 juin 1994 sur la convention cadre diversité biologique – décret portant publication de la convention n°95-140 du 6 février 1995, entré en vigueur le 29 septembre 1995.

Loi n°95-101 du 2 janvier 1955 relative au renforcement de la protection de l'environnement, et notamment le décret n°96-388 du 10 mai 1996, pris en application de son article 2, relatif à la consultation du public et des associations en amont des décisions d'aménagement.

Loi sur l'eau du 18 septembre 2000, en application des articles L.214-1 à L.214-10 du code de l'environnement et des articles R.214-1 à R.214-56 du décret du 22 mars 2007, a pour objectif de garantir une gestion équilibrée de la ressource en eau. Parmi ces enjeux, il y a la préservation des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides et la protection de la qualité des eaux.

Loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006.

Annexe 2 : Listes des tableaux, graphes, cartes et figures...

Figure n°1 : Perturbation introduite par l'ITT et « déviation » des évolutions du territoire et de l'enjeu écologique.
Figure n°2 : Territoire des Costières de Nîmes (source : vins du Languedoc-Roussillon).
Figure n°3 : Tracé de la future LGV du CNM, et emplacement des futures gares (source : RFF, 2011).
Figure n°4 : Principaux partenaires et apports en termes de connaissances.
Figure n°5 : Découpage méthodologique du projet.
Figure n°6 : Organisation du projet IMPACT.
Figure n°7 : Partie de la méthodologie concernée par le module 3.
Figure n°8 : Schéma de reconstitution de l'état de l'occupation du sol en 2000.
Figure n°9 : Probabilités de changement d'occupation du sol.
Figure n°10 : Représentation matricielle de la cartographie des services écosystémiques dans les projets IMPACT et KNOBIMAP.
Figure n°11: Liste des services écosystémiques retenus.
Figure n°12: Classification des usages des sols utilisée dans la matrice (atelier 1).
Figure n°13 : Réseau d'irrigation BRL en Costières de Nîmes (source Scot Sud du Gard, 2011).
Figure n°14 : Occupation du sol mosaïquée autour de Manduel en 2010 (source : DOCOB, 2011).
Figure n°15 : Augmentation du nombre d'outardes dans Le GARD (source COGard 2010).
Figure n°16: Délimitation de la DUP en Costières de Nîmes (Lola Crowet, 2013).
Figure n°17 : Répartition des types d'occupation des sols sur la zone d'étude en 2006.
Figure n°18 : Règles d'évolution des principales catégories d'occupation de sol.
Figures n°19 et 20 : Cartes d'occupation du sol simulées entre 2000 et 2010 et affichées sous Google Earth. Les trois grandes taches urbaines en gris (du nord au sud) sont : Manduel, Bouillargues et Garons.
Figure n°21 : Typologie de l'occupation du sol adaptée aux usages faits par l'outarde.
Figures n° 22 et 23 : Classes d'occupation du sol et usages
Figure n°24 : Simulation de l'évolution de l'indicateur écologique pour les scénarios sans et avec ITT.
Figure n° 25 : Zoom sur le passage prévu de la LGV au niveau de Bouillargues montrant l'indicateur écologique outarde en 2021, avec en rouge les zone défavorables et en dégradé de vert les zones plus favorables.
Figure n°26: Sélection des SE par les acteurs et notation des impacts.
Figure n°27: Intégration de la divergence des connaissances expertes.
Figure n°28: Comparaison de l'indice d'impact sur les SE et l'indice de l'espèce seul.
Figure n°30 : La procédure de la prise de décision au sein d'un projet d'ITT.

Annexe 3 : Listes des encadrés.

Encadré n° 1 : Le projet du Contournement ferroviaire de Nîmes-Montpellier (CNM).
Encadré n° 2 : Quelques éléments sur les conditions favorables à l'outarde.
Encadré n° 3 : Impact de l'ITT sur les populations d'outardes.

Annexe 4 : Liste des sigles, acronymes et abréviations

AEE : Agence Européenne pour l'Environnement

AOC : Appellation d'Origine Contrôlée

AUDRNA : Agence d'Urbanisme et de Développement des Régions Nîmoise et Alésienne

BRL : Compagnie nationale d'aménagement de la région du Bas-Rhône-Languedoc

Certu : Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisation et les constructions publiques

CAD : Contrat d'Agriculture Durable

CEN : Conservatoire des Espaces Naturels

Cirad : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

CNM : Contournement de Nîmes et de Montpellier

COGard : Centre Ornithologique du Gard

CTE : Contrat Territorial d'Exploitation

DIREN : Direction Régionale de l'Environnement

DPSIR : Driving Forces, Pressures, States, Impacts, Responses

DUP : Déclaration d'Utilité Publique

DPU : Droit à paiement unique

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

EEA : Agence Européenne pour l'Environnement

EIE : Étude d'Impact Environnementale

ITT : Infrastructure de Transport Terrestre

IQV : Indice de Variation Qualitative

ITTECOP : Infrastructures de Transports Terrestres, ECOsystèmes et Paysages

IMPACT : ITT et Modélisation Paysagère pour l'Appréciation Dynamique des ImpaCts sur le Territoire

IRSTEA : Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture

KNOBIMAP : Knowledge-Based Biodiversity Mapping for Valuation of Ecosystem Services from Peri-Urban Agriculture

LGV : Ligne à Grande Vitesse

MAET : Mesures AgroEnvironnementales Territoriales

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Économique

PAC : Politique Agricole Commune

PIG : Projet d'Intérêt Général

PNA : Plan National Agricole

PLU : Plan Local d'Urbanisme

PME : Petite et Moyenne Entreprise

PPP : Partenariat Public-Privé

RFF : Réseau Ferré de France

RGA : Recensement Général de l'Agriculture

RST : Représentation Systémique Territoriale

SAFER : Société d'Aménagement Foncier et d'Établissement Rural

ScoT : Schéma de Cohérence Territorial

SE : Services Ecosystémiques

TVB : Trame Verte et Bleue

ZPS : Zone de Protection Spéciale

Annexe 5 : Projet IMPACT initial.

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

APR ITTECOP 2012

TETIS
Territoires, Environnement
Télédétection et Information Spatiale

Appel à Projets de Recherche ITTECOP 2012

Proposition de l'UMR TETIS

Nom du projet :

IMPACT

ITT et **M**odélisation **P**aysagère pour l'**A**ppréciation Dynamique des Impa**C**ts sur le **T**erritoire

Responsable scientifique :

Pierre-André Pissard
Géographe, Ingénieur de recherche
Irstea – UMR TETIS
Tél.: 04.67.54.87.73
Mail : pierre-andre.pissard@teledetection.fr

Coordinateur :

Eric Barbe
Géomaticien, Responsable appui aux politiques publiques
Irstea – UMR TETIS
Tél.: 04.67.54.87.55
Mail : eric.barbe@teledetection.fr

UMR TETIS
Maison de la Télédétection
500 rue Jean-François Breton
34093 Montpellier Cedex 5

Document final

21 mai 2012

AgroParisTech
cirad
irstea

Sommaire

PREAMBULE 5

1. PRESENTATION DE L'EQUIPE 7

1.1. Equipe scientifique 7

1.2. Partenaire 8

1.3. Partenaires Techniques 8

1.4. Liens thématiques des partenaires 9

2. CONTEXTE ET POSITIONNEMENT DU PROJET 11

2.1. Contexte et enjeux 11

2.2. Positionnements et articulations du projet 14

2.3. ITT concernée et zone d'étude 17

3. PROGRAMME SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE, ORGANISATION DU PROJET 21

3.1. Exposé conceptuel des problématiques / Questions de recherche 21

3.2. Objectifs et caractère novateur du projet 26

3.3. Structuration méthodologique et technique du projet 26

3.4. Etat de l'art méthodologique/technique 31

3.5. Description des modules et des travaux 40

3.6. Management du projet 52

3.7. Planning de la recherche 56

4. RESULTATS ATTENDUS ET VALORISATION 57

5. ANNEXES 59

5.1. Fiche du projet LAND LIFE 61

5.2. Fiche projet « Australian Green Infrastructure Council's Infrastructure Rating Tool » 65

5.3. Fiche du projet « Autralian National Water Comission » 67

Préambule

Le montage du projet présenté dans ce document a été réalisé dans le cadre d'une démarche d'échanges et de co-construction multipartenariale et interdisciplinaire qui a rassemblé différents acteurs impliqués dans la problématique des impacts des ITT sur le territoire de la Région Languedoc-Roussillon (scientifiques, gestionnaires d'espaces, collectivités locales, services de l'État, associations naturalistes, bureaux d'études).
Le projet présenté dans ce document est issu des questionnements identifiés dans cette démarche et formalise des besoins en termes de recherche opérationnelle.

Certains travaux présentés dans le projet IMPACT ont été initialement définis avec un large périmètre puis adaptés au cadre de faisabilité de l'APR ITTECOP 2012. Ainsi, des volets optionnels, complémentaires des travaux proposés dans le projet IMPACT existent et pourraient être réalisés sous réserve de financements supplémentaires (en cours de recherche à la date de dépôt du projet).

D'autres travaux ont été identifiés en complémentarité du projet IMPACT proposé à l'APR ITTECOP 2012 et feront l'objet de projets de recherche réalisés soit dans le cadre de la stratégie de recherches IBIS* de l'UMR TETIS (montage d'un projet ANR), soit dans le cadre de la chaire de recherche et d'enseignement INEXIA/Fondation Agropolis International (Thèses et postdocs) en cours de mise en place à Montpellier.

Le projet IMPACT s'intègre ainsi dans une démarche scientifique globale destinée à produire des méthodes et des outils opérationnels pour l'aide à la décision en matière d'amélioration de la prise en compte de la biodiversité dans les projets et politiques d'aménagement et de caractérisation des impacts des aménagements sur les territoires, les paysages et la biodiversité.

**IBIS : Intégration de la Biodiversité dans les projets d'ITT et Systèmes d'information spatiale*

1. Présentation de l'équipe

1.1. Equipe scientifique

Pierre-André Pissard (*Responsable scientifique*)
Géographe, Ingénieur de recherche
Thèmes : Ecologie, Biodiversité, Paysage, Ingénierie Territoriale, Géomatique
Irstea - UMR TETIS

Erice Barbe (*Coordinateur de projet*)
Géomaticien, Ingénieur Divisionnaire de l'Agriculture et de l'Environnement, responsable appui au politique publique
Thèmes : Environnement, Géomatique
Irstea - UMR TETIS

Jean-Philippe Tonneau
Géographe, Directeur UMR TETIS
Thèmes : Usage et processus d'appropriation de l'information géographique
CIRAD - UMR TETIS

Philip Roche
Ecologue, Directeur de Recherche, Animateur du TR SEDYVIN
Thèmes : Ecologie du Paysage, Monitoring des habitats et de la Biodiversité
Irstea - UR EMAX

Roel Plant
Géographe, Directeur de recherche
Thèmes : Services écosystémiques, Eau, Agro-Ecosystèmes, Modélisation
Institute for Sustainable Futures / University of Technology Sydney (Australie).

Maguelonne Teisseire
HDR Informatique, Directrice de recherche
Thèmes : Entrepôt de données, Extraction de connaissances, Fouille de données
Irstea - UMR TETIS

Jean-Pierre Chéry
Géographe, Maître de Conférences
Thèmes : Géomatique, Analyse et Modélisation Spatiale
AgroParisTech - UMR TETIS

Danny Lo Seen
Ingénieur, docteur en télédétection
Thèmes : Modélisation, Géomatique, Télédétection
CIRAD - UMR TETIS

Pascal Degenne
Ingénieur, docteur en informatique
Thèmes : Géomatique et Modélisation
CIRAD - UMR TETIS

1.2. Partenaire

INEXIA
Pierre-Etienne Gautier
Directeur Scientifique

INEXIA
Nicolas Favotti
Département Environnement et Développement Durable

1.3. Partenaires Techniques

Daniel Bizet
Centre Ornithologique du Gard (Cogard)
Directeur

Gaëlle Boismery
Chambre d'Agriculture du Gard

Guy Marjollet
Chambre d'Agriculture du Gard

Claudie Houssard
Conservatoire Régional d'Espaces Naturels (CEN LR)
Directrice

Claudine Tardy
Agence d'Urbanisme et de Développement des Régions Nîmoise et Alésienne

Pascal Seven
DREAL Languedoc Roussillon

Luis De Sousa
DREAL Languedoc Roussillon

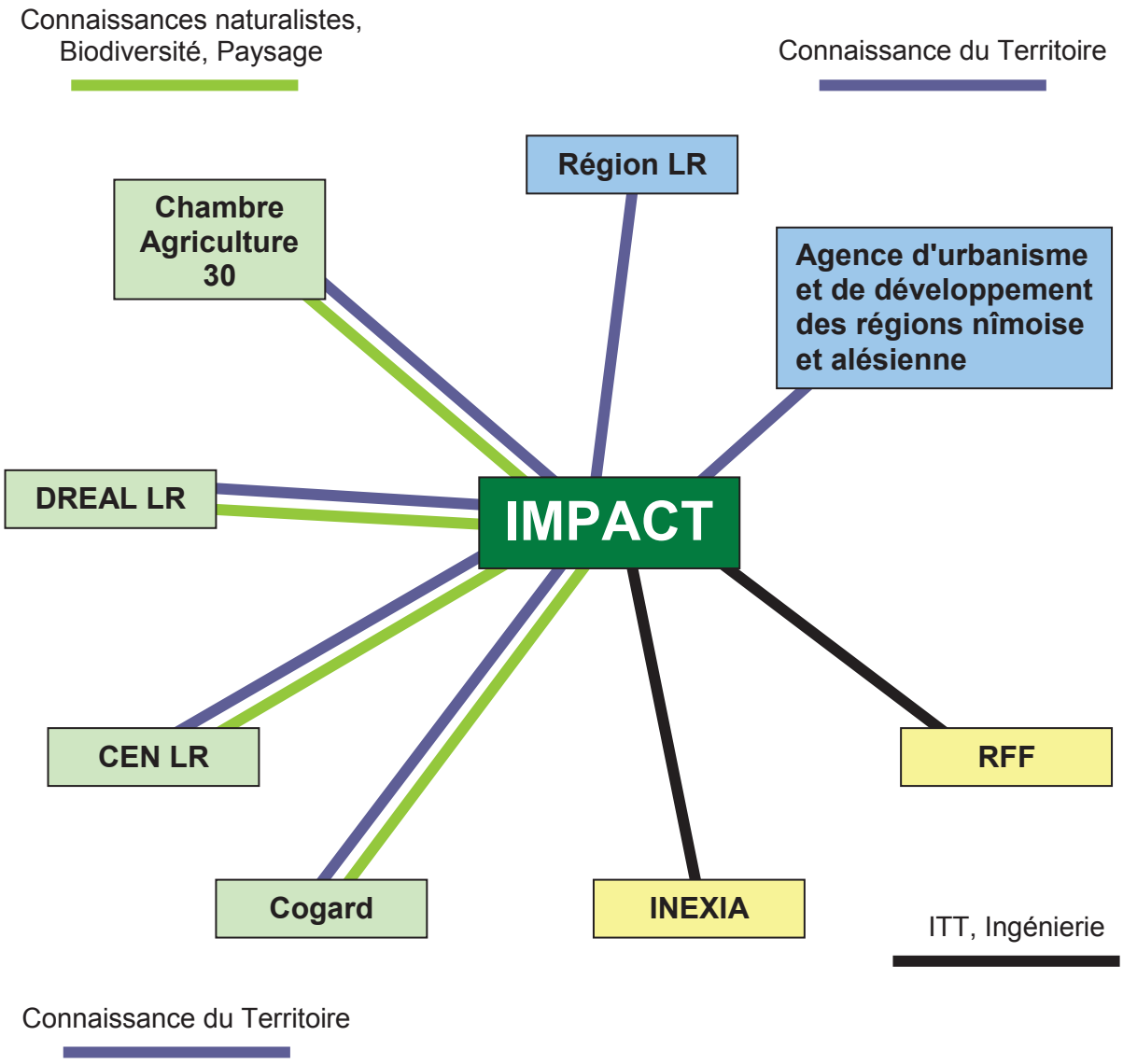
Nathalie Lamande
DREAL Languedoc Roussillon

Anne Pariente
DREAL Languedoc Roussillon
Chargée de Mission Natura 2000

Simon Woodsworth
Région Languedoc Roussillon
Direction de l'Environnement

Violaine Bernard
RFF Languedoc Roussillon
Chargée de mission environnement

1.4. Liens thématiques des partenaires



2. Contexte et positionnement du projet

L'aménagement d'une **I**nfrastructure de **T**ransport **T**errestre (**ITT**) génère des modifications et des perturbations importantes sur toutes les composantes naturelles et humaines du territoire d'insertion. Parmi les effets induits les plus significatifs, ceux sur la diversité biologique sont aujourd'hui un enjeu national majeur.
Dans le cadre d'une gestion durable des ressources et d'une aide à la décision pour la prise en compte objective et efficace de la biodiversité dans les projets d'aménagement, de leur conception à leur exploitation, il existe une forte demande en termes de méthodes et d'outils de la part de l'ensemble des acteurs impliqués dans ces projets (maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, collectivités territoriales, bureaux d'études, services instructeurs, naturalistes).

2.1. Contexte et enjeux

ITT, Territoire, Biodiversité : des interrelations complexes

Même si les services rendus par la biodiversité sont de mieux en mieux établis par la communauté scientifique, la nécessité de préserver la diversité biologique de nos territoires apparaît souvent comme une contrainte réglementaire mal comprise, et non comme la prévention d'un dommage à part entière. Le niveau de protection de la biodiversité lors de l'instruction des projets d'ITT ouvre des discussions sur la juste mesure : le maître d'ouvrage y voit un « surcoût », parfois disproportionné, tandis que, pour les services en charge de l'environnement, la protection paraîtra incertaine ou insuffisante (TOURJANSKY-CABART et GALTIER, 2006)[1].
Cette situation floue s'explique pour partie par la complexité intrinsèque de la notion de biodiversité, mais aussi par le manque de connaissances et de suivi du patrimoine écologique des territoires ainsi que par des carences méthodologiques et techniques dans l'aide à la décision. L'hétérogénéité et parfois la pertinence scientifique des méthodes mises en œuvre dans les études et expertises amont des projets (diagnostic territorial, état de référence de l'environnement) tendent difficilement vers la réalisation d'un état des lieux satisfaisant de la diversité biologique d'un territoire.
D'autre part, un territoire est un espace modelé par des facteurs abiotiques (physiques, chimiques) et biotiques (biologiques), ainsi que par des facteurs anthropiques. Ce géosystème[2], ainsi nommé par les géographes pour apporter une approche systémique[3], est un système complexe, dynamique, en constante évolution qu'il est possible d'apprécier à différentes échelles temporelles et spatiales.
Ainsi, dans une perspective d'évaluation juste et objective des impacts d'une ITT, la prise en compte des dynamiques spatiale et temporelle qui animent un territoire est nécessaire, mais difficile à réaliser par manque de méthodes et d'outils.
De ce fait, les études destinées à évaluer les impacts écologiques d'une infrastructure tendent à produire des expertises incomplètes. Le constat se fait généralement plusieurs années après l'insertion de l'ITT dans le territoire avec l'observation d'effets induits pas ou mal évalués lors de l'étude d'impact du projet.

[1] TOURJANSKY-CABART L., GALTIER B. (2006), La biodiversité dans les projets d'aménagement - Evaluation environnementale et socioéconomique, Les Annales des Mines - Responsabilité et environnement N°44, pp 57-63.
[2] BEROUTCHACHVILI N. et ROUGERIE G. (1991), Géosystèmes et paysages, bilans et méthodes, A. Colin, Paris.
[3] BERTRAND C. et G. (2002), Une géographie traversière, l'environnement à travers territoires et temporalités, ARGUMENTS, Paris.

Des incertitudes entretiennent ainsi une certaine défiance de part et d'autre sur les « bonnes mesures » à prendre concernant la question écologique dans les projets d'ITT et ouvrent la porte aux excès et aux sous-estimations.
Autres éléments pouvant entrainer une analyse incomplète des impacts d'un projet d'ITT, les difficultés d'analyse des potentialités écologiques du territoire et des relations entre biodiversité et système socioéconomique.
En effet, dans un paysage on pourra considérer qu'il y a « une biodiversité exprimée », observable, et une « biodiversité non exprimée », cachée ou potentielle, qui est traduite par la notion d'écopotentialité. Expertiser la biodiversité visible d'un territoire à un instant T n'est pas chose facile mais il est encore plus délicat de vouloir analyser la biodiversité cachée ou potentielle, car des problèmes de caractérisation spatiale et temporelle se posent. Un espace peut présenter immédiatement les caractéristiques nécessaires pour accueillir potentiellement une espèce donnée (notion d'habitat favorable) ou alors être dans une phase de transition qui l'amènera à devenir potentiellement favorable pour l'espèce en question dans quelques années suivant l'évolution naturelle des paysages et de la végétation. Pour ne rien simplifier, les dynamiques naturelles en jeu (dynamiques des paysages et de la végétation) peuvent être perturbées par des actions anthropiques (urbanisation, pollution, feu, etc.). Ainsi, il est nécessaire dans une démarche destinée à objectiver la connaissance écologique du territoire d'introduire les dynamiques socioéconomiques.
La biodiversité d'un territoire est liée aux dynamiques anthropiques qui le régissent. Ainsi, dans un espace agricole, la biodiversité sera intimement associée aux pratiques, elles-mêmes dépendantes d'un contexte socioéconomique (local ou plus large, voire global). Une relation de causes à effets est donc identifiable entre la richesse écologique et paysagère d'un territoire et son évolution socioéconomique (son histoire socioéconomique).

Loi grenelle 2 et réforme de l'étude d'impact

Par ailleurs, et pour mettre en conformité le droit français avec le droit européen sur l'évaluation des incidences des projets publics et privés sur l'environnement (Directive 85/337/CEE[4]), la « Loi Grenelle 2 »[5] procède à une redéfinition de l'étude d'impact, son champ d'application est étendu et son contenu est enrichi[6].
Seront soumis à une étude d'impact, « les projets de travaux, d'ouvrages, ou d'aménagement publics et privés qui par leur nature, leurs dimensions ou leur localisation sont susceptibles d'avoir des incidences notables sur l'environnement ou la santé humaine ». L'aspect spatial et la problématique des échelles des projets sont mis en avant : la loi précise que lorsque ces projets concourent à la réalisation d'un même programme de travaux, d'aménagements ou d'ouvrages, et lorsque ces projets sont réalisés de manière simultanée, l'étude d'impact doit porter sur l'ensemble du programme (CERTU, 2010)[7]. La loi ajoute la nécessité de prendre en compte, non seulement les effets du projet, mais également l'accumulation de ces effets avec d'autres projets connus. Est

[4] Directive n° 85/337/CEE dite « Directive EIE » (pour « Evaluation des Incidences sur l'Environnement ») du Conseil, du 27 juin 1985 [Actes modificatifs : Directive 97/11/CE du 03.04.1997 et Directive 2003/35/CE du 25.06.2003].
Synthèse : La directive EIE conditionne l'autorisation de certains projets ayant une influence physique sur l'environnement à une évaluation par l'autorité nationale compétente. Cette évaluation doit déterminer les effets directs et indirects de ces projets sur les éléments suivants: l'homme, la faune, la flore, le sol, l'eau, l'air, le climat, le paysage, les biens matériels et le patrimoine culturel, ainsi que l'interaction entre ces différents éléments.

[5] Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite « Loi Grenelle 2 », art. 230 et s.

[6] Aux termes du nouvel article L. 122-3 du Code de l'environnement, l'étude d'impact doit comprendre « au minimum, une description du projet, une analyse de l'état initial de la zone susceptible d'être affectée et de son environnement, l'étude des effets du projet sur l'environnement ou la santé humaine, y compris les effets cumulés avec d'autres projets connus, les mesures proportionnées envisagées pour éviter, réduire et, lorsque c'est possible, compenser les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine ainsi qu'une présentation des principales modalités de suivi de ces mesures et du suivi de leurs effets sur l'environnement ou la santé humaine ».

[7] CERTU (2010), La rationalisation du régime des études d'impact et la transposition définitive de la directive européenne de 1985 - Fiches décryptage du Grenelle 2, fiche « Gouvernance » N°1.

également ajoutée l'obligation de présenter, au sein de l'étude d'impact, les modalités de suivi des mesures prises et du suivi de leurs effets sur l'environnement et la santé humaine (TESSIER et PELE, 2011)[8].
La réforme précise aussi que l'étude d'impact devra également exposer « une esquisse des principales solutions de substitution qui ont été examinées par le maître d'ouvrage et une indication des principales raisons de son choix, eu égard aux effets sur l'environnement ou la santé humaine ». C'est un ajout primordial, par lequel est transposé directement l'article 5 de la directive EIE du 27 juin 1985 et aux termes duquel le pétitionnaire ou maître d'ouvrage devra établir les raisons de son choix (TESSIER et PELE, 2011)[9].
Autre élément fort de la réforme, la nécessité de prendre en compte la sensibilité particulière du milieu : le contenu de l'étude d'impact devra être « proportionné à la sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet, à l'importance et la nature des travaux, ouvrages et aménagements projetés et à leurs incidences prévisibles sur l'environnement ou la santé humaine ».

ITT et TVB

Autre élément contextuel important, la prise en compte de la Trame Verte et Bleue (TVB) dans les projets d'aménagement et en particulier dans les projets très fragmentant comme les ITT va également amener un regard nouveau sur la biodiversité. D'une prise en compte exclusivement ciblée sur des espèces et espaces protégés parce que soumis à réglementation et nécessitant des démarches spécifiques en cas de perturbation et/ou de destruction[10], la « biodiversité ordinaire » et son fonctionnement devront désormais être pris en compte.
Cette évolution impose une vision plus systémique des impacts d'une infrastructure et nécessite des adaptations dans les volumes de connaissances et d'expertises naturalistes et donc dans la compréhension globale et multi-échelle (spatiale et temporelle) des dynamiques écologiques du territoire impacté.
L'approche systémique appelle également à la collaboration entre spécialistes (écologues et paysagistes par exemple), tant pour une compréhension globale des effets du projet sur les « écocomplexes », que pour la cohérence entre les mesures proposées dans les divers domaines de l'environnement (ANTOINE, 2004)[11]. Les démarches pluridisciplinaires devront se généraliser et avec elles un cortège de méthodes et outils adaptés à cette transversalité nouvelle devront être développés.

Des carences méthodologiques et techniques pour évaluer les impacts d'une ITT

La modification du régime des études d'impact améliore réglementairement la prise en compte de la biodiversité dans le processus d'aménagement du territoire. Cette réforme se positionne dans un contexte favorable, qui se renforce notamment avec la révision de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité, et qui tend à faire des problématiques environnementales des questions centrales de la société d'aujourd'hui. Il y a ainsi une certaine pression à orienter la conception et la réalisation des projets d'aménagement dans un cadre de plus en plus strict en accord avec les concepts du développement durable. Néanmoins, l'inertie acquise où la question écologique était trop souvent mise en annexe ne peut s'inverser rapidement. Ainsi, la mise en œuvre pratique des réformes visant à une meilleure intégration de la biodiversité dans les projets d'aménagement comme celle des

8-7 TESSIER V., PELE M.-C. (2011), L'étude d'impact version « Grenelle 2 », La Gazette du 28 mars 2011, pp 46-49.

10 Dérogation à destruction d'espèces protégées et étude d'incidence pour les zones Natura 2000.

11 ANTOINE S. (2004), Références méthodologiques pour la prise en compte de l'environnement dans les projets routiers, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable - Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation environnementale, Série Synthèses N° 04-S02, Document de travail, Paris, 31 p.

études d'impact ne pourra pas être immédiate. Des carences méthodologiques et techniques sont à déplorer sur certaines problématiques. L'analyse écologique fine d'un territoire (dynamiques des territoires, sensibilité environnementale, éco-potentialité, hiérarchisation écologique des enjeux, etc.), les impacts et les effets cumulés des aménagements (caractérisation, spatialisation, etc.), la question des échelles (spatiale et temporelle) dans l'évaluation des impacts, la problématique des mesures compensatoires (définition, mise en œuvre, suivi, etc.), les outils de suivi des territoires impactés par des projets, etc. sont autant de sujets soumis à la recherche afin de répondre aux demandes de méthodes et d'outils intégrables dans le processus décisionnel de l'aménagement du territoire (aide à la connaissance, à l'expertise, à la représentation, à la concertation, à la décision, au suivi des territoires).

Biodiversité et processus décisionnel

Une prise en compte améliorée de la biodiversité dans les projets d'ITT, plus objective et efficace, ne peut être envisagée qu'au prix d'une évolution qualitative et quantitative de l'analyse écologique et paysagère des territoires soumis à un projet d'aménagement.
Dans ce contexte, l'aide à la décision environnementale pour un aménagement raisonné se complexifie. De par le volume important de données à prendre en compte, la décision, qu'elle soit politique ou technique, doit être aidée par la mise à disposition d'outils d'objectivation, de synthèse, de hiérarchisation et de vulgarisation des enjeux écologiques.
Mais, pour être pleinement efficaces, ces outils doivent répondre aux attentes spécifiques des différents niveaux de décision et s'insérer dans un processus qui débute, dans le cas d'une ITT, de l'idée de relier deux points du territoire entre eux à la réalisation de l'ITT. En simplifiant, deux grandes phases peuvent êtres distinguées : (1) la phase où l'ITT est projetée, « le projet d'ITT », qui correspond à toutes les étapes permettant de concevoir une infrastructure et de proposer un tracé sur le territoire et (2) son aménagement, la phase de réalisation, où l'infrastructure commence à se matérialiser et devient « l'ITT », qui correspond à l'ensemble des travaux destinés à l'insérer dans le territoire.
Préalablement, l'analyse fine du processus décisionnel doit être dressée afin de clarifier les acteurs de chaque phase et de définir les outils les plus pertinents pour intégrer une information adaptée à chaque niveau de décision (quelle information, quelle qualité, quel format, quelle précision, etc.).

2.2. Positionnements et articulations du projet

▶ *Positionnements thématiques et techniques, objectifs généraux et originalités*

Les résultats du projet IMPACT s'adresseront aux acteurs de l'aménagement du territoire et de la conservation des patrimoines naturels en proposant des méthodes et outils opérationnels favorisant la prise en compte et l'intégration de la biodiversité dans les processus décisionnels des projets d'aménagement. Le positionnement d'IMPACT est ainsi clairement ancré dans une démarche destinée à améliorer l'aide à la décision en développant des méthodes et des outils facilitant l'intégration de la biodiversité et l'optimisation de la connaissance dans les processus de décision.

Δ Le projet IMPACT s'intéressera aux impacts d'une ITT sur le territoire et ses dynamiques, à leur réduction et à leur compensation ainsi qu'à l'amélioration de l'intégration des enjeux territoriaux dans le processus décisionnel en amont de l'aménagement.

Δ L'objectif général du projet sera de développer des méthodes et outils opérationnels et généralisables - d'objectivisation du territoire pour l'aide à la décision, - d'analyse prospective d'un espace et de ses enjeux, - de caractérisation et de simulation dans l'espace et le temps des impacts des aménagements et des effets cumulés et - d'amélioration de la mise en œuvre de la compensation.

Δ L'originalité du projet IMPACT sera de proposer une recherche destinée à apprécier d'une manière dynamique et prospective les impacts d'une ITT sur un territoire, combinant problématiques écologiques, paysagères et socioéconomiques dans une approche modélisatrice multidimensionnelle (spatiale et temporelle) des dynamiques territoriales.

Ainsi, le projet IMPACT répond à l'axe 2 de l'APR ITTECOP 2012.

Δ Le projet IMPACT s'intéressera également à l'anticipation des mesures compensatoires et des effets cumulés des projets d'aménagement.

Δ De plus, le projet IMPACT se penchera sur le processus décisionnel d'un projet d'aménagement et travaillera à l'ébauche d'un système d'amélioration de la prise en compte des données écologiques, paysagères et socioéconomiques via une démarche d'amélioration continue de type Deming.

▶ *Co-construction du projet, interdisciplinarité et implication des acteurs de terrain*

Δ Autre originalité du projet IMPACT, sa nature interdisciplinaire et multipartenariale. En effet, le projet a été monté en co-construction avec des acteurs locaux de la région Languedoc-Roussillon impliqués dans les dossiers d'ITT. La démarche a fédéré des structures variées et complémentaires offrant au projet un potentiel interdisciplinaire scientifique et technique pertinent et unique combinant à la fois recherche et opérationnalité sur des intérêts convergents. Le projet rassemble collectivités locales, services de l'État, gestionnaires d'espaces, associations naturalistes, Chambre d'agriculture, agence d'urbanisme et de développement régional, bureau d'études, maître d'ouvrage.

▶ *Articulations scientifiques, partenariats grands projets*

Δ Le projet IMPACT s'inscrit en complémentarité du programme INTERMOPES[12] (APR ITTECOP 2008) qui se terminera au printemps 2012, et capitalisera les résultats obtenus et les démarches initiées. En effet, les travaux réalisés et les démarches initiées dans INTERMOPES, notamment auprès des acteurs de la région Languedoc-Roussillon impliqués dans les problématiques environnementales des projets d'aménagement, ont permis de mettre en place une dynamique scientifique et participative sur les questions d'intégration de la biodiversité dans les projets d'aménagement, d'évaluation des potentialités écologiques d'un territoire, d'impact des ITT, de mesures compensatoires et d'effets cumulés. Le projet IMPACT bénéficiera de cette dynamique

[12] INTERMOPES : INfrastructures de Transport tErrestre Rail et route et MOdifications induites sur les Paysages, les écosystèmes et la Société

(travaux réalisés, actions initiées, réseaux d'acteurs et de partenaires scientifiques et techniques développés) et pourra ainsi être lancé très rapidement s'il est retenu dans l'APR ITTECOP 2012.

Δ Le projet IMPACT s'articule avec des activités de recherche et d'appui de l'UMR dans le champ plus large d'une approche spatiale de la biodiversité en partenariat avec le MEDDTL / DEB (Direction de l'Eau et de la Biodiversité) sur les sujets suivants :

- le SINP (Système d'Information Nature et Paysages) ;
- l'Observatoire National de la Biodiversité (ONB) ;
- les Observatoires Régionaux de la Biodiversité (ORB) ;
- les portraits communaux de la biodiversité ;
- la coordination du pôle « Appui Scientifique et technique – Recherche du centre national de ressources TVB ;
- le projet de Cartographie nationale des habitats (CARHAB).

Δ Le projet IMPACT bénéficiera des données satellitaires France entière acquises dans le cadre du projet GEOSUD[13].

Δ Par ailleurs, le projet IMPACT établira une passerelle avec le projet européen Land Life portant sur la « *promotion de l'intendance des territoires comme un outil de conservation de la biodiversité en région méditerranéenne occidentale* » (voir fiche résumé en annexe).
En dehors des travaux en synergie, des communications croisées pourraient être réalisées (intervention du CEN dans le colloque « ITT et Territoires » qui sera programmé dans le cadre du projet IMPACT, et communication de l'équipe d'IMPACT dans les colloques nationaux et européens programmés dans programme Land Life en 2013 et 2014 en France ou en Espagne).

Δ Le projet IMPACT créera un lien avec le projet de recherche KNOBIMAP (*Knowledge-Based Biodiversity Mapping for Valuation of Ecosystem Services from Peri-Urban Agriculture* / 2012-2013) réalisé par Roel Plant, directeur de recherche à Institute for Sustainable Futures / University of Technology Sydney (Australie).
Des travaux sur les services écosystémiques d'un territoire impacté par une ITT seront réalisés en synergie entre les deux projets sur la zone des Costières de Nîmes.

KNOBIMAP

Knowledge-Based Biodiversity Mapping for Valuation of Ecosystem Services from Peri-Urban Agriculture - was developed in late 2010 with a view to bring together his nine years of Australian experience researching natural values and his preceding research in Europe on spatial decision-support systems.
KNOBIMAP is first and foremost a response to Europe's urgent need for better ways to articulate the value of the services that biodiversity and ecosystems provide, especially at the peri-urban fringe where development pressures are highest. The changing nature of the relationship between rural and urban land uses in Europe has far-reaching consequences for both the quality of life of Europe's citizens and the European environment – a challenge that is also becoming increasingly apparent in the vicinity of Australia's metropolitan areas.

[13] GEOSUD (GEOInformation for SUstainable Development) est à la fois un Centre international de recherche et de transfert en télédétection et information spatiale pour le développement durable, et une initiative au service de la communauté scientifique et des gestionnaires d'espaces (services de l'Etat, collectivités territoriales, opérateurs privés, associations). GEOSUD est un projet d'EQUIPEX sélectionné dans le cadre de l'appel à projets « EQUIpements d'EXcellence » du Grand Emprunt 2011 [http://geosud.teledetection.fr].

KNOBIMAP will build on the latest developments in three disciplines – geo-informatics, ecological economics and land use planning. The research will focus on integrating formal knowledge (e.g. soil fertility maps, habitat maps) and local ecological knowledge as possessed by farmers, fishermen, land managers, citizens, local historians, and others. Using two peri-urban case studies in Southern France (Thau region and Nîmes region), both laboratory-based and participatory mapping techniques will be employed to explore stakeholders' valuation of the roles that peri-urban agriculture can play in conserving and restoring biodiversity.

2.3. ITT concernée et zone d'étude

LGV entre Nîmes et Montpellier

Le projet de contournement ferroviaire de Nîmes et de Montpellier s'inscrit dans le prolongement de la branche Ouest de la Ligne à Grande Vitesse (LGV) Méditerranée, ouverte à l'été 2001. Cette LGV s'est d'abord intégré dans la stratégie ferroviaire associée au TGV Méditerranée puis à celle de la LGV Sud Européenne.
Le projet débute en janvier 1989, le gouvernement de Michel ROCARD demande à la SNCF de préparer le schéma directeur des TGV et de conduire les études préliminaires du TGV Méditerranée. Le projet de TGV Méditerranée est en premier un projet d'entreprise, conçu par la SNCF dans le cadre du système TGV (Leheis, 2009)[14].
Dans cette stratégie, l'Etat abandonne le tronçon entre Nimes et Montpellier en septembre 1995 afin de limiter la subvention demandée à l'époque par la SNCF et d'améliorer la rentabilité du projet globale du TGV Méditerranée.
La LGV entre Nimes et Montpellier est relancée en 2000 comme Projet d'Intérêt Général (PIG) et donne lieu à un nouveau projet, la LGV Sud Européenne qui comprend plusieurs sections :

- Le contournement de Nîmes à Montpellier,
- La section Montpellier-Perpignan,
- La section Perpignan-Figueras.

[14] Leheis, S. (2009), "Profil du projet: TGV Méditerranée". LATTS, Université Paris-Est, Marne-la-Vallée, rapport de recherche.

Source : RFF

L'Avant-Projet Sommaire du contournement de Nîmes à Montpellier a été approuvé le 18 décembre 2001, et le projet a été déclaré d'utilité publique (DUP) le 16 mai 2005, soit 10 ans après la décision d'abandon du projet dans le cadre du TGV Méditerranée. Il s'agit d'une ligne mixte, fret et voyageurs, dont la mise en service avait été initialement prévue pour 2013.
Un protocole d'accord sur le financement du projet en Partenariat Public-Privé a été signé en juin 2008 par les collectivités.
En janvier 2012, le gestionnaire du réseau ferré, RFF, a attribué la réalisation de la LGV entre Nîmes et Montpellier au groupe Bouygues avec un contrat de partenariat de 1,83 milliard d'euros. Le lancement des travaux est prévu dès 2012 pour une mise en service envisagée au second semestre 2017. Le projet prévoit également la création de deux nouvelles gares TGV, à Montpellier Odysseum et Nîmes Manduel-Redessan.

Cette nouvelle ligne fera 80 km dont 60 où les trains pourront circuler jusqu'à 350 km/h* et mettra Montpellier à 3 heures de Paris contre 3 h 20 aujourd'hui. Ce sera aussi la première ligne à grande vitesse utilisable par les trains de marchandise. Un véritable enjeu dans une région où les échanges avec l'Espagne gonflent les besoins en fret.

* 100 ou 120 km/h : vitesse maximale de circulation des trains fret ; 220 km/h à la mise en service puis 350 km/h à terme : vitesse maximale de circulation des TGV

▶ *Zone d'études : Les Costières nîmoises*

Le territoire des Costières s'articule autour de la ville de Nîmes et s'étend sur la plaine agricole de la Vistrenque qui est confrontée au développement de Nîmes et à la croissance des villes périurbaines.

Située au sein d'un véritable couloir de circulation entre la vallée du Rhône et le Languedoc-Roussillon, entre la Camargue et les garrigues, cette région présente une concentration importante d'infrastructures.
La zone, relativement plate (entre 50 et 100m), présente des paysages de transition, dominés par la garrigue de Nîmes et dominant la Petite Camargue bénéficie d'une charte paysagère et environnementale mise en place par L'AOC Costières de Nîmes, en relation avec Nîmes métropole et la DIREN.
Le territoire des Costières a longtemps été considéré comme pauvre sur le plan agricole et a fait l'objet d'une mise en valeur à la fin du 19e siècle (utilisation d'une nappe souterraine et drainage) qui a permis le développement de cultures intensives. Il a bénéficié d'une nouvelle opération de mise en valeur dans les années 50 et 60, et l'agriculture occupe aujourd'hui plus de 60 % du territoire pour partie avec des vignobles AOC. Les costières connaissent un certain développement autour de grands équipements et une péri-urbanisation qui remet en cause le caractère agricole du territoire.

La présence d'oiseaux rares visés à l'Annexe I de la directive européenne 79/409/CEE appelée plus généralement « Directive Oiseaux » (Anthus campestris, Burhinus oedicnemus, Circaetus gallicus, Coracias garrulus, Lullula arborea mais surtout Tetrax tetrax) a abouti en 2006 au classement du secteur en Zone de Protection Spéciale (ZPS) couvrant 13 500 ha en 6 îlots sur 27 communes.

L'Outarde canepetière (Tetrax tetrax) n'est actuellement présente en France que dans de rares régions, avec un état des populations qui tend à diminuer sauf sur les Costières où l'oiseau se développe très bien. Ainsi, « la canepetière » comme l'appellent les locaux, est considérée comme un enjeu majeur de biodiversité et fait l'objet de plan de protection et de conservation. Oiseau steppique, il est fortement lié aux espaces agricoles et à la structuration du paysage et par conséquent il est très sensible à l'évolution des pratiques et des projets d'aménagement et d'urbanisation.

3. Programme scientifique et technique, organisation du projet

3.1. Exposé conceptuel des problématiques / Questions de recherche

Les premiers impacts du projet d'ITT sur le territoire

Un territoire évolue sous l'influence des dynamiques qui l'animent. Pour un enjeu écologique identifié sur ce territoire, il évoluera avec le territoire (figure 1). Même si les deux évolutions peuvent être corrélées dans l'espace et le temps elles présentent chacune des caractéristiques propres : des facteurs écologiques et biologiques pour l'une et des considérations anthropocentrées (politiques, économiques, sociales, etc.) pour l'autre, ainsi que des vitesses d'évolution qui peuvent être variées.

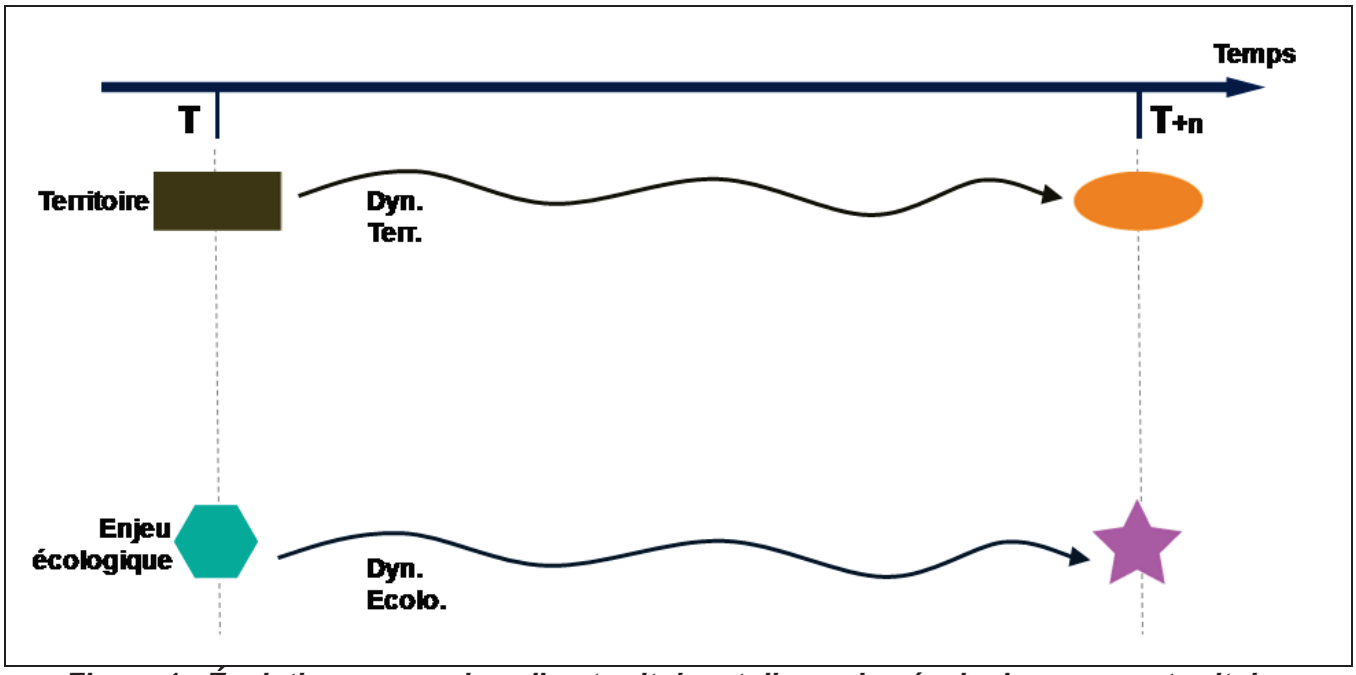


Figure 1 : Évolution « normale » d'un territoire et d'un enjeu écologique sur ce territoire.
Le territoire et l'enjeu écologique sont schématisés par une forme et une couleur. Leur évolution est traduite par un changement de forme et de couleur dans le temps entre T et T+n.

Un projet d'ITT peut être considéré comme un facteur de modification du territoire qui va perturber les dynamiques qui l'animent. A un instant Ti (figure 2), les premiers effets du projet d'ITT vont être observés ce qui entrainera une « déviation » de l'évolution du territoire et de l'enjeu écologique. La question des échelles temporelle et spatiale pour appréhender la perturbation amenée par l'ITT se pose ici.
Cet instant Ti ne correspond pas forcément aux premiers coups de pioche de l'ITT. En effet, les premiers changements sur l'évolution du territoire et/ou de l'enjeu écologique peuvent apparaître dès l'annonce du projet d'ITT (Ta) ou, suivant un temps de latence à définir (Ti-Ta), plusieurs années avant les premiers travaux sur le terrain (ex. : spéculation foncière et changement des pratiques agricoles entrainant l'enfrichement des parcelles sur la future zone d'insertion de l'ITT).

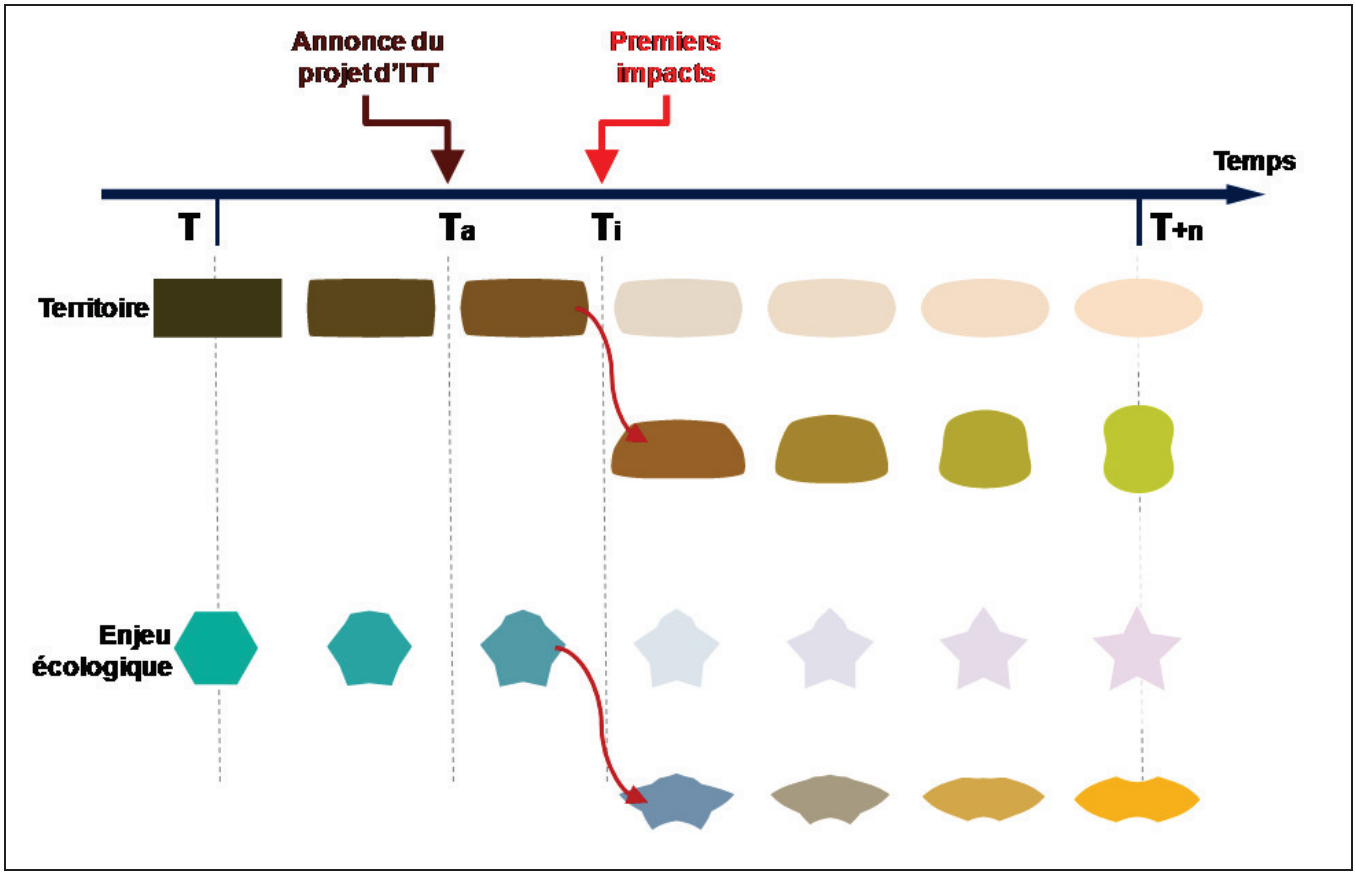


Figure 2 : Perturbation introduite par l'ITT et « déviation » des évolutions du territoire et de l'enjeu écologique.

Sur les Costières nîmoises, au niveau de la ZPS (Zone de Protection Spéciale) où doit s'insérer le LGV entre Nîmes et Montpellier, ce phénomène a été observé, mais non démontré. En effet, sur ce territoire des Costières où le paysage rassemble des espaces essentiellement agricoles (viticulture avec une AOC, arboriculture et maraîchage), il a été observé que très rapidement après l'annonce de la LGV des changements de pratiques agricoles sont survenus, avec des abandons d'activité ayant entraîné un enfrichement de certaines parcelles. Or ce territoire est une zone accueillant un oiseau rare, l'Outarde canepetière (*Tetrax tetrax*) qui apprécie particulièrement les mosaïques paysagères avec des friches. Les naturalistes et gestionnaires d'espace qui travaillent sur ce territoire et qui s'intéressent à l'Outarde ont observé une augmentation significative de la population d'outarde parallèlement à l'augmentation des friches depuis ces changements de pratiques apparus avec l'annonce de la LGV.
Un cas similaire a été rapporté également en Loire Atlantique sur le projet d'Aéroport de Notre Dame des Landes, sur un territoire de bocage et de zones humides superficielles avec des mares à amphibiens (comme le Triton marbré, *Triturus marmoratus*).

Suivant une logique similaire, on peut alors se demander si ce mécanisme de « déviation » de l'évolution du territoire et de perturbation des dynamiques du territoire ne se répètera pas selon un schéma « en cascade » dès les premiers travaux d'aménagement de l'ITT, à l'instant Tt (figure 3). On peut considérer qu'à Tt il n'y a pas de temps de latence, les premiers travaux d'aménagement étant immédiatement impactant (installation du chantier, décapage du sol, etc.)

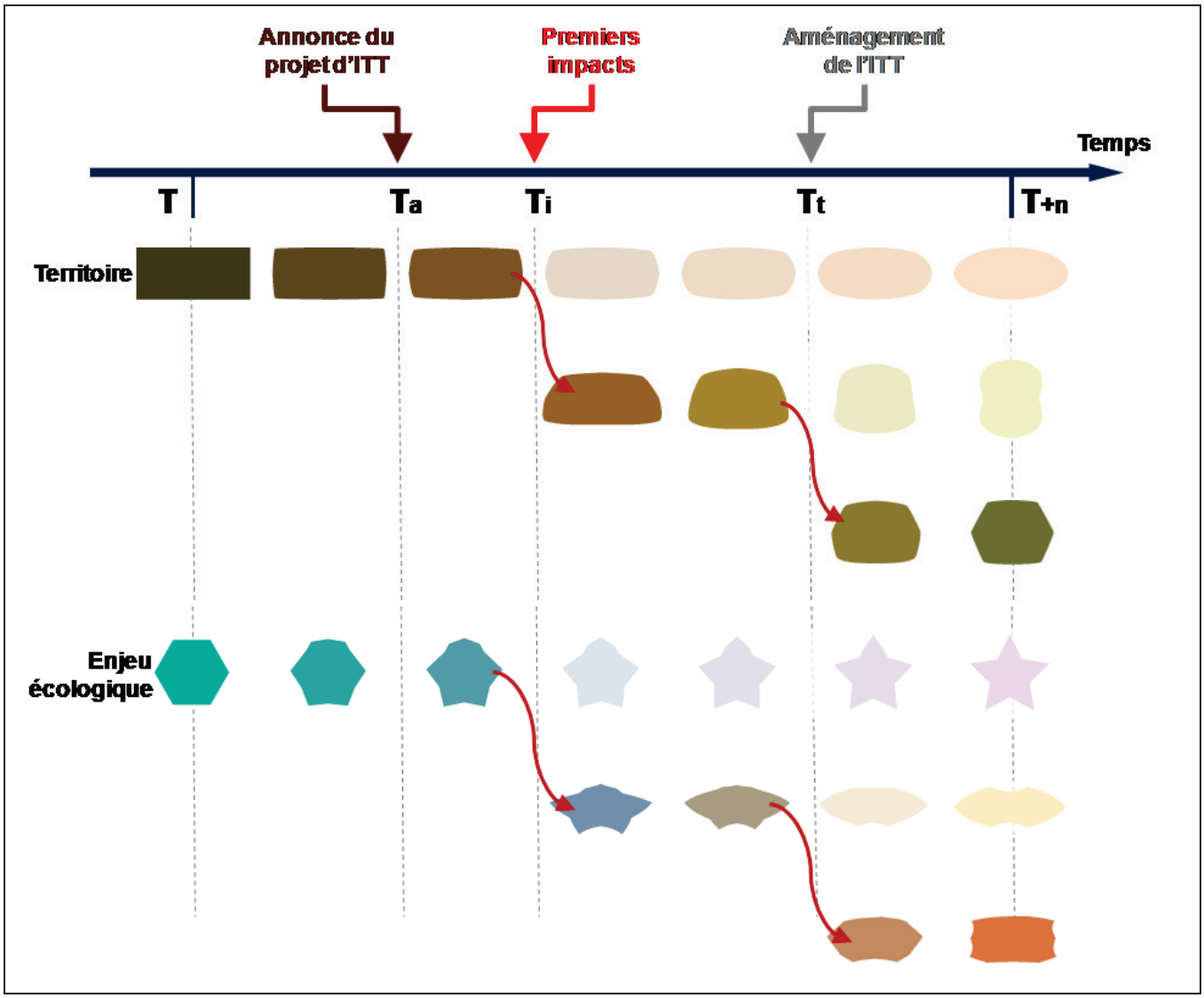


Figure 3 : Perturbations successives « en cascade » de l'évolution du territoire

Projet d'ITT et dynamiques du territoire : modèle conceptuel d'impacts

A un instant T+n, le diagnostic du territoire aménagé (avec insertion de l'ITT) sera évidemment différent du diagnostic territorial qu'il aurait été possible de dresser sans l'ITT (figure 4).
De même, s'il était possible de réaliser cette comparaison, à l'instant T+n l'analyse de l'enjeu écologique ne sera pas identique entre le territoire avec l'ITT et le territoire sans ITT.
Ainsi, à un instant T+n les différences pour le territoire et l'enjeu écologique suivant la présence ou non de l'ITT (Δ_{Terr} pour le territoire et Δ_{Ecolo} pour l'enjeu écologique) correspondront aux impacts de l'aménagement.

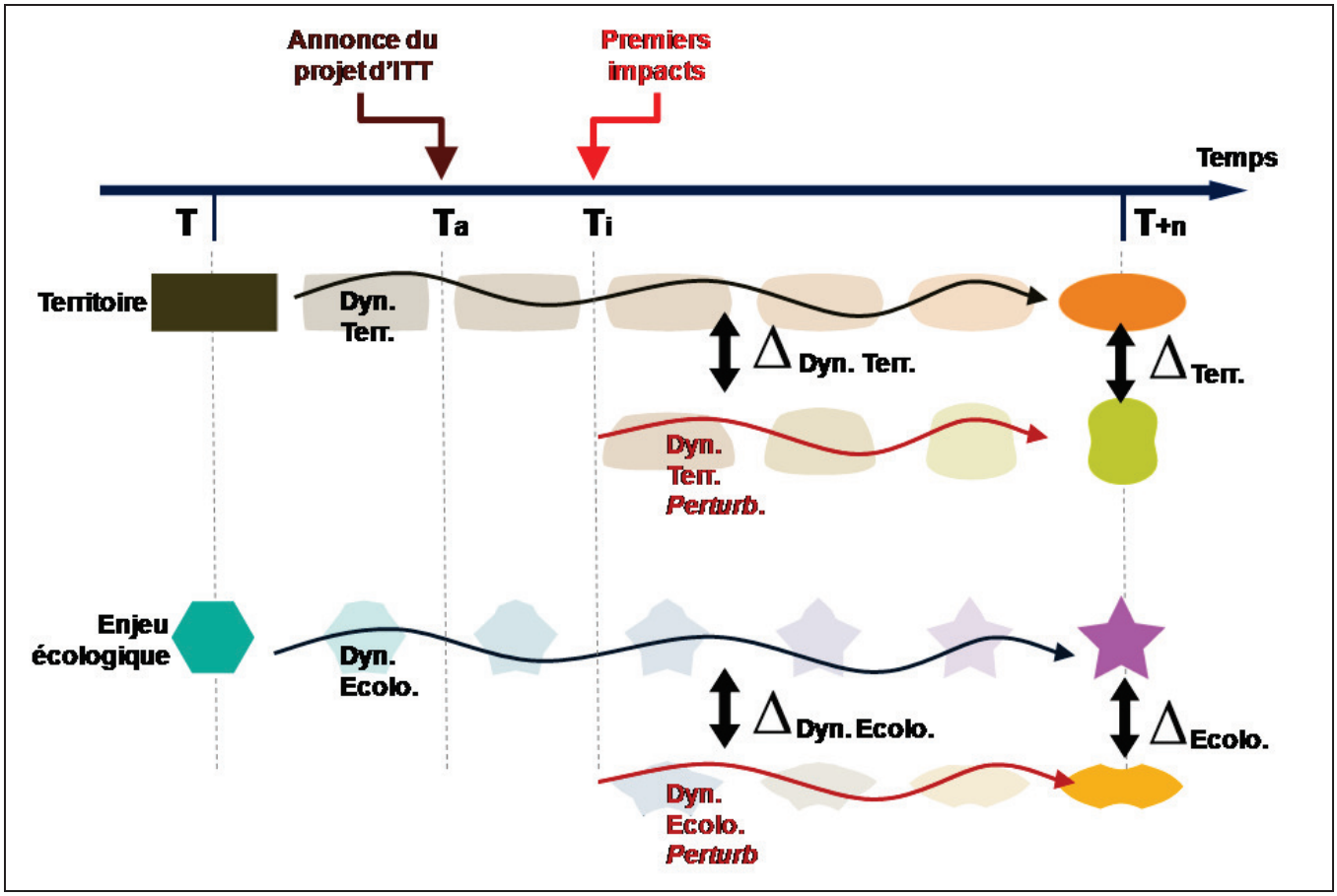


Figure 4 : Modèle conceptuel d'impacts d'un projet d'ITT sur les dynamiques du territoire.
Δ_{Terr} = différences entre le territoire avec ITT et le territoire sans ITT
Δ_{Ecolo} = différences entre l'état de l'enjeu écologique sur le territoire avec ITT et l'état de l'enjeu écologique sur le territoire sans ITT

Questions de recherche soulevées

Questions de recherche soulevées

Partant de l'hypothèse qu'un projet d'ITT impacte le territoire dès son annonce :

- **Quand et comment un projet d'ITT commence à impacter un territoire ?**
- Quel est le temps de latence entre l'annonce d'un projet d'ITT et les premiers impacts ?
- Quels impacts sur quelles dynamiques du territoire ?
- Quelles sont les échelles d'observation de ces premiers impacts ?
- Quelles réactions et « réponses » du territoire sur ces premiers impacts ?
- Quelles conséquences sur les services écosystémiques et quelle est la réaction des acteurs locaux face à l'émergence de ces premiers impacts ?

En distinguant projet d'ITT* et ITT** et en partant de l'hypothèse qu'un projet d'ITT impacte significativement le territoire une première fois dès son annonce et qu'ensuite, selon un mécanisme de perturbations successives « en cascade », l'ITT impactera une nouvelle fois le territoire lors de son aménagement :

- **Quelles sont les caractéristiques des impacts résultants des perturbations successives « en cascade » ?**
- Existe-t-il un effet de cumulation d'impacts sur le même espace, généré à différents pas de temps en premier par le projet d'ITT et ensuite par l'aménagement de l'ITT ?
- Quelles sont les échelles d'observation de ce mécanisme d'impacts successifs « en cascade » ?
- Quelles réactions et « réponses » du territoire sur ce mécanisme d'impacts successifs « en cascade » ?
- Quelles conséquences sur les services écosystémiques et quelle est la réaction des acteurs locaux face à l'émergence de ces premiers impacts ?

** Le projet d'ITT : phase où l'infrastructure est projetée, c'est « le projet d'ITT », qui correspond à toutes les étapes permettant de concevoir l'infrastructure et de proposer un tracé sur le territoire.*
*** L'ITT : phase d'aménagement, de réalisation où l'infrastructure commence à se matérialiser et devient « l'ITT », ce qui correspond à l'ensemble des travaux destinés à insérer l'infrastructure dans le territoire.*

3.2. Objectifs et caractère novateur du projet

IMPACT se positionne comme un projet de recherche élaboré en co-construction avec des acteurs de terrain afin de développer des méthodes et des outils répondant à de réelles attentes opérationnelles. Le projet a en effet pris forme au sein d'un réseau d'acteurs impliqués dans les problématiques biodiversité, ITT et territoire :

Agence d'urbanisme et de développement des régions nîmoise et alésienne
Centre Ornithologique du Gard
Chambre d'Agriculture du Gard,
Conservatoire Régional d'Espaces Naturels,
DREAL Languedoc Roussillon,
INEXIA
Région Languedoc Roussillon,
RFF LR

La complémentarité de ces acteurs sur les problématiques d'IMPACT offre une opportunité rare de fédérer des expertises aussi différentes au sein d'un même projet. Ce travail interdisciplinaire est d'autant plus important que les questionnements sont complexes et nécessitent de croiser les regards pour pouvoir avancer vers des éléments de réponse.

IMPACT propose un travail de modélisation novateur destiné à développer un outil central qui pourra fournir des simulations qui permettront d'avancer sur plusieurs problématiques associées aux projets d'ITT. L'approche est dynamique et permet de croiser sur un territoire, à la fois dans le temps et l'espace, des composantes des dynamiques socioéconomiques, écologiques, paysagères avec une ITT pour en évaluer ses impacts.
Ainsi, des questions du type *Quand et comment une ITT impacte un territoire ?* ou bien *Quel est entre deux projets celui qui impactera le moins un enjeu écologique sur un territoire ?* ou encore *Quels espaces faut-il maintenir en état dès à présent pour pouvoir réaliser les mesures compensatoire d'un projet qui se réalisera dans 10 ans ?* trouveront des éléments de réponse dans le projet IMPACT.

Le projet se veut être un projet de recherche appliquée avec comme objectif l'obtention de résultats qui puissent être in fine transférables. Ainsi, les travaux proposés dans IMPACT ont tous une finalité opérationnelle.

3.3. Structuration méthodologique et technique du projet

Découpage méthodologique du projet

L'objectif général du projet IMPACT est de développer des méthodes et des outils opérationnels et généralisables pour objectiver un territoire et apprécier les impacts des projets d'ITT sur cet espace et sur ses dynamiques afin d'améliorer in fine la prise de décision environnementale dans le cadre de son aménagement.

Pour atteindre cet objectif, nous proposons de développer un modèle d'appréciation dynamique permettant de réaliser des simulations paysagères multi-échelles d'un territoire soumis à un projet d'ITT.

La mise en œuvre d'une telle démarche nécessite tout d'abord une analyse permettant d'identifier et de caractériser les dynamiques spatiales et temporelles du territoire afin d'en comprendre son fonctionnement et son évolution (MODULE M2).
Pour intégrer cette connaissance des dynamiques territoriales dans le travail de simulation que nous souhaitons réaliser, nous serons amenés à établir un modèle conceptuel de territoire et à définir des règles d'évolution.
La démarche sera appliquée aux deux approches sur lesquelles nous souhaitons nous focaliser : une approche socio-économique (orientée sur le paysage agricole) et une approche écologique (orientée sur les caractéristiques organisationnelles et fonctionnelles du paysage associées à des enjeux écologiques notamment l'Outarde canepetière).

La réalisation d'une telle analyse des dynamiques oblige à mobiliser beaucoup de connaissances et à disposer d'autant de données. L'information existe, elle abonde même, mais elle est multiforme, spatialement et temporellement hétérogène.

Plusieurs difficultés existent à ce niveau :

- La première consiste à réunir l'information. Pour ce faire, le projet IMPACT a fédéré un réseau d'acteurs fortement impliqués sur le territoire d'étude sur les questions d'aménagement, d'ITT, de gestion territoriale et d'enjeux socioéconomiques et écologiques.
  Un travail de fond, coordonné par l'équipe d'IMPACT, permettra de recueillir les informations et les données existantes, et pourra également en produire. A titre d'exemple, et afin d'obtenir une information « à dire d'acteur » sur le paysage passé des Costières nîmoises, un travail d'enquête et d'interviews « d'anciens » sera réalisé en coopération étroite avec la Chambre d'Agriculture du Gard, en mobilisant sa connaissance technique, « humaine et sociale » du milieu agricole locale.
- La seconde difficulté sera d'extraire de la masse d'information recueillie une connaissance claire et des données explicites qui pourront être intégrées dans notre travail de modélisation.

Pour réaliser ce travail (MODULE M1), le projet IMPACT fera appel à la fouille de données (data-mining) qui consiste à rechercher et extraire de l'information prédictive dans de gros volumes de données stockées dans des bases ou des entrepôts de données.
C'est un processus de découverte de règle, relations, corrélations et/ou dépendances à travers une grande quantité de données, grâce à des méthodes statistiques, mathématiques et de reconnaissances de formes.

Elément technique central du projet IMPACT, l'étape suivante de notre méthodologie de projet portera sur la modélisation de dynamiques spatiales (MODULE M3). Ce travail sera basé sur l'exploitation d'un langage informatique métier totalement novateur nommé Ocelet.
A la fois langage informatique et environnement de modélisation qui facilite le développement de modèles, Ocelet a été développé très récemment par une équipe du Cirad qui intègre le projet IMPACT. L'outil porte des concepts permettant d'exprimer des dynamiques spatiales et de les intégrer avec toutes formes d'interactions (fonctionnelles, hiérarchiques, sociales). Il est dédié à la modélisation de dynamiques spatiales et paysagères. En plus d'intégrer les règles définies à partir les taches amonts, Ocelet pourra, selon un processus itératif, participer à affiner ces règles.
IMPACT fera parti des premiers projets de recherches à déployer opérationnellement cette technologie.

Etape ultime avant les travaux de simulations prospectives envisagés, un protocole de validation du « calage » de notre modèle sera mis en place via la simulation de l'état présent à partir d'un état initial passé (reconstitution du paysage de la zone d'études) validé notamment par comparaison avec de données d'archives ou proposé à la critique d'acteurs locaux (« des anciens »).
A noter que nous pourrons notamment bénéficier pour cette validation d'un ensemble d'archives exceptionnelles constitué par la couverture aérienne (photographies aériennes) réalisée par l'armée américaine dans le cadre de la préparation du débarquement en Provence.

Une fois le modèle calé, la démarche consistera à « monter » et à rendre opérationnel et généralisable l'outil d'appréciation dynamique des impacts (MODULE M4). La production de différents jeux de simulations (avec et sans ITT) permettrons d'apporter des éléments de réponse aux questionnements de recherche soulevés par le projet IMPACT comme : Quand et comment un projet d'ITT commence à impacter un territoire ?

A ce niveau du projet, un travail spécifique sera réalisé en exploitant les simulations issues du modèle pour développer une méthode d'évaluation des impacts d'une ITT sur les services environnementaux (MODULE M5).
Ce travail sera réalisé en synergie avec le projet KNOBIMAP (Knowledge-Based Biodiversity Mapping for Valuation of Ecosystem Services from Peri-Urban Agriculture / 2012-2013) réalisé par Roel Plant, géographe, directeur de recherche accueilli à l'UMR TETIS dans le cadre d'une collaboration scientifique (accueil chercheur de haut niveau) entre Irstea et The Institute for Sustainable Futures / University of Technology Sydney (Australie).
Cette collaboration exceptionnelle permettra aussi à l'équipe d'IMPACT de bénéficier du retour d'expériences et de transfert de connaissances méthodologiques et techniques des projets AGIC (Australian Green Infrastructure Council's Infrastructure Rating Tool) et Recognising Ecosystem Services in Water Planning for the Australian National Water Commission précédemment réalisés par le Dr Roel Plant. (Fiches des projets en annexe)

Enfin, un dernier module, qui aura débuté conjointement au développement du modèle, viendra converger « en bout de notre chaîne de modélisation » et portera sur le développement méthodologique d'un outil opérationnel d'amélioration de la prise en compte des dynamiques du territoire et des enjeux écologiques dans le processus décisionnel d'un projet d'ITT (MODULE M6).
L'idée de ce module est d'ébaucher un système d'information et d'aide à la décision basé sur le système d'amélioration continue de type Deming.

Le découpage méthodologique du projet IMPACT est exposé dans la figure 5.

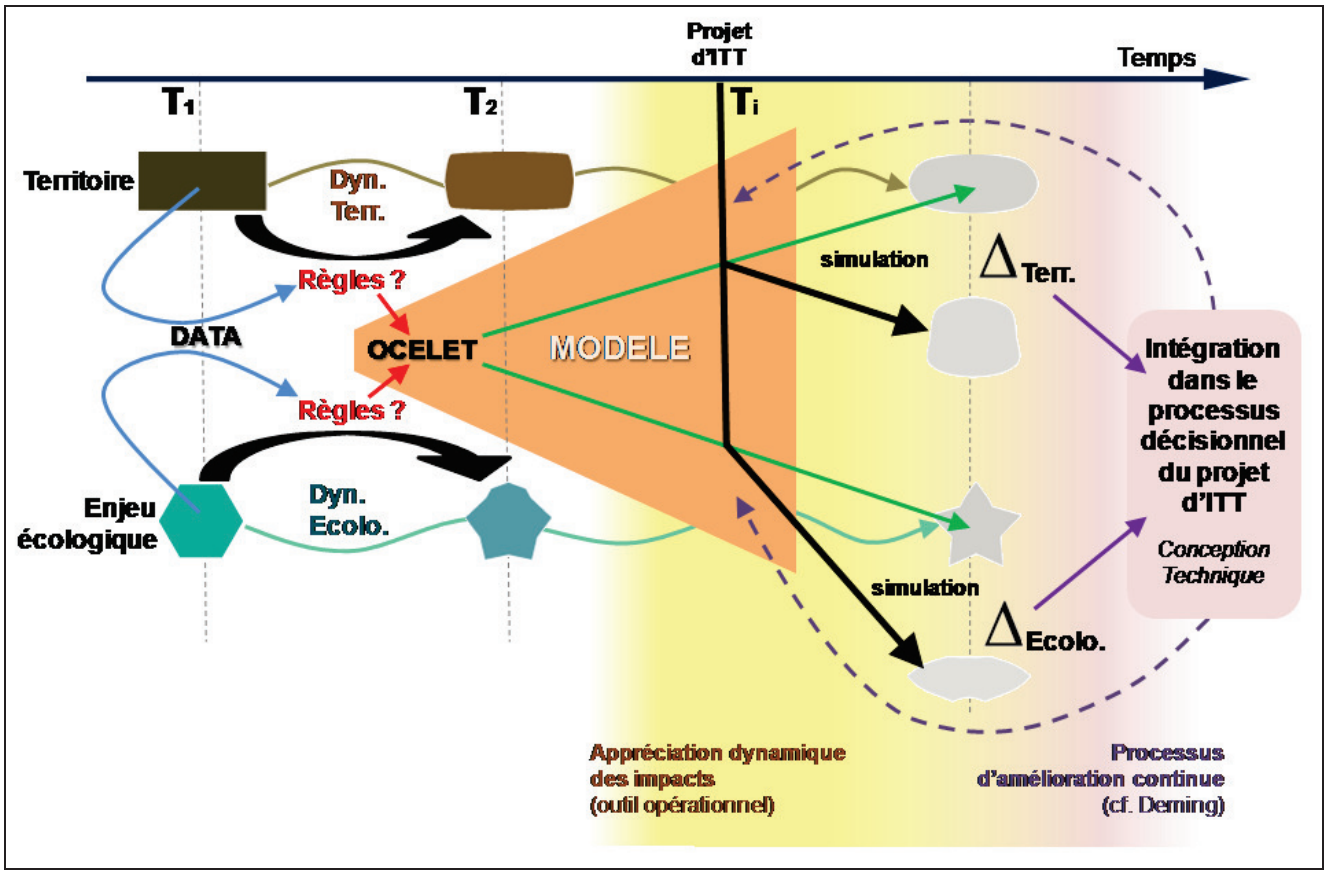


Figure 5 : Découpage méthodologique du projet

.

Découpage du projet en modules

La figure 6 expose le découpage du projet en modules.

- M0 : Module coordination, gestion de projet et valorisation
- M1 : Fouille de données et extraction de connaissances
- M2 : Analyse des dynamiques du territoire et caractérisation de règles d'évolution
- M3 : Développement d'un modèle de dynamiques paysagères
- M4 : Module de production de simulations
- M5 : Impacts des ITT et services environnementaux
- M6 : Analyse du processus décisionnel

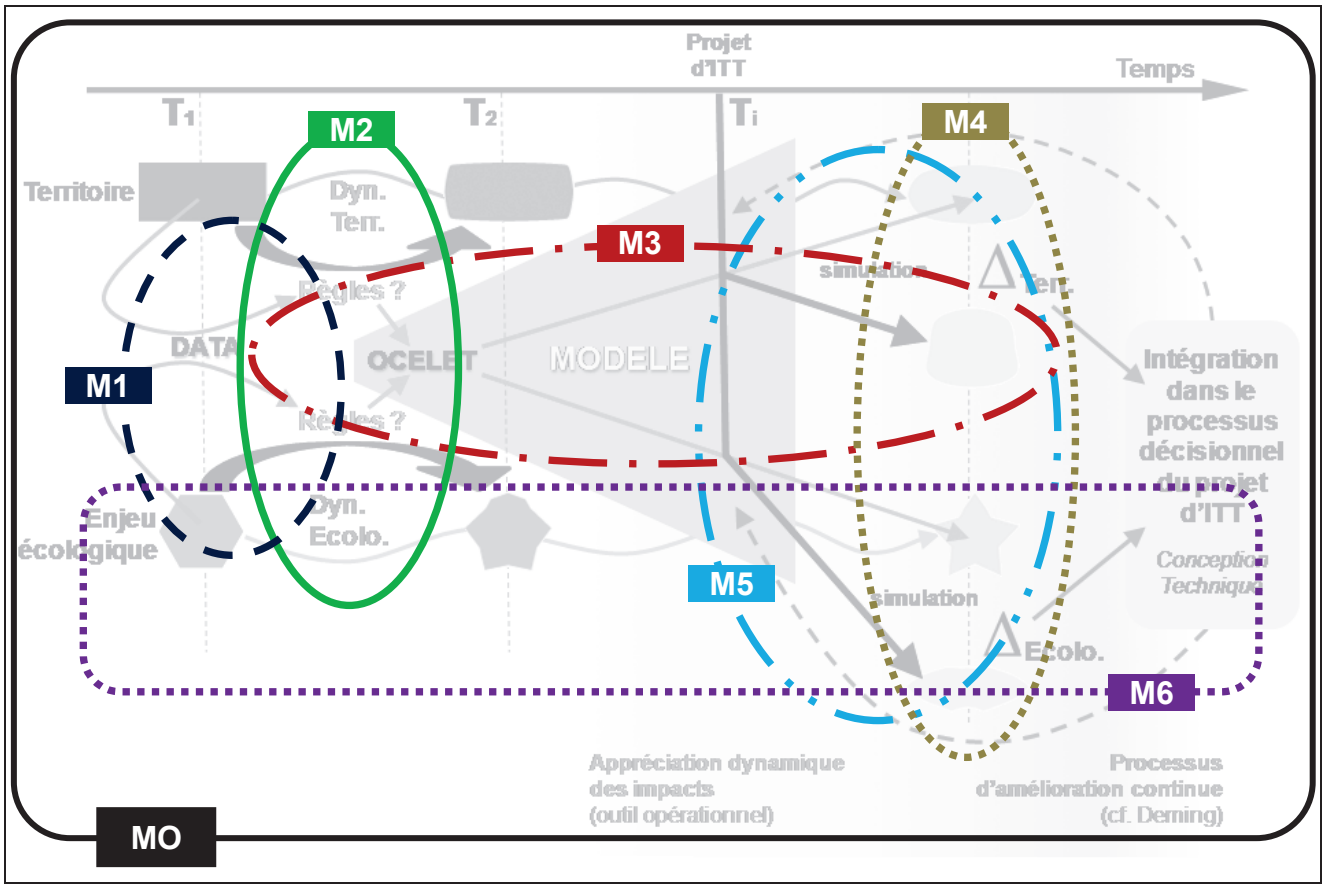


Figure 6 : Découpage du projet en modules

3.4. Etat de l'art méthodologique/technique

Fouille de données et extraction de connaissances

Des données aux connaissances

Motivés par des problèmes d'Aide à la Décision, les chercheurs de différentes communautés (Intelligence Artificielle, Statistiques, Bases de Données, Interface Homme Machine) se sont intéressés à la conception et au développement d'une nouvelle génération d'outils permettant d'extraire automatiquement de la connaissance de grandes bases de données. Ces outils, techniques et approches sont le sujet d'un thème de recherche connu sous le nom de KnowledgeDiscovery in Databases (KDD ou Extraction de Connaissances dans les Bases de Données) ou Data Mining (Fouille de Données). Ils sont utilisés dans de nombreux domaines d'applications. Les exemples les plus courants sont les compagnies d'assurance, les compagnies bancaires (sélection de bons candidats pour l'obtention de crédits, prédiction du marché, détection de fraudes), le marketing (comportement des consommateurs, détection d'attrition potentielle, « mailing » personnalisé), la recherche médicale (aide au diagnostic, au traitement, surveillance de population sensible), les réseaux de communication (détection de situations alarmantes, prédiction d'incidents), l'analyse de données spatiales, etc.
La fouille de données peut être définie par « Processus non trivial permettant l'extraction automatique de connaissances d'une base de données pour obtenir de nouvelles données, valides, potentiellement utiles et compréhensibles » Fayad et al 1996. Bien que le terme de fouille de données représente la découverte de connaissances, il ne constitue en fait qu'une seule des étapes du KDD, qui comprend globalement trois étapes : la préparation des données, l'extraction des données (Data Mining) et leur interprétation.

La première étape consiste à sélectionner uniquement les données potentiellement utiles de la base (opération de filtrage), sur lesquelles on effectue une phase de prétraitement (gestion des données manquantes ou invalides, sélection et construction de descripteurs). Ensuite, les données obtenues passent par une phase de formatage, afin de les préparer au processus de fouille de données. Finalement, la dernière étape est une étape d'analyse et d'interprétation des connaissances extraites par le processus de fouille de données, pour les rendre lisibles et compréhensibles par l'utilisateur.
Les besoins variés nécessitent des approches différentes telles que la classification, la recherche de corrélations, la segmentation ou encore la détection de déviation.

Approches les plus significatives de la fouille de données

- La recherche de règles d'association :

Le problème de la recherche de règles d'association, introduit par R. Agrawal et al en 1993, est souvent appelé "problème du panier de la ménagère" car les transactions opérées par les clients d'un magasin et dont la trace est stockée représentent une application typique pour le processus de découverte de connaissances. Dans un tel contexte, une règle d'association peut être par exemple : "85% des clients qui achètent du beurre et du café achètent aussi du lait". La recherche de règles couvre un large champ d'applications telles que la conception de catalogues en ligne dans un contexte de e-commerce, la promotion de ventes, le suivi de clientèle, la gestion des stocks, etc. Les règles d'association ne sont pas limitées aux applications à caractère commercial. Les règles d'association peuvent également être utilisées pour détecter des pannes, des fraudes ou tout

comportement inhabituel dans un système où les comportements usuels sont caractérisés par des règles d'association à forte fréquence (quantité d'objets pour lesquels la règle est vérifiée). La détection de règles d'association relève de l'apprentissage dit « non-supervisé » car aucune connaissance experte n'est requise pour fouiller les données.

• Le clustering :

Le problème du clustering (ou segmentation) consiste à regrouper des enregistrements qui semblent similaires dans une même classe. Il est complémentaire à celui de la classification, car le but ici est de rechercher les différentes classes possibles d'appartenance en fonction des différents attributs ou critères qui caractérisent les données. Les applications concernées incluent notamment la segmentation de marché, la segmentation démographique (pour identifier par exemple des caractéristiques communes entre populations), la classification de documents en fonction de leur contenu, etc.

• La classification :

Généralement associée à l'apprentissage supervisé ou nonsupervisé, elle consiste à analyser de nouvelles données et à les affecter, en fonction de leurs caractéristiques ou attributs, à telle ou telle classe prédéfinie ou non. Les techniques de classification sont par exemple utilisées lors d'opérations de "mailing" pour cibler la bonne population et éviter ainsi un nombre trop important de non-réponses. De la même manière, cette démarche peut permettre de déterminer, pour une banque, si un prêt peut être accordé en fonction de la classe d'appartenance d'un client.

L’extraction de motifs

Même si toutes ces approches permettent d'extraire de la connaissance de grandes bases de données, elles ne sont pas (ou mal) adaptées à l'extraction de comportements des données. En 1995, la problématique de la recherche de règles d'association est étendue pour détecter des comportements typiques dans le temps et le concept de motifs séquentiels est introduit par Agrawal et al. La recherche de tels motifs consiste à extraire des ensembles d'objets couramment associés sur une période de temps spécifiée. Il est alors possible d'extraire des relations temporelles comme par exemple "36% des clients qui achètent une télévision, achètent un lecteur de DVD dans les deux ans qui suivent et un Home-Cinema 6 mois après" ou "30% des abonnés d'une vidéothèque qui ont emprunté Marius, empruntent Fanny un mois plus tard, puis César quelques semaines après". De manière intuitive, l'extraction de motifs séquentiels consiste à rechercher, dans une base de données de transactions, les comportements les plus typiques. Cette notion est très proche de celle de la recherche de règles d'association dans de grandes bases de données mais possède une particularité essentielle : la nécessité de prendre en compte la temporalité des transactions.

Depuis la définition de la problématique, les chercheurs de la communauté fouille de données se sont de plus en plus intéressés à l'extraction de tels motifs. En effet, même si la problématique initiale était celle du "panier de la ménagère", il est clair que les motifs apportent une connaissance supplémentaire qui était jusqu'alors inexistante : on ne cherche plus à connaître les items corrélés entre eux, mais on s'intéresse aux comportements existants. L'engouement des travaux de recherche a bien entendu été motivé par les nombreux domaines d'application pour lesquels les motifs sont particulièrement adaptés.

Le domaine de l’extraction de connaissances à partir de données spatio-temporelles telles que sont les données environnementales est un domaine très complexe pour lequel peu de méthodes ont été proposées car de nombreux verrous scientifiques résistent malgré les travaux les plus récents dans le domaine.

Apports de la fouille de données dans le projet IMPACT

Dans le cadre du projet IMPACT, il s'agira tout d'abord (1) de recenser et d'organiser les données (2) d'évaluer et d'améliorer leur qualité (3) de modéliser et intégrer les données prétraitées puis (4) de modéliser et valider les connaissances extraites. Pour répondre à ces défis, il s'agit de proposer une modélisation innovante reposant sur une infrastructure adaptée à la problématique des données environnementales. La réflexion intègre donc les aspects de modélisation conceptuelle et logique ainsi que ceux associés à la restitution des données (sources ou agrégées) avec les méthodes de validation des connaissances adaptées. Les données hétérogènes manipulées possèdent des caractéristiques spatio-temporelles qui orientent les travaux dans le contexte des entrepôts de données spatiales.

Il s'agira ensuite d'adopter une méthode de recherche de motifs fréquents pour identifier les comportements répétés dans le temps dans un objectif décisionnel. Il serait également intéressant de proposer une analyse des évolutions et des propagations des états des éléments considérés dans leur caractère spatial et temporel. Ceci permettra plus particulièrement d'identifier des règles de dynamiques territoriales permettant de servir de référence aux différentes simulations.

BIBLIOGRAPHIE

R. Agrawal, T. Imielinski, and A. N. Swami. « Mining Association Rules between Sets of Items in Large Databases ». In Proceedings of the 1993 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, pages 207–216, 1993.

R. Agrawal and R. Srikant. « Mining Sequential Patterns ». In 11th Int. Conf. on Data Engineering, pages 3–14, 1995.

H. Alatrista Salas, J. Azé, S. Bringay, F. Cernesson, F. Flouvat, N. Selmaoui-Folcher et M. Teisseire. Revue des nouvelles technologies de l'information (RNTI) - Numéro spécial "Qualité des Données et des Connaissances – Evaluation des Méthodes d'Extraction des Connaissances dans les Données" - à paraître -2011.

Fei Chiang and Renée J. Miller. Discovering Data Quality Rules. PVLDB'08 [Devillers et al., 2010] : R. Devillers, A. Stein, Y. Bédard, N. Chrisman et P. Fisher, W. Shi. 30 years of research on Spatial Data Quality – Achievements, failures and opportunities, Transactions in GIS, volume 14, numéro 4, pp. 387-400.

Ding W. and Eick C.F. « Supervised Spatial Association Rule Mining: A Stratified Approach », DE 2006, pp 1-7.

Fayyad U. M., Piatetsky-Shapiro G., Smyth P., « From Data Mining to Know-ledge Discovery : an Overview », Advances in knowledge discovery and data mining, vol. 1, 1996, p. 1–34.

C. Fiot, A. Laurent and M. Teisseire « Fuzzy sequential pattern mining in Incomplete Databases » Mathware and Soft Computing Journal, Vol 15, No 1, pp. , 41-59, 2008.

N. Iftikhar et T. Pedersen. Schema Design Alternatives for Multigranular DataWarehousing. In : Proc. of the 21th International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA 2010), Lecture Notes in Computer Science, volume 6262, pp. 111-125.

L. Muñoz, J. Mazón et J. Trujillo (2009). Automatic generation of ETL processes from conceptual models. In : Proc. of the 12th International Workshop on Data Warehousing and OLAP (DOLAP 2009), ACM Press, pp. 33-40.

M. Plantevit, Y. W Choong., A. Laurent, D. Laurent et M Teisseire. Mining multidimensional and multilevel sequential patterns. ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data, volume 4, numéro 1.

Historical spatio-temporal aggregation. ACM Transaction Information Systems, volume 23, numéro 1, pp. 61-102.

Panos Vassiliadis and Alkis Simitsis and Eftychia Baikousi. A Taxonomy of ETL Activities. DOLAP'09 Special issue « Mining Spatio-Temporal Data » of the international journal JIIS Journal of Intelligent Information Systems, (G. Andrienko, D. Malerba, M. May, and M. Teisseire Eds) Kluwer Academic Publishers, Volume 27, Number 2, September 2006.

Dynamiques du territoire et caractérisation de règles d'évolution

Le territoire : des entités diverses en relation

Le territoire est considéré comme un système dynamique. Il est alors modélisable sur la base des entités qu'on lui reconnait comme constitutives de sa structure et en interactions dynamiques, qui en définissent la résilience ou le potentiel de changements. A la suite de M. Le Berre, le territoire peut être défini comme « la portion de la surface terrestre, appropriée par un groupe social pour assurer sa reproduction et la satisfaction de ses besoins vitaux » (Le Berre, 1992)[15]. L'analyse du territoire peut être établie selon trois facettes : existentielle, physique et organisationnelle. Le territoire est alors considéré comme système en établissant les relations dynamiques entre ces trois facettes.

La facette existentielle porte sur l'identité territoriale et ses propriétés holistiques : il est nécessaire de construire une connaissance du système des acteurs qui vivent en rapport avec le territoire considéré (ceux qui y vivent et ceux qui – ailleurs – l'utilisent également ou peuvent en réglementer certains usages, dans le cas d'un territoire local d'un ensemble plus vaste). Le territoire « donne un sens aux relations en les conservant dans le temps et l'espace. Le groupe attribue au territoire physique une unité, comme symbole de sa propre cohésion. L'élément ontologique du système spatial est alors le nom du territoire » (Chéry et Smektala, 2004)[16] .

La facette organisationnelle considère l'organisation sociale, dont les propriétés d'actions expriment quant à elle les activités localisées en concurrence ou en concertation dans le territoire et en relation avec son environnement plus vaste (national, mondial). La spécialisation du territoire en sous-espaces fonctionnels est structurée par le contrôle foncier par exemple.

La facette physique enfin porte sur les configurations concrètes de l'espace et leurs implications : les propriétés naturelles, considérées comme non anthropiques, et les propriétés matérielles issues de l'aménagement humain établissent un ensemble de contraintes pour les dynamiques du territoire. Les propriétés naturelles, qui relèvent du système écologique et bio-physique, constituent des potentialités de ressources que le groupe social identifie, sans que leur exploitation soit obligatoirement effective : des mises en réserves ou des impossibilités techniques ou économiques peuvent préserver certaines ressources. Ces propriétés naturelles constituent également des contraintes sur l'aménagement : elles peuvent favoriser certaines actions et/ou au contraire en limiter d'autres. Par ailleurs, les propriétés matérielles sont celles représentées par la topologie du territoire : le réseau des lieux, et des distances relatives entre eux, qui engagent des coûts de déplacement et de contrôle, des recherches de voisinage pour limiter ces coûts ou au contraire des recherches de mise en distance pour éviter des nuisances. L'espace est alors différencié en lieux spécialisés.

La représentation du territoire sur la base d'un modèle théorique de ce type permet d'organiser la connaissance des structures et dynamiques du territoire en ontologies et bases de connaissances

15 Le Berre M. (1992), Territoires, in Encyclopédie de la Géographie Economica.

16 Chéry J.-P. & Smektala, G. (2004), D'un modèle chorématique à un modèle de simulation : gestion des ressources ligneuses en zone soudano-sahélienne Les cahiers de l'agriculture, 13, 528-538

qui structurent des règles d'interactions entre ces différentes facettes et entre les différents éléments qui les caractérisent dans une application d'un cas réel.

Construction des connaissances sur le territoire

La rencontre d'un modèle théorique et d'un cas concret nécessite de retenir un cadre d'analyse généralement déterminer par un problème : une situation conflictuelle dont on veut définir les modalités, un impact d'un aménagement dont on veut estimer l'importance tant pour les aspects positifs que les aspects négatifs. Cette application exige une explicitation rigoureuse de la grille d'analyse des éléments mobilisés (données sources de type recensements, enquêtes, etc.) ainsi que l'évaluation des portées spatiales et temporelles de la connaissance du territoire : quelles périodes retenir ? Quelles relations spatiales (horizontale avec les territoires voisins ou en réseau, verticale avec les niveaux supérieurs) ?

Plusieurs méthodes permettent d'établir la connaissance sous la forme d'un modèle conceptuel, déclinaison plus proche de l'application d'un cas réel de territoire que le modèle théorique esquissé plus haut (Moine, 2007)[17]. Il s'agit en fait d'établir l'ontologie des entités et relations du système territorial étudié. Les méthodes d'analyse de données et d'analyse spatiales sont généralement adaptées à cette étape. Il s'agit alors d'estimer l'adéquation des bases de données géographiques et thématiques disponibles à cette ontologie et, le cas échéant, de constituer des bases de données adaptées.

Apports dans le cadre d'ITTECOP

Ce type de démarche a pu être appliqué dans des démarches de modélisation portant sur des territoires régionaux, par exemple pour des questions de ressources (Chéry et Smektala, 2004)[18], de dynamiques territoriales frontalières (Voiron et Chery, 2005)[19] ou de configurations de l'urbanisation (Chéry, 2011)[20].

La formalisation des connaissances du territoire, établi dans le cadre d'un modèle théorique du fonctionnement territorial, selon les principes systémiques de structure, d'interaction et d'évolution, est adaptée à la problématique du projet ITTECOP d'une part en permettant de mobiliser le matériau issu de la fouille des données pour placer les ontologies dans un modèle conceptuel, et d'autre part en identifiant les propriétés de relation entre éléments pour une application de modélisation pour la simulation.

Cette étape méthodologique intermédiaire apporte ainsi un dictionnaire d'entités et de règles explicites pour la formalisation du modèle de simulation et aider à l'interprétation des résultats.

Le projet ITTECOP visant à expliciter les modalités d'impacts d'un projet et de la réalisation d'une ITT dans un territoire régional, ces modalités sont différenciées entre celles qui relèvent des logiques des acteurs humains – relevant donc de la facette organisationnelle – et celles relevant du domaine écologique, de la facette (bio-)physique du territoire. Les bases de données à explorer pour alimenter l'analyse et la structuration des règles de fonctionnement du territoire pourront relever de différents domaines thématiques, liés à des descriptions standardisées (données localisées telles celles de

17 Moine A.(2007), Le territoire. Comment observer un système complexe *Harmattan.*

18 Chéry J.-P. & Smektala, G. (2004), D'un modèle chorématique à un modèle de simulation : gestion des ressources ligneuses en zone soudano-sahélienne Les cahiers de l'agriculture, 13, 528-538

19 Voiron, C. & Chery, J.-P. (2005), space géographique, spatialisation et modélisation en Dynamique des Systèmes *Res-Systemica*, 5

20 Chéry J.-P. (2011), Information géographique et simulation prospective : changements d'occupation du sol en Martinique (1994-2025). Proposition méthodologique, Rapport technique, AgroParisTech UMR TETIS.

l'INSEE pour les aspects démographiques et socio-économiques, ou celles des organismes régionaux sectoriels pour les activités de l'agriculture, des transports par exemple), ou à des expertises particulières, mobilisables dans des entretiens avec des acteurs du territoire. C'est au niveau de la mobilisation des acteurs que peut être discutée le corpus de règles de fonctionnement du territoire, afin de valider ou invalider certaines propositions et, par itérations, retenir les règles utiles à la modélisation en aval, dans le processus méthodologique.

Modélisation de dynamiques spatiales

Evolution du concept de paysage et de sa dynamique

C'est dans la deuxième moitié du XXeme siècle, à travers des travaux de géographie, comme les concepts de Géosystème proposé par N. Beroutchachvili et G. Bertrand ou le Modèle systémique paysage proposé par Th. Brossard et J.C. Wieber, que la vision des paysages par la recherche s'est orientée vers une approche qui n'était plus seulement descriptive, mais davantage systémique.
La prise en compte de l'espace dans le paysage a aussi évolué : aujourd'hui l'espace n'est plus seulement un support organisé, il est aussi considéré comme organisant (Voiron et Chéry, 2005)[21].
Les relations entre dynamiques anthropiques, dynamiques environnementales, et espace forment un système rétro-actif qui intègre une diversité de formes d'interactions, à la fois spatiales, structurelles, fonctionnelles, et sociales.
D'autres disciplines ont apporté d'importantes contributions à ces approches, notamment l'écologie du paysage qui, à travers l'étude systématique des relations entre les espèces vivantes et les structures spatiales des milieux dans lesquelles elles vivent, a donné une vision du paysage en tant qu'objet faisant partie prenante des systèmes écologiques. Le paysage possède, selon ce point de vue, des structures et des fonctions (Forman et Godron, 1981 ; Burel et Baudry, 1999 ; Turner & al., 2001) [22],[23],[24].
L'ensemble de ces travaux a fait évoluer la compréhension des causes et conséquences des hétérogénéités spatiales, leur dépendance vis-à-vis de l'échelle d'étude, et a influencé les pratiques en matière de gestion du territoire. Ils ont aussi fait naître de nouveaux besoins en modélisation de dynamiques paysagères et outils permettant leur simulation.

Modélisation et simulations, paradigmes et outils

En matière de modélisation, on peut distinguer les approches descendantes avec lesquelles les modèles décrivent les relations entre certaines grandeurs mesurables de la réalité, sans aller jusqu'au détail des interactions entre les éléments qui la composent (Equations différentielles , Dynamique des systèmes) ; et les approches ascendantes où l'on décrit ces interactions en prenant le point de vue des individus qui constituent le système, le comportement global n'est alors plus décrit a priori, mais observé a posteriori (Automates cellulaires, Systèmes Multi Agents).

Faisant le constat que dans les deux cas le scientifique a peu de liberté pour décrire les structures, en particulier spatiales, susceptibles de porter ces interactions, Degenne et al.[25] ont proposé une forme de modélisation que l'on peut situer à mi-chemin entre ces deux approches, et qui incite à

[21] Voiron C., Chery J.-P. (2005), Espace géographique, spatialisation et modélisation en Dynamique des Systèmes, Res-Systemica, 5.
[22] Forman R.T.T., Godron M. (1981), Patches and Structural Components for a Landscape Ecology, BioScience, American Institute of Biological Sciences, 31, 733-740
[23] Burel F., Baudry J. (1999), Ecologie du paysage : concepts, méthodes et applications Lavoisier.
[24] Turner M. G., Gardner R. H., O'Neill R. V. (2001), Landscape Ecology in Theory and Practice Springer.
[25] Degenne P., Lo Seen D., Parigot D., Forax R., Tran A., Ait Lahcen A., Curé O., Jeansoulin R. (2009), Design of a Domain Specific Language for modelling processes in landscapes Ecological Modelling.

étudier un système à travers la nature de ses interactions et des structures de graphes qui peuvent les porter. En plaçant au même niveau les relations spatiales, fonctionnelles, sociales ou hiérarchiques, on tente de s'affranchir des contraintes induites par le choix effectué souvent a priori d'une forme de représentation de l'espace.

Ocelet : un langage métier et un environnement de modélisation

Ces travaux ont abouti à la construction d'un outil de modélisation et de simulation nommé Ocelet[26]. Concrètement Ocelet se présente sous la forme d'un langage informatique métier, qui porte des concepts permettant d'exprimer des dynamiques spatiales et de les intégrer avec toutes formes d'interactions (fonctionnelles, hiérarchiques, sociales). Ocelet est donc un langage dédié à la modélisation de dynamiques spatiales et paysagères, au même titre que par exemple SQL pour les bases de données relationnelles, R pour l'analyse et la modélisation statistique, ou HTML pour la description de pages web.
Ocelet est en outre doté d'un environnement de modélisation qui facilite le développement de modèles, la réalisation d'expériences de simulation, l'intégration de différentes sources de données (bases de données géographiques, SIG, etc.) et l'exportation de résultats sous diverses formes (du simple graphique à la cartographie dynamique dans Google Earth).

Apports d'Ocelet dans le projet IMPACT

Contrairement aux autres approches de modélisation, Ocelet cible explicitement les dynamiques spatiales, et ce, sans la contrainte imposée d'un format *a priori* de données spatiales. Un paysage y est décrit comme un *système* où des *entités* interagissent entre elles à travers des *relations*. Les entités peuvent être de natures différentes (élément physique ou abstrait du paysage, acteur, etc.). Les relations le sont aussi (spatiale, fonctionnelle, hiérarchique, etc.). Le langage permet de décrire ces entités dans un modèle, de les mettre en relation, et d'établir des *scénarios* d'évolution du système. Dans le présent projet où il s'agira de bien comprendre les processus et équilibres en œuvre dans un paysage donné, et d'identifier les impacts probables d'une ITT dans ce paysage, plusieurs caractéristiques de l'approche Ocelet sont pertinentes :

- La modélisation permet la simulation d'évolutions possibles à travers différents scénarios. La simulation de l'état présent à partir d'un état initial passé permet de « caler » le modèle pour la simulation de plusieurs scénarios futurs, avec et sans l'installation d'une infrastructure de transport ;
- L'outil Ocelet est versatile en termes de types de données d'entrée. Il n'est pas inféodé à un type de données particulier (raster ou vecteur) et peut utiliser ensemble des données hétérogènes ;
- Les différentes formes d'interactions en jeu dans le paysage peuvent être décrites explicitement, à la fois dans une démarche de compréhension des dynamiques paysagères, et pour vérifier des hypothèses *a priori* de son fonctionnement. Ainsi, elles aideront à mieux comprendre comment les impacts peuvent être reliés aux différentes composantes (spatiales, sociales, fonctionnelles) de ce paysage ;
- L'approche de modélisation favorise une démarche incrémentale. La complexité d'une situation est décrite à partir d'une situation plus simple, à laquelle on ajoute de manière incrémentale des entités et relations pour décrire tous les processus jugés nécessaires pour le modèle. L'inclusion d'une ITT dans un paysage se fera de cette manière ;
- Pour chaque scénario possible, la simulation aidera à déterminer les indicateurs à surveiller

[26] Degenne P. (2012), Une approche générique de la modélisation spatiale et temporelle, application à la modélisation des paysages, Thèse de doctorat, Université Paris-Est.

pour suivre au mieux l'évolution du paysage après l'implantation d'une infrastructure.

Lien avec d'autres actions de recherche

Ocelet est le résultat du projet ANR Blanc STAMP (Modelling dynamic landscapes with Spatial, Temporal And Multiscale Primitives) qui s'est terminé en mai 2011, et de la thèse de Pascal Degenne qui sera soutenue le 9 mars 2012. Cette approche de modélisation profitera d'améliorations continues dans le projet ANR Agrobiosphère « Descartes » porté par l'UMR TETIS et qui démarre en février 2012. Ce projet, d'une durée de 3 ans, développera à partir d'Ocelet, un outil de simulation cartographique pour l'aide à l'évaluation agro-écologique de scénarios de l'usage des sols. Les modèles de simulation cartographiques y sont utilisés en tant qu'objets intermédiaires dans les situations de négociation et de construction collective.

State of the Art in Ecosystem Services research

Ecosystem services are " the benefits that people get from nature " (MEA, 2005). After pioneering academic research in the late 1990s and early 2000s (Costanza et al., 1997, Daily, 1997), the ecosystem services concept has now entered the mainstream of environmental planning and policy making (Potschin and Haines-Young, 2011). Where the concept originally aimed to emphasise people's dependence on ecosystems and thereby foster increased conservation activities (Daily, 1997), the concept also has a strong economic connotation (Gómez-Baggethun and Ruiz-Pérez, 2011). The premise here is that putting an economic value on nature's services invites market forces to generate better conservation outcomes (Chevassus-au-Louis et al., 2009). Despite the popularity of the ecosystem services concept among researchers and policy makers, much work remains to be done in terms of unpacking the 'production function' that is at the core of the concept (Haines-Young and Potschin 2010, De Groot et al., 2010). This requires the development of robust scientific methodologies to design context-specific topologies and classifications of ecosystem services (Wallace, 2008, Costanza, 2008) that are 1) appropriate and 'fit for purpose' for a particular decision situation and 2) combine different types of knowledge. To this end the importance of mapping ecosystem services, conceptually and in spatially explicit ways, as a framework for analysis is currently receiving much attention (Fisher et al., 2011, Raymond et al., 2009). The IMPACT project seeks to make a contribution to knowledge in this particular domain.

The objective in IMPACT project

The objective of this research component is to develop a methodology to assess the impacts of infrastructure development (in this case the realisation of the TGV line) in terms of changes in the levels of ecosystem services provided under society's current societal preferences. This will require the development of :

1) an ecosystem services matrix detailing the relationships between priority ecosystem services (under current societal preferences) and their determinants known as ecosystem functions, or intermediate services (De Groot et al., 2010) ;
2) an evaluative criterion–algorithms to translate the spatial representations of habitat connectivity under various infrastructure development scenarios into changes in ecosystem services.

BIBLIOGRAPHIE

CHEVASSUS-AU-LOUIS, B., SALLES, J. M. & PUJOL, J.-L. 2009. Approche Économique de la Biodiversité et des Services Liés aux Écosystèmes. Contribution à la Décision Publique. République France, Premier Ministre, Centre D'Analyse Stratégique.

COSTANZA, R. 2008. Ecosystem services: Multiple classification systems are needed. *Biological Conservation 141:350-352*.

COSTANZA, R., D'ARGE, R., GROOT, R. D., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R. V., PARUELO, J., RASKIN, R. G., SUTTON, P. & BELT, M. V. D. 1997. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature,* 387**,** 253.

DAILY, G. 1997. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*, Island Press.

DE GROOT, R. S., ALKEMADE, R., BRAAT, L., HEIN, L. & WILLEMEN, L. 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity,* 7**,** 260-272.

DEGENNE, P., PARIGOT, M., CUR´E, O., LAHCEN, A. A., FORAX, R. & LO SEEN, D. Modelling the environment using graphs with behaviour: do you speak Ocelet? *In:* SWAYNE, D. A., YANG, W., VOINOV, A. A., RIZZOLI, A. & FILATOVA, T., eds. 2010 International Congress on Environmental Modelling and Software. Modelling for Environment's Sake, Fifth Biennial Meeting, 2010 Ottawa, Canada.

FISHER, B., TURNER, R. K., BURGESS, N. D., SWETNAM, R. D., GREEN, J., GREEN, R. E., KAJEMBE, G., KULINDWA, K., LEWIS, S. L., MARCHANT, R., MARSHALL, A. R., MADOFFE, S., MUNISHI, P. K. T., MORSE-JONES, S., MWAKALILA, S., PAAVOLA, J., NAIDOO, R., RICKETTS, T., ROUGET, M., WILLCOCK, S., WHITE, S. & BALMFORD, A. 2011. Measuring, modeling and mapping ecosystem services in the Eastern Arc Mountains of Tanzania. *Progress in Physical Geography,* 35**,** 595-611.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E. & RUIZ-PÉREZ, M. 2011. Economic Valuation and the Commodification of Ecosystem Services. *Progress in Physical Geography,* 35**,** 613-628.

HAINES-YOUNG, R. & POTSCHIN , M. 2010. The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. *In:* RAFFAELLI, D. G. & FRID, C. L. J. (eds.) *Ecosystem Ecology: A New /synthesis.* Cambridge University Press / British Ecological Society.

MEA 2005. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. (Millennium Ecosystem Assessment).

PLANT, R., PRIOR, T., BORONYAK, L., BOYLE, T., CHONG, J. & HERRIMAN, J. 2012. Recognising Broader Benefits of Aquatic Ecosystems: An Ecosystem Services Approach.: Report prepared for the National Water Commission by the Institute For Sustainable Futures, Sydney.

POTSCHIN, M. & HAINES-YOUNG, R. 2011. Introduction to the Special Issue: Ecosystem Services. *Progress in Physical Geography,* 35**,** 571-574.

RAYMOND, C., BRYAN, B. A., HATTON-MACDONALD, D., CAST, A., STRATHEARN, S., GRANDGIRARD, A. & KALIVAS, T. 2009. Mapping Community Values for Natural Capital and Ecosystem Services. *Ecological Economics,* 68**,** 1301-1315.

WALLACE, K. 2008. Ecosystem services: Multiple classifications or confusion? *Biological Conservation 141:353-354*.

3.5. Description des modules et des travaux

M1 : Fouille de données et extraction de connaissances

Objectifs :

Extraire des corrélations entre les données spatio-temporelles permettant de caractériser les dynamiques territoriales

Organisation / planification :

1) Prétraitement sur les données (discrétisation ...) ;
2) application d'algorithme de fouille de données ;
3) Validation en collaboration avec les acteurs et les experts.

Responsables et participants scientifiques :

Responsable : M. Teisseire (Irstea)

Participants : Dino Inco (Irstea), Hai Nhat Phan (Doctorant, Irstea), Hugo ALatrista Salas (Doctorant, Irstea)

Interdisciplinarité et partenariats

Interdisciplinarité et partenariats interne et externe à TETIS pour l'extraction d'informations adaptées aux autres modules du projet et interactions avec les partenaires techniques externes et les acteurs locaux pour la phase amont de recueil de données.

Partenariats techniques : Chambre d'Agriculture du Gard, Région Languedoc Roussillon, DREAL Languedoc Roussillon, Agence d'urbanisme et de développement des régions nîmoise et alésienne, Conservatoire Régional d'Espaces Naturels, Centre Ornithologique du Gard.
L'interdisciplinarité sera primordiale sur ce module. En effet, les partenaires techniques et les acteurs locaux détiennent une connaissance du territoire qui pourra être mobilisée autant dans la phase de recueil de données que dans la phase de validation des résultats. L'information pourra également être construite avec les partenaires (développement d'une grille d'analyse ou d'un protocole d'interview pour recueillir la connaissance « des anciens ».
Une réflexion sur la façon de travailler en interdisciplinarité et de décider collectivement des actions les plus efficaces pour l'identification des sources de données et leur recueil, plus le cas échéant la définition de méthodes d'acquisition, sera menée en début de projet, lors d'une réunion spécifique autour des connaissances et des données et réunira l'ensemble des scientifiques et partenaires du projet.

Eléments méthodologiques :

Règles graduelles + motifs spatio-temporels

Travaux et résultats attendus :

(1) recenser et organiser les données

(2) évaluer et améliorer leur qualité
(3) modéliser et intégrer les données prétraitées
(4) modéliser et valider les connaissances extraites.

Il s'agira ensuite d'adopter une méthode de recherche de motifs fréquents pour identifier les comportements répétés dans le temps dans un objectif décisionnel.
Il serait également intéressant de proposer une analyse des évolutions et des propagations des états des éléments considérés dans leur caractère spatial et temporel. Ceci permettra plus particulièrement d'identifier des règles de dynamiques territoriales permettant de servir de référence aux différentes simulations.

Moyens et données mobilisés :

Le maximum de données et de toutes natures.
Mobilisation de 2 thésards sur ce module.

- *M2 : Analyse des dynamiques du territoire et caractérisation de règles d'évolution*

Objectifs :

Production d'un corpus de règles établissant les conditions et les modalités des relations entre les éléments du système territorial concerné.

Organisation / planification :

La production de la connaissance du fonctionnement territorial sous forme de règles explicites est l'étape intermédiaire entre l'étape initiale de traitement des bases des données, et de la fouille de données, et l'étape de modélisation. Elle s'articule donc dans le chronogramme dans la séquence intermédiaire du projet, et dans l'organigramme de l'équipe et des taches, dans une planification d'échanges directs réguliers avec les chercheurs et acteurs du territoire qui interviennent dans la production de cette connaissance et dans la construction du modèle de simulation.

Responsables et participants scientifiques :

Responsable : Jean-Pierre Chéry (AgroParisTech)

Participants : Pierre-André Pissard (Irstea), P. Maurel (Irstea), R. Plant (ISF/University of Technology Sydney-Australie), M. Teisseire (Irstea) + 1 stagiaire

Interdisciplinarité et partenariats

Interdisciplinarité et partenariats interne et externe à TETIS pour les interactions avec les partenaires du projet concernant les dynamiques d'évolution et les règles.

INTER-M2-M1 : Module en lien avec l'étape méthodologique de fouille des données (Module M1 : M. Teisseire) ; Lien intra-module avec la partie enjeu écologique (Module M2 : P.-A. Pissard).
INTER-M2-M3 : Module en lien avec l'étape méthodologique du modèle de simulation (Module M3 : D. LoSeen et P. Degenne).
INTER-M2-M5 : Module en lien avec le travail sur les impacts des ITT sur les services environnementaux (Module M5 : R. Plant) : travail interdisciplinaire pour caractériser des règles

adaptées au cadre thématique et technique des recherches de cette partie du projet sur les services environnementaux.

Partenariats techniques : Chambre d'Agriculture du Gard, Région Languedoc Roussillon, DREAL Languedoc Roussillon, Agence d'urbanisme et de développement des régions nîmoise et alésienne, Conservatoire Régional d'Espaces Naturels, Centre Ornithologique du Gard.
L'interdisciplinarité sera primordiale sur ce module. En effet, les partenaires techniques et les acteurs locaux détiennent une connaissance du territoire qui pourra être mobilisée autant dans la phase de caractérisation des règles que dans la phase de validation des résultats.
De plus, ce travail de modélisation et les résultats attendus des simulations devront répondre aux questionnements des acteurs locaux et des partenaires techniques. Ces questionnements ont été identifiés en amont lors de la phase de co-construction du projet IMPACT (notamment avec : DREAL, CEN, Région LR, Cogard sur les problématiques écologiques, paysagères, mesures compensatoires). Cette démarche interdisciplinaire et multipartenariale est au cœur du projet IMPACT. ***La finalisation opérationnelle de cette démarche et la construction de ces travaux réalisés en synergie entre les chercheurs et les acteurs locaux et partenaires techniques feront l'objet d'un séminaire de coordination en début de programme.***

Eléments méthodologiques :

1. Etablissement du modèle théorique général : modèle conceptuel avec formalisme de type UML
2. Dictionnaire des ontologies du modèle conceptuel
3. Réunions avec acteurs du territoire : présentation du modèle, discussion (interviews, itérations de validation des termes et relations proposées a priori)
4. Analyse des règles et corrélations proposées par l'étape de la fouille des données et extraction des connaissances : tests en termes de scénarios qualitatifs (cheminements causaux)
5. Analyses de données complémentaires : analyses sectorielles (démographiques, socio-économiques, etc.) et production de documents de description de l'état du territoire (diagnostic).
6. constitution d'une base de règles en rapport au formalisme Ocelet.

Travaux et résultats attendus :

Cette objectif nécessite d'une part d'établir l'ontologie de ce système (termes et concepts associés au territoire concerné, à ces enjeux de développement du territoire socio-économique et de qualité du domaine écologique), et d'autre part de structurer, sur la base des connaissances acquises par les méthodes d'exploitation des bases de données (analyses classiques de données, fouille de données, modélisation des connaissances spatiales), ces règles d'interaction et de contrainte dans des termes explicitement utilisables dans la démarche de modélisation Ocelet.

Moyens et données mobilisés :

- Bases de données du territoire : INSEE, IGN, Services de l'état (DREAL), Collectivités territoriales (CR, CG, Intercommunalités, Communes, Agence d'urbanisme et de développement des régions nîmoise et alésienne) ; données naturalistes et paysagères (CEN LR, Cogard, DREAL LR, Agence d'urbanisme et de développement des régions nîmoise et alésienne)
- Bibliographie technique : expertises et études du territoire concerné, selon différents secteurs thématiques
- logiciels de traitement des données, SIG, de modélisation de la connaissance (graphes qualitatifs, UML).

Extensions possibles en cas de co-financement supplémentaire :

- Tester l'application du cadre conceptuel d'analyse de l'environnement DPSIR, de l'Union européenne, pour l'analyse du fonctionnement territorial.
- Production d'indicateurs du territoire pour la perspective d'une architecture méthodologique de suivi d'un projet d'ITT.

▶ *M3 : Développement d'un modèle de dynamiques paysagères*

Objectifs :

Développer un modèle de dynamiques paysagères capable de décrire les principaux processus (territoriaux, écologiques) en cours qui expliquent la situation actuelle de la zone d'étude. Il servira ensuite à simuler des évolutions futures en fonction de scénarios à établir en cours de projet, y compris ceux concernant la mise en œuvre d'une infrastructure de transport dans le paysage.

Organisation / planification :

Le développement du modèle s'appuie sur les règles d'évolution explicitant les dynamiques territoriales et écologiques établies par le module M2 + partenaires techniques (Chambre d'Agriculture du Gard, Région Languedoc Roussillon, DREAL Languedoc Roussillon, Agence d'urbanisme et de développement des régions nîmoise et alésienne, Conservatoire Régional d'Espaces Naturels, Centre Ornithologique du Gard).
Les différents scénarios d'évolution pour lesquels le modèle fera des simulations devront être établis en concertation avec tous les partenaires du projet (cf paragraphe précédent). La validation fera l'objet d'un travail spécifique destiné à mettre en place un protocole de validation co-construit avec l'ensemble des partenaires techniques et acteur de terrain.

Responsables et participants scientifiques :

Responsables : Danny Lo Seen (Cirad)
Pascal Degenne (Cirad)

Participants : J.-P. Chéry (AgroParisTech), P.-A. Pissard (Irstea), R. Plant (ISF/University of Technology Sydney-Australie), M. Teisseire (Irstea)

Interdisciplinarité et partenariats

Interdisciplinarité et partenariats internes à TETIS pour les parties développement de modèle, mais en interaction avec les partenaires du projet concernant les règles et les scénarios d'évolution.

INTER-M3-M1 : Module en lien avec l'étape méthodologique de fouille des données (Module M1 : M. Teisseire) ; Lien intra-module avec la partie enjeu écologique (Module M2 : P.-A. Pissard).
INTER-M3-M2 : Module en lien avec la partie Analyse des dynamiques du territoire et caractérisation de règles d'évolution (Module M2 : J.-P. Chéry et P.-A. Pissard) : travail en interdisciplinarité pour développer une modélisation adaptées aux cadres thématique et technique des recherches de cette partie du projet sur l'analyse de l'évolution du territoire (J.-P. Chéry) et des perturbations écologiques engendrées par le projet d'ITT (P.-A. Pissard).
INTER-M3-M5 : Module en lien avec le travail sur les impacts des ITT sur les services environnementaux (Module M5 : R. Plant) : travail interdisciplinaire pour développer une modélisation

adaptée au cadre thématique et technique des recherches de cette partie du projet sur les services environnementaux.

Partenariats techniques : Chambre d'Agriculture du Gard, Région Languedoc Roussillon, DREAL Languedoc Roussillon, Agence d'urbanisme et de développement des régions nîmoise et alésienne, Conservatoire Régional d'Espaces Naturels, Centre Ornithologique du Gard : Apport dans la connaissance de terrain pour alimenter ce travail en données et lors de la phase de validation des résultats.
L'interdisciplinarité se traduira en amont par la co-construction d'objectifs communs de simulations : ce travail de modélisation et les résultats attendus des simulations devront répondre aux questionnements des acteurs locaux et des partenaires techniques. Ces questionnements ont été identifiés en amont lors de la phase de co-construction du projet IMPACT (notamment avec : DREAL, CEN, Région LR, Cogard sur les problématiques écologiques, paysagère, mesures compensatoires). Cette démarche interdisciplinaire et multipartenariale est au cœur du projet IMPACT. ***La finalisation opérationnelle de cette démarche interdiciplinaire et multipartenariale associant acteurs de terrain et scientifique se traduira par la construction de travaux réalisés en synergie. Un séminaire de coordination réunissant l'ensemble des participants du projet IMPACT sera réalisé dès le lancement du projet pour définir les meilleures modalités pour travailler ensemble.***

Eléments méthodologiques :

Le modèle sera développé en utilisant l'approche de modélisation de dynamiques spatiales basée sur l'outil de simulation Ocelet. Ce dernier a été conçu comme un langage informatique métier où les dynamiques spatiales sont exprimées sous différentes formes d'interactions (fonctionnelles, hiérarchiques, sociales) entre entités (physiques ou non) présentes dans – ou agissant sur – le paysage, selon des scénarios établis. Il possède un environnement propre pour le développement de modèles, la réalisation de simulations, et l'intégration et l'exportation de différentes sources de données, y compris géographiques.

Travaux et résultats attendus :

Les travaux seront menés en plusieurs étapes importantes : (i) le développement d'un modèle intégrant les règles d'évolution explicitant les dynamiques territoriales et écologiques ; (ii) son calage sur la situation actuelle dans son évolution à partir d'une situation passée (date à définir suivant les données disponible pour réaliser une validation robuste du calage du modèle ; (iii) l'établissement de plusieurs scénarios et leurs règles d'évolution associées ; et (iv) comparaison entre simulations de dynamiques territoriales et écologiques, avec et sans l'installation d'une ITT dans le paysage. Les étapes ne seront pas menées de manière séquentielle, mais plutôt itérative et incrémentale, par amélioration successive du modèle, des règles d'évolution, des scénarios, et leur prise en compte dans le processus décisionnel du projet.

Moyens et données mobilisés :

Exploitation du langage Ocelet, temps chercheur, temps calcul.

Extensions possibles en cas de co-financement supplémentaire :

- Tester la méthodologie sur un autre site d'étude présentant un projet de LGV dans un état d'avancement différent (LGV Rhin-Rhône en service) avec des données différentes, dynamiques différentes, etc.

- Exposer les résultats à un panel d'acteurs locaux (monter un protocole d'analyse afin d'étudier « les retours » du panel acceptation refus, etc.).
- On pourrait également explorer la possibilité de rendre cet outil de recherche plus opérationnel, par exemple, à travers une bourse Cifre co-financée par une entreprise privée, ou en s'associant à un éditeur de logiciel.

M4 : Module de production de simulations

Objectifs :

Exploiter le travail de modélisation de dynamiques paysagères développé dans le M3 pour définir un modèle d'appréciation dynamique des impacts d'une ITT qui soit à la fois opérationnel et généralisable (transfert ?) et produire des simulations et des analyses prospectives.
L'outil qui devra permettre de réaliser des travaux pour objectiver un territoire et apprécier les impacts des projets d'ITT sur cet espace et sur ses dynamiques afin d'améliorer in fine la prise de décision environnementale dans le cadre de son aménagement.

Organisation / planification :

Un travail de suivi et d'analyse de l'ensemble de la chaîne (du module M1 au Module de production de simulations M4) devra être réalisé afin d'identifier à chaque phase de la conception du modèle d'appréciation dynamique des impacts les besoins, les éléments facilitants, les freins, les blocages, etc. qui pourraient rendre ou non l'outil opérationnel et généralisable.
La seconde partie du module sera destinée à développer une méthode d'analyse exploitant cette modélisation afin d'apprécier dynamiquement les impacts des ITT sur un territoire (caractériser les Δ_{Terr} pour le territoire et Δ_{Ecolo} pour l'enjeu écologique).
Enfin, la dernière partie du module sera consacrée, une fois la méthode validée, à tester et produire des simulations afin de répondre aux questionnements soulevés (cf § exposé conceptuel des problématiques /Questions de recherche) sur les impacts d'une ITT sur le territoire.

Responsables et participants scientifiques :

Responsable : Pierre-André Pissard (Irstea)

Participants : Danny Lo Seen (Cirad), Pascal Degenne (Cirad), J.-P. Chéry (AgroParisTech), R. Plant (ISF/University of Technology Sydney-Australie)

Interdisciplinarité et partenariats

Interdisciplinarité et partenariats internes à TETIS pour les parties développement de modèle, mais en interaction avec les partenaires du projet concernant le développement opérationnel de l'outil et les objectifs des simulations.

INTER-M4-M1 : Module en lien avec l'étape méthodologique de fouille des données (Module M1 : M. Teisseire) : corrélation entre les résultats des simulations et les connaissances et data intégré en amont de la modélisation.

INTER-M4-M2 : Module en lien avec la partie Analyse des dynamiques du territoire et caractérisation de règles d'évolution (Module M2 : J.-P. Chéry et P.-A. Pissard) : travail en interdisciplinarité pour développer une modélisation adaptées aux cadres thématique et technique des recherches de cette

partie du projet sur l'analyse de l'évolution du territoire (J.-P. Chéry) et des perturbations écologiques engendrées par le projet d'ITT (P.-A. Pissard).
INTER-M4-M5 : Module en lien avec le travail sur les impacts des ITT sur les services environnementaux (Module M5 : R. Plant) : travail interdisciplinaire pour développer une modélisation adaptées aux cadres thématique et technique des recherches de cette partie du projet sur les services environnementaux.

Partenariats techniques : Chambre d'Agriculture du Gard, Région Languedoc Roussillon, DREAL Languedoc Roussillon, Agence d'urbanisme et de développement des régions nîmoise et alésienne, Conservatoire Régional d'Espaces Naturels, Centre Ornithologique du Gard : Apport dans la connaissance de terrain pour alimenter ce travail en données et lors de la phase de validation des résultats.
L'interdisciplinarité se traduira en amont par la co-construction d'objectifs communs de simulations : ce travail de modélisation et les résultats attendus des simulations devront répondre aux questionnements des acteurs locaux et des partenaires techniques. Ces questionnements ont été identifiés en amont lors de la phase de co-construction du projet IMPACT (notamment avec : DREAL, CEN, Région LR, Cogard sur les problématiques écologiques, paysagère, mesures compensatoires).
Cette démarche interdisciplinaire et multipartenariale est au cœur du projet IMPACT. ***La finalisation opérationnelle de cette démarche interdiciplinaire et multipartenariale associant acteurs de terrain et scientifique se traduira par la co-onstruction de travaux réalisés en synergie. Les attentes des acteurs locaux en matière d'outils de simulation et d'analyse prospective sont grandes. Ce module est donc au centre de cette interdisciplinarité.***
Un séminaire de coordination réunissant l'ensemble des participants du projet IMPACT sera réalisé dès le lancement du projet pour définir les meilleures modalités pour travailler ensemble et affiner les objectifs opérationnels communs.

Eléments méthodologiques :

Exploitation du langage Ocelet, intégration des thèses de l'écologie du paysage, transfert des éléments méthodologiques et techniques du module M2 servant à l'analyse des dynamiques du territoire et caractérisation de règles d'évolution pour réaliser des travaux orientés sur les problématiques écologiques.

Travaux et résultats attendus :

Un travail d'interface avec les partenaires techniques et les acteurs locaux devra permettre de développer l'outil en réponse à des attentes de terrain précises afin de maximiser sa pertinence opérationnelle.
Travailler à rendre généralisable l'outil, développer une méthode d'utilisation dans ce sens.
Développement méthodologique pour analyser dynamiquement (dimensions spatiales et temporelles) les potentialités écologiques d'un territoire et hiérarchiser les enjeux.
Développer une méthode d'appréciation des impacts qui puisse fournir une information intégrable dans le processus décisionnel.

Moyens et données mobilisés :

Données naturalistes, paysagères, d'occupation du sol, d'écopotentialité, données sur les impacts des ITT.

Extensions possibles en cas de co-financement supplémentaire :

- Tester l'outil dans d'autres configurations de projet (route,) ou sur un autre site d'étude présentant un projet de LGV dans un état d'avancement différent (LGV Rhin-Rhône en service) avec des données différentes, dynamiques différentes, etc.
- Tester l'Outil sur d'autres problématiques notamment les corridors écologiques (TVB).
- Exposer les résultats à un panel d'acteurs locaux (monter un protocole d'analyse afin d'étudier « les retours » du panel acceptation refus, etc.).
- Explorer la possibilité de développer un module intégrable dans un SIG.

▶ *M5 : Impacts des ITT sur les services environnementaux*

Objectifs :

The objective of this research component is to develop a methodology to assess the impacts of infrastructure development (in this case the realisation of the TGV line) in terms of changes in the levels of ecosystem services provided under society's current societal preferences. This will require the development of:

1) an **ecosystem services matrix** detailing the relationships between priority ecosystem services (under current societal preferences) and their determinants known as ecosystem functions, or intermediate services(De Groot et al., 2010).

2) an **evaluative criterion**–algorithms to translate the spatial representations of habitat connectivity under various infrastructure development scenarios into changes in ecosystem services.

Organisation / planification :

The research will be conducted in three phases:

- Phase I will develop the ecosystem services matrix as a simplified representation of the production chain, or 'ecosystem services cascade'.
- Phase II will develop the algorithms for the evaluative criterion.
- Phase III will trial and refine the evaluation methodology for selected infrastructure development scenarios.

Responsables et participants scientifiques :

Responsible : R. Plant (ISF/University of Technology Sydney-Australie - Hosted Research Fellow at Irstea Centre de Montpellier / UMR-TETIS)

Participants : M. Teisseire (Irstea), Pierre-André Pissard (Irstea), Danny Lo Seen (Cirad), Pascal Degenne (Cirad), J.-P. Chéry (AgroParisTech)

Interdisciplinarité et partenariats

The development of the ecosystem services matrix (Phase I) will require frequent interactions with Maguelonne Teisseire as well as selected stakeholder groups (RFF, CA 30, etc.). The development of the evaluative criterion (Phase II) will be conducted in close cooperation with Pascal Degenne and Danny Lo Seen. The trialling of the evaluation methodology (Phase III) will be conducted in cooperation with Jean-Pierre Chery, the OCELET modelling team, and will seek input from selected stakeholder groups.

INTER-M5-M1 : Module en lien avec l'étape méthodologique de fouille des données (Module M1 : M. Teisseire) ;
INTER-M5-M3 : Module en lien avec l'étape méthodologique du modèle de simulation (Module M3 : D. LoSeen et P. Degenne).
INTER-M5-M2 : Module en lien avec la partie Analyse des dynamiques du territoire et caractérisation de règles d'évolution (Module M2 : J.-P. Chéry et P.-A. Pissard) : travail en interdisciplinarité pour développer une modélisation adaptée au cadre thématique et technique des recherches sur les services écosystémiques soit sur le plan analyse de l'évolution du territoire (J.-P. Chéry) soit sur le plan perturbations écologiques / cadre de vie engendrées par une ITT (P.-A. Pissard).

Partenariats techniques : Chambre d'Agriculture du Gard, Région Languedoc Roussillon, DREAL Languedoc Roussillon, Agence d'urbanisme et de développement des régions nîmoise et alésienne, Conservatoire Régional d'Espaces Naturels, Centre Ornithologique du Gard.
L'interdisciplinarité sera primordiale sur ce module. En effet, les partenaires techniques et les acteurs locaux détiennent une connaissance du territoire qui pourra être mobilisée pour travailler sur une grille d'analyse des services écosystémiques et des impacts sur ces services provoqués par une ITT.
Un travail complémentaire d'enquête auprès des acteurs des Costières est envisagé et pourrait mobiliser les partenaires techniques et locaux du projet.
Par ailleurs, le CEN pourra contribuer à l'analyse prospective de la dynamique des milieux agricoles et naturels et de l'évolution des services qu'ils rendent à l'aide de matrices de transition sous pression de politiques agricoles, de développement socio-économique et d'aménagement (contexte d'une ITT) du territoire d'étude. Ce type d'expertise peut apporter une information précieuse dans le travail de modélisation que nous souhaitons réaliser dans IMPACT et contribuerait, à travers un travail réalisé en synergie, à croiser les compétences du laboratoire avec celles d'un acteur de terrain pour la création de connaissances nouvelles.

- Elaboration de critères, d'indicateurs et de seuils qui traduisent l'évolution des milieux et des paysages et permettent de la modéliser dans un contexte d'aménagement d'une infrastructure.
La construction des travaux réalisés dans ce module en synergie entre les chercheurs et les acteurs locaux et partenaires techniques fera l'objet d'un séminaire de coordination en début de programme.

Eléments méthodologiques :

The ecosystem services matrix development will take a **beneficiaries approach** (Plant et al., 2012). Rather than starting with 'traditional' ecological indicators and extending these into services and benefits to people, the beneficiaries approach takes the full suite of beneficiaries (direct/indirect and actual/potential) as a starting point so as to prioritise the required biophysical information. A comprehensive stakeholder analysis will be conducted based on an expert workshop and desktop analysis of socio-economic information. Bayesian Belief Network software (Netica) and standard GIS and remote sensing techniques will be used to develop conceptual maps and spatially explicit representations of selected ecosystem services. The evaluative criterion will be developed in the OCELET spatial modelling language (Degenne et al., 2010).

Travaux et résultats attendus :

The outcome of the research will be a codified, repeatable methodology for evaluating infrastructure impacts, as expressed by changes in the spatial layout of habitat (changed connectivity), in terms of changes in ecosystem services. The algorithms defining the evaluative criterion can be used with different prioritisations of (i.e. societal preferences for) ecosystem services.

Moyens et données mobilisés :

Bio-physical data:

- Current land cover and land use (including abandoned farmland)
- Protected and non-protected habitats (Natura2000 etc)
- Soil and water quality information
- Information on urban / paved areas

Socio-economic data:

- Socio-economic and demographic profiles
- Information on agricultural practices (cropping, use of chemicals and fertiliser, etc)
- Tourism activities (frequency of visits, origin of visitors,etc)
- Community views as expressed in local and regional media (optional)

Extensions possibles en cas de co-financement supplémentaire :

Should additional funding materialise, additional research could be undertaken to develop a future ecosystem services matrix, based on expected changes in demographics and socio-economic characteristics and associated societal preferences for ecosystem services. We envisage that a targeted visioning process with key stakeholders, supplemented with a desktop analysis of historical socio-economic data, could provide the required information. The future ecosystem services matrix could be used to re-evaluate selected infrastructure development scenarios.

▶ *M6 : Analyse du processus décisionnel*

Objectifs :

Elaborer une feuille de route pour un approfondissement de cette question.
Sensibiliser les partenaires à l'intérêt d'une réflexion de ce type pour améliorer les méthodes de programmation.
L'idée de ce module et d'initier une démarche d'amélioration de la prise de décision en matière de biodiversité. L'analyse du processus décisionnel doit permettre d'identifier des points de faiblesses où il y a une perte qualitative et quantitative d'information qui rend, in fine, la prise en compte de la biodiversité soit incomplète soit erronée.
Ce travail propose donc d'améliorer méthodologiquement et techniquement l'aide à la décision.

Organisation / planification :

Travail principal par des ateliers avec les partenaires dans une démarche de participation/accompagnement/validation d'étapes.

Etape 1 : Définition des attendus de l'action. Validation du programme de travail.
Etape 2 : Définition d'une grille d'analyse des processus de décision. Validation de la grille.
Etape 3 : Identification des processus. Synthèse. Analyse critique de la place de la biodiversité dans les processus. Possibilités d'amélioration des processus. Discussion et validation.
Etape 4 : Proposition d'un programme de travail complémentaire portant sur un accompagnement des activités de programmation pour une meilleure prise en compte de la biodiversité...

Responsable et participants :

Responsable : Jean-Philippe Tonneau (Cirad)

Participants : L'équipe d'INEXIA, Pierre-André Pissard (Irstea), + 1 stagiaire

Interdisciplinarité et partenariats

Le travail réalisé dans ce module s'articulera autour d'une collaboration INEXIA / TETIS qui sera construite et planifiée en début de projet lors d'une séance de travail qui réunira les deux équipes. Cette séance de début de projet, spécifique au Module 6, sera l'occasion, entre autre, de mener une réflexion sur la façon de travailler en interdisciplinarité entre bureau d'étude et laboratoire de recherche et de décider collectivement des actions concrètes d'animation interne à mettre en place pour ce module.

Eléments méthodologiques :

Analyse du cycle du projet / processus décisionnel
Travail en « Focus Group »

Moyens et données mobilisés :

Un stage.
Des activités d'observation du processus.

Extensions possibles en cas de co-financement supplémentaire :

Ce module pourrait faire l'objet d'extensions importantes dans l'hypothèse de financements complémentaires :

1) L'analyse du processus décisionnel pourrait être poussée afin de définir précisément comment est intégrée l'information environnementale et en particulier la biodiversité dans la conception technique d'une ITT. Une étude complémentaire sur la qualité de l'information intégrée dans la prise de décision affinerait l'expertise : quelle information, quelle qualité, quel format, quelle(s) source(s), à quel moment cette information est intégrée, comment, par qui, etc.). Cette analyse permettrait d'identifier les « points faibles » de l'intégration de la connaissance environnementale dans le processus décisionnel. Une recherche de corrélations entre les points faibles du processus décisionnel et les impacts d'une ITT sur le territoire permettrait de dresser une cartographie des sources d'impacts dès la conception d'un projet d'ITT.
2) Une fois le processus décisionnel analysé, et les éléments de processus impactant la identifiés, il est envisageable de colmater le circuit pour limiter les pertes d'informations. A partir du moment où le circuit décisionnel peut prétendre à véhiculer une information sans trop de pertes durant l'instruction du dossier, il est possible de monter un système d'amélioration continu de type Deming. Pour ce faire, un outil intégrateur doit être développé afin d'injecter dans le processus décisionnel des informations issues de modélisations comme nous le proposons dans le projet IMPACT : un projet d'ITT est soumis très top dans sa phase projet au modèle. Le modèle simule les impacts générés sur le territoire et sur les dynamiques qui l'animent. En identifiant les sources de ces impacts dans la conception du projet, celui-ci peut être repris. Après refonte, le projet pourra être de nouveau soumis au modèle qui fournira une nouvelle analyse de l'impact, et ainsi de suite.

▶ *Module complémentaire* M7 : Impacts des ITT sur la structuration spatiale du paysage*

** Comme exposé en début de document, le projet IMPACT présente de nombreuses possibilités d'extensions conditionnées par le montage de nouveaux partenariats scientifiques et financiers.*
Est présenté ici l'esquisse d'un module complémentaire validé par le CO et CS ITTECOP 2012 mais dont le montage technique et financier n'a pas pu être finalisé dans les délais accordés pour réaliser la convention de projet avec le Ministère.
Ainsi, la réalisation de ce module sera conditionnée par l'obtention d'un financement complémentaire et par une extension de l'équipe d'IMPACT via le montage d'un partenariat scientifique avec une équipe d'écologues. Si les conditions de réalisation du module M7 sont réunies, son intégration au projet IMPACT pourra se faire par avenant au présent document.

Les éléments ci-dessous sont donnés à titre indicatif car susceptible d'évoluer suivant le partenariat qui sera créé.

Objectifs :

Analyser les impacts d'une ITT sur la structuration spatiale du paysage.

Organisation / planification :

Le travail pourra s'orienter sur les axes suivants : ITT modifiants l'occupation du sol, dynamique du territoire, structure spatiale du paysage, régimes de perturbations.

Responsables et participants scientifiques :

Responsable : Philip Roche (Irstea)

Participants : Equipe d'écologues (à définir), P.-A. Pissard (Irstea), R. Plant (ISF/University of Technology Sydney-Australie).

Interdisciplinarité et partenariats

Ce module réalisera des passerelles avec plusieurs des modules du projet pouvant apporter des éléments pour l'analyse de la modification de l'occupation du sol et l'analyse des services écosystémiques.

Travaux et résultats attendus :

- Analyse des continuités et de leurs altérations ;
- Analyse des conséquences des modifications de l'occupation des sols et des conséquences en termes de biodiversité et de services écosystémiques.

Moyens et données mobilisés :

Exploitation possible de l'outil « Graphab ».

3.6. Management du projet

- *Coordination scientifique et technique*
- *Diffusion scientifique et valorisation*

Ces deux coordinations seront réalisées en binôme par Pierre-André Pissard et Eric Barbe :

Responsable scientifique :

Pierre-André Pissard
Géographe
Ingénieur de recherche

Irstea – UMR TETIS
Tél.: 04.67.54.87.73
Fax : + 33 4 67 54 87 00
Mail : pierre-andre.pissard@teledetection.fr

UMR TETIS
Maison de la Télédétection
500 rue Jean-François Breton
34093 Montpellier Cedex 5

Coordinateur de projet :

Eric Barbe
Géomaticien, Ingénieur Divisionnaire de l'Agriculture et de l'Environnement
Responsable appui au politique publique

Irstea – UMR TETIS
Tél.: 04.67.54.87.55
Fax : + 33 4 67 54 87 00
Mail : eric.barbe@teledetection.fr

Irstea – UMR TETIS
Maison de la Télédétection
500 rue Jean-François Breton
34093 Montpellier Cedex 5

Management administratif et financier

Cette coordination sera réalisée en binôme par Eric Barbe et Anne-Cécile:

Coordinateur de projet :

Eric Barbe
Géomaticien, Ingénieur Divisionnaire de l'Agriculture et de l'Environnement
Responsable appui au politique publique

Irstea – UMR TETIS
Tél.: 04.67.54.87.55
Fax : + 33 4 67 54 87 00
Mail : eric.barbe@teledetection.fr

Irstea – UMR TETIS
Maison de la Télédétection
500 rue Jean-François Breton
34093 Montpellier Cedex 5

Responsable Administrative et financière :

Chartier Anne-Cécile
Assistanrte de Direction

Irstea – UMR TETIS
Tél.: 04.67.54.87.70
Fax : + 33 4 67 54 87 00
Mail : anne-cecile.chartier@teledetection.fr

UMR TETIS
Maison de la Télédétection
500 rue Jean-François Breton
34093 Montpellier Cedex 5
Téléphone+ 33 4 67 54 87 70

Animation interne du projet : organisation et outils

L'animation du projet sera réalisée par Pierre-André Pissard et Eric Barbe.

Pierre-André Pissard aura en charge :
- la coordination scientifique ;
- la coordination partenariale ;
- la communication du projet ;
- la valorisation du projet (avec Eric Barbe).

Eric Barbe aura en charge :
- la coordination administrative ;

- la coordination financière (en collaboration avec Anne-Cécile Chartier) ;
- la mise en relation d'IMPACT avec les autres projets d'appui aux politiques publiques de l'UMR TETIS ;
- la valorisation du projet (avec Pierre-André Pissard).

L'animation du projet reposera sur :
- des séminaires internes ;
- des réunions thématiques ;
- un site interne (avec flux RSS) ;
- un espace collaboratif ;
- une newsletter ;
- la mise en place d'une stratégie de communication interne et externe et d'une démarche de transfert.

Δ Les séminaires internes :

Les séminaires réuniront l'ensemble des partenaires.
Un représentant de l'équipe d'animation ITTECOP sera également invité.
A l'issue de chaque séminaire, une feuille de route sera dressée pour 6 mois.

Quatre séminaires seront programmés :
- Un séminaire de lancement et de coordination ;
- Deux séminaires intermédiaires d'avancement et de recadrage ;
- Un séminaire de restitution et de valorisation.

<u>Le séminaire de lancement et de coordination (Début de projet)</u>
Ce premier rendez-vous réunira l'ensemble des partenaires d'IMPACT et permettra de définir les modalités pour travailler ensemble ainsi que les démarches partenariales, les outils d'animation (site internet, etc.) et la stratégie de communication interne et externe.
La stratégie de production interdisciplinaire sera également construite lors de ce premier séminaire.

<u>Les séminaires intermédiaires d'avancement et de recadrage</u>
Deux séminaires de ce type seront programmés : au 7ème et 13ème mois du projet
Réunissant l'ensemble des partenaires + un représentant ITTECOP ces séminaires auront pour objectif de dresser l'état d'avancement du projet, de valider la réalisation des feuilles de routes et le cas échéant de recadrer certaines actions et redéfinir des objectifs.
Les aspects valorisation et communication seront également travaillés lors de ces rencontres.
Une feuille de route sera dressée à l'issue de chaque séminaire intermédiaire.

<u>Le séminaire de restitution et de valorisation (en fin de projet)</u>
En plus de la construction du rendu final pour l'ITTECOP, ce dernier séminaire servira à faire le point sur les résultats et les productions, définir les perspectives de valorisation et/ou de suites du projet, établir un bilan scientifique, technique et partenarial du projet.

Δ Les réunions thématiques :

Ces réunions seront programmées au cas par cas et seront destinées à des travaux ciblés entre l'équipe scientifique et un ou plusieurs partenaires techniques.

Δ Le site internet et espace collaboratif :

Une page internet sera réalisée sur le site de l'UMR TETIS (avec l'appui du service informatique de l'UMR TETIS).

Un flux RSS sera mis en place afin de faciliter la diffusion d'information et la communication sur le projet auprès des différents partenaires.

Un espace collaboratif sera construit sur le site afin de faciliter les échanges entre les partenaires. Cet espace permettra de créer une dynamique et culture commune via l'échange de documents, bibliographie, transfert de connaissance, etc. facilitant le travail interdisciplinaire.

- Newsletter :

Une newsletter sur le projet IMPACT sera réalisée et diffusée (format à définir lors du séminaire de lancement et de coordination) via le site internet et le flux RSS afin d'informer l'ensemble des partenaires de l'actualité du projet.

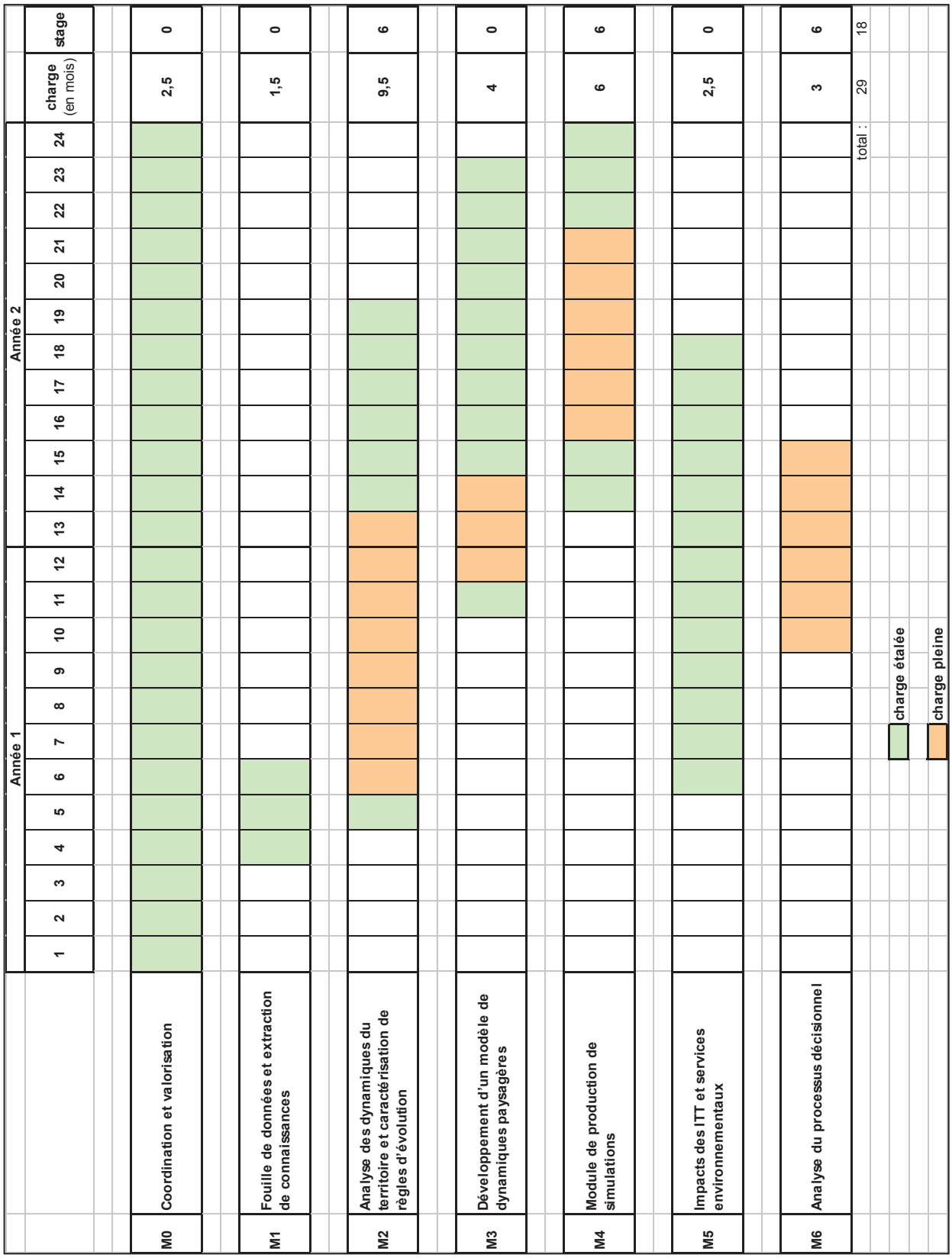
- Mise en place d'une stratégie de communication interne et externe et d'une démarche de transfert :

Lors du séminaire de lancement et de coordination, il sera proposé aux partenaires du projet de mettre en place une dynamique de communication et de transfert.
L'objectif est de valoriser la construction partenariale du projet. En effet, IMPACT présente un panel de partenaires riche et diversifié qu'il serait utile de valoriser en favorisant les échanges à la fois entre les partenaires du projet, mais aussi au niveau des réseaux de chaque partenaire :

- Echanges entre scientifiques ;
- Echanges entre scientifiques et partenaires techniques ;
- Echanges entre partenaires techniques ;
- Echanges avec les réseaux de chaque partenaire.

La démarche sera à construire lors du séminaire de lancement, mais l'idée consiste à mobiliser chaque partenaire comme étant « une tête de réseau » faisant l'interface entre le projet IMPACT et son propre réseau.
Chaque partenaire sera alors un élément d'interface à travers lequel de l'information provenant du projet IMPACT pourra percoler dans le réseau propre du partenaire ou dans le sens contraire, le partenaire pourra faire remonter de l'information ou de la connaissance de son réseau vers IMPACT et l'ensemble des partenaires du projet.

3.7. Planning de la recherche



4. Résultats attendus et valorisation

- ***Outil d'appréciation dynamique des impacts d'une ITT sur un territoire***. Une étude de préfiguration d'un outil logiciel de modélisation des dynamiques spatiales pourra être réalisée.
- Eléments méthodologiques et techniques pour l'***aide à l'objectivation des territoires*** et **l'analyse prospective d'un espace** en vue de son aménagement.
- Guide méthodologique pour **l'amélioration de la prise en compte de la biodiversité dans les processus décisionnels et la conception d'ITT**.
- Eléments méthodologiques et techniques pour ***l'aide à la mise en œuvre des mesures compensatoire***.
- Eléments méthodologiques et techniques pour ***l'aide à la définition de tracé et à l'insertion d'aménagement dans le territoire***.

- **Des productions particulières et ciblées pourront être envisagées suivant les attentes et demandes rencontrées au cours du projet** (productions ciblées selon les acteurs concernés : guide, restitution thématique, éléments de formation, etc.).
- **Organisation d'un séminaire de restitution avec participation des acteurs.**
- **Publications scientifiques et communications dans des colloques nationaux, européens ou internationaux**
- **Publications dans les revues professionnelles et des revues techniques**

- **communication dans les colloques nationaux et européens programmés dans programme Land Life en 2013 et 2014 en France ou en Espagne**

- **Montage d'un colloque (probablement en 2014) sur « ITT et Territoire »** (le montage pourra être envisagé avec plusieurs partenaires.

5. Annexes

5.1. Fiche du projet LAND LIFE

5.2. Fiche projet « Australian Green Infrastructure Council's Infrastructure Rating Tool »

5.3. Fiche du projet « Autralian National Water Comission »

5.1. Fiche du projet LAND LIFE

LAND LIFE RESUME

INTITULE : promouvoir l'intendance de territoires comme un outil de conservation de la biodiversité en région méditerranéenne occidentale : un plan de communication et de formation

BENEFICIAIRE COORDINATEUR : Xarxa de Custodia del Territori XCT (Réseau d'intendance du territoire) Catalogne Espagne

BENEFICIAIRES ASSOCIES :
- CEN L-R (FR)
- LEGAMBIENTE LOMBARDIA ONLUS (IT)
- EUROSITE (NL)
- PRYSMA CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE (ES)

DATE DE DEMARRAGE : 01/09/2011 ; **DATE DE FIN** : 31/12/2014

DEFINITION

L'intendance de territoire constitue une stratégie pour impliquer les propriétaires et les utilisateurs dans la conservation de la biodiversité. Elle se concrétise par la signature d'accords volontaires (conventions) entre des propriétaires et des organismes gestionnaires d'espaces naturels comme les CEN de manière à maintenir en bon état de conservation les milieux naturels et les paysages.

PRINCIPAUX RESULTATS ESCOMPTES

- 25 % d'accroissement dans le nombre d'accords et de convention de gestion de sites dont 50 % dans des sites Natura 2000, dont 40 % sur des aires faisant partie des infrastructures vertes européennes (TVB) améliorant la connectivité entre aires protégées
- 20 % d'accroissement de la surface d'aires protégées par des conventions de gestion
- 10 % des conventions de gestion portant sur des sites non protégés par d'autres outils
- Cours sur l'intendance du territoire pour le personnel technique d'au moins 80 organismes publics et privés engagés dans la conservation de la biodiversité.

OBJECTIFS GENERAUX DU PROJET :
- faire la promotion de l'intérêt de l'intendance du territoire auprès des parties prenantes de la conservation de la biodiversité au niveau européen et plus particulièrement en région méditerranéenne occidentale et encourager son utilisation et sa mise en œuvre à l'échelle de l'Europe.
- cibles : organismes de conservation, propriétaires privés, administrations locales et régionales en lien avec de nouvelles opportunités pour le développement rural autour de la commercialisation de produits locaux, l'écotourisme…
- mettre en place un programme de formation sur l'intérêt de l'intendance du territoire auprès de ces personnes physiques ou morales
- communiquer l'intérêt de l'intendance du territoire auprès du grand public pour impliquer plus de personnes dans la conservation de la biodiversité et dans un modèle plus durable de l'usage des terres.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

1) faire connaître les bases théoriques de l'intendance du territoire en tant que stratégie pour la conservation de la nature et des paysages et procurer les outils et les recommandations pour la mettre en œuvre en particulier en accord avec la Directive Habitats

2) faciliter les transferts de connaissances et d'expériences entre les parties prenantes impliquées dans l'intendance du territoire dans chacune des régions participantes ainsi qu'au niveau européen
3) informer les organismes gestionnaires d'espaces naturels, les propriétaires publics et privés et les administrations locales sur le développement et la mise en œuvre d'initiatives d'intendance de territoire
4) former les organismes publics et privés à la conservation de la biodiversité au travers de l'utilisation de l'intendance du territoire
5) communiquer l'intérêt de l'intendance du territoire à une audience plus large au travers de messages portés par tous les partenaires du projet
6) impliquer le grand public dans l'intérêt de l'intendance du territoire et la conservation de la biodiversité

20 ACTIONS PRINCIPALES ET 79 TACHES

MOYENS MIS EN OEUVRE

ENSEMBLE DES PARTENAIRES		**EN LR**	
TOTAL	1 628 273 €	**TOTAL**	205 290 €
CONTRIBUTION EC	814 136 €	**CONTRIBUTION EC**	102 645 €

LISTING DES PRINCIPALES ACTIONS (souligné participation LR)

A organisation et management de l'avancement du projet

A1 management du projet + organigramme
A2 monitoring de l'avancement du projet
A3 audit externe
A4 plan de communication après le LIFE
A5 activités en réseau dont A.5.3 (visites d'acteurs locaux et régionaux impliqués dans la gestion d'espaces naturels et entre les partenaires du projet (01/07/12-31/12/2014))

B actions préparatoires

B1 étude du développement et de la mise en œuvre de l'intendance du territoire dans les différentes régions participantes

C actions de communication

C1 publication du manuel européen « intendance de la nature, une opportunité pour créer des partenariats et participer à la conservation de la biodiversité et du patrimoine naturel européen » (C1.6 diffusion aux parties prenantes) (01/10/2012-31/09/2012)
C2 organisation d'ateliers régionaux sur l'intendance du territoire (C.2.3 Diffusion, organisation et mise en oeuvre en L-R (01/10/2012-31/12/2013)
C3 organisation d'un congrès européen sur l'intendance du territoire (C.3.3 Diffusion et communication du Congrès en France (01/01/2013-31/06/2014)
C4 portail WEB pour la communication sur l'intendance du territoire et sur le projet LIFE
C5 création de matériels multimédias pour la communication et la participation à l'intendance du territoire
C6 organisation de la semaine européenne de l'intendance du territoire (C.6.5 publicité et communication de la semaine européenne) (01/10/2012-31/12/2012)

D activités de formation

D1 création d'une assistance en ligne pour le développement et la mise en œuvre d'initiatives d'intendance du territoire (D.1.4 contribution régionale à l'assistance en ligne) (01/10/2013-31/12/2014)
D2 cours de formation en ligne sur l'intendance du territoire

E monitoring de l'impact du projet sur les principales cibles et sur la conservation de la biodiversité

E1 évaluation des actions du projet

F communication et diffusion du projet et de ses résultats

F1 mise à jour du suivi du projet et des résultats sur le site WEB
F2 plan de communication et de diffusion
F3 supports d'information du LIFE+, diffusion
F4 congrès, séminaires et présence dans les medias
F5 Layman report

5.2. Fiche projet « Australian Green Infrastructure Council's Infrastructure Rating Tool »

Client name	Australian Green Infrastructure Council (AGIC)
Project value	AU$275,000
Project period	2010 – 2011
Services undertaken	ISF was engaged by AGIC to develop several Themes of an **Infrastructure Sustainability Rating Tool** (http://www.agic.net.au/Tool.htm). The themes developed by ISF were:"Knowledge Sharing", "Capacity Building", "Energy Use and GHG Management", "Water Use", "Biodiversity", and "Positive Legacy". The AGIC sustainability rating tool provides a governance mechanism to independently assess infrastructure applications in terms of sustainability impactsas well as assess and award infrastructure rating appeals. The overall objective of the **Biodiversity Theme**, led by DrRoel Plant, was to achieve a net improvement in the functioning of ecosystems through enhanced biodiversity. Biodiversity is a key regulator of ecosystem functioning and its resultant ecosystem services such as food production, climate regulation and air and water purification. The Biodiversity Theme focused on the 'functioning of what?' and 'functioning for what?', adopting an**ecosystem approach**. The ecosystems approach is a method for sustaining or restoring ecological systems and their functions and values. It is **goal-driven**, and it is based on a collaboratively developed vision of desired future conditions that integrates ecological, economic, and social factors. It is applied within a **geographic framework** defined primarily by ecological boundaries. Importantly, the framework assesses linkages between people, infrastructure and the environment – and indeed infrastructure impacts on ecosystems – because it emphasises the interactions among the parts of the ecosystems. The pre-pilot version of the biodiversity Theme proposed the following criteria, with separate ratings and evidence requirements for each phase of infrastructure development: 1) 'Changes in ecological value of land'; 2) 'Ecological impacts of alternative options'; 3) 'Improved habitat connectivity'; 4) 'Net habitat creation'; 5) 'Offsets for land clearing'.
Key researchers	Dr Roel Plant; Joanne Chong; Tom Boyle (Ecosystems and Biodiversity component)

5.3. Fiche du projet « Autralian National Water Comission »

Client name	Australian National Water Commission
Project value	AU$120,000
Project period	2011
	Aquatic systems in Australia and worldwide provide many public benefits that need to be clearly and comprehensively identified and communicated so they are adequately recognised in water planning processes and misallocations of water avoided. The Australian National Water Initiative (NWI) calls for '*planning processes in which there is adequate opportunity for productive, environmental and other public benefit considerations to be identified and considered in an open and transparent way*' (NWI Clause 25iii). This project was initiated and funded by the Australian National Water Commission to develop a Handbook for Water Planners that explains how **Ecosystem Services thinking** might be applied to achieve the NWI objectives. The project adopted a**beneficiaries approach** as a mechanism to better identify, describe, value, explain and communicate such public benefits throughout the water planning process. The project weaves ecosystem services thinking into current NWI Policy Guidelines for Water Planning and Management to provide Australian water planners with guidance on how the multiple benefits and values provided by aquatic and riparian systems could be more comprehensively considered in water planning processes. The project developed a Handbook and supporting fact sheets, offering information, case studies and worked water planning examples. Key audiences include water planners, water policy makers, Treasury officials, consultants assisting water planners, and community members providing input to water planning processes.
Key researchers	Dr Roel Plant, Dr Timothy Prior, Joanne Chong, Lou Boronyak, Tom Boyle