HAL
open science

Programme de recherche Infrastructures de transport terrestre, rail et route et modification induites sur les paysages, les écosystèmes et la société Volume 1 rapport de synthèse

S. Vanpeene, P.A. Pissard

To cite this version:

S. Vanpeene, P.A. Pissard. Programme de recherche Infrastructures de transport terrestre, rail et route et modification induites sur les paysages, les écosystèmes et la société Volume 1 rapport de synthèse. [Rapport de recherche] irstea. 2012, pp.61. hal-02598680

HAL Id: hal-02598680

https://hal.inrae.fr/hal-02598680v1

Submitted on 16 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Programme de recherche
INFRASTRUCTURES DE TRANSPORTS TERRESTRES, PAYSAGES ET ECOSYSTEMES
ITTECOP

Volume 1 : Rapport de synthèse
Date remise : 18/12/2012

INfrastructures de **T**ransport t**E**rrestre **R**ail et route
et **MO**difications induites sur les **P**aysages, les **E**cosystèmes et la **S**ociété
Analyse, Proposition de méthodes et Outils opérationnels

Responsable scientifique : Sylvie VANPEENE

Irstea, Unité de recherche Ecosystèmes méditerranéens et risques, Aix-en-Provence
04 42 66 99 63 sylvie.vanpeene@irstea.fr

CONVENTION 0001700, PROGRAMME 189 BOP RECHERCHE 18902 C

Date d'engagement subvention MEEDDM : 19/12/2008

Participants au projet : Cemagref (devenu Irstea), CETE Méditerranée, CEFE, Conservatoire des Espaces Naturels Languedoc-Roussillon, Biotope, Alisé Géomatique.

SOMMAIRE

PARTIE 1 : CONTEXTE, PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS DES RECHERCHES 6

I LE CONTEXTE D'ITTECOP ET D'INTERMOPES

II LES PROBLEMATIQUES AUTOUR D'UNE LIGNE A GRANDE VITESSE 8

A- Les impacts sur les écosystèmes
Destruction d'habitats
Dégradation de la qualité de l'habitat et perturbations 9
Mortalité par collision avec les trains ou les caténaires 11

B Les impacts sur le paysage
Fragmentation des habitats et des populations
Modification de la perception du paysage par les habitants 12

C Les impacts sur le territoire

D Les impacts cumulés 13

E Les mesures compensatoires

PARTIE 2 : LES APPORTS D'INTERMOPES 14

I CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL DES SECTEURS ETUDIES 15

A- L'Outarde canepetière
1 - Biologie et habitat
2 - Etat des populations en France et statut de protection 16
3 - Situation de la population sédentaire de la zone méditerranéenne

B L'Ail petit Moly 17

C L'Astragale glaux 18

II IMPACTS CUMULES 19

1 - L'aspect réglementaire national et international
2 - Influence des choix de périmètre d'étude et de la nature des projets 20
3 - Approche théorique sur la prise en compte des impacts cumulés 24
4 - Etude de la répartition à l'échelle de deux régions d'espèces 26

III PROPOSITIONS D'AMELIORATION DES MESURES COMPENSATOIRES 28

1 - Etat des lieux de la mise en œuvre des mesures compensatoires
2 - Conséquences du renforcement des exigences en termes de mesures compensatoires 30
3 - Concevoir la mise en œuvre des mesures compensatoires comme un projet de territoire
4 - Proposition de protocole pour des mesures compensatoires visant à renforcer ou réintroduire des espèces végétales 32
5 - Nécessité d'une gestion adaptative 34

IV APPROCHE A L'ECHELLE DU PAYSAGE

A Lien entre infrastructure et paysage

1 - Historique de la prise en compte du paysage dans les infrastructures de transport
2 - Vers une approche plus écologique ? 35

B Cartographie des potentialités écologiques 36

1 - Expertise des habitats
2 - Cartographie des potentialités écologiques d'un territoire 42

C Modes de représentation de l'insertion de l'infrastructure dans le paysage 46

1 - Les différents modes de représentation des paysages et de leur évolution
2 - L'apport des outils géomatiques à ces représentations des paysages
3 - l'usage de ces représentations au service de la communication ou de la concertation 47

V FACILITATION ET LIENS ENTRE ACTEURS LOCAUX

PARTIE 3 : VALORISATION DES RESULTATS 49

- **Communication sur le projet**
- **Productions du projet**

PARTIE 4 : PERSPECTIVES 53

LISTE DES ENCADRES

Encadré 1 : historique du projet contournement Nîmes-Montpellier 8
Encadré 2 : Etendue de la zone perturbée par suivi direct des déplacements 9
Encadré 3 : Etendue de la zone perturbée par suivi des présences d'Outarde 10
Encadré 4 : exigences d'un projet de territoire 12
Encadré 5 : Statuts de protection 16
Encadré 6 : Définition 19
Encadré 7 : Impacts cumulés, le cadre réglementaire 20
Encadré 8 : base de données projets d'infrastructures de transport en LR 22
Encadré 9 : Les différentes stratégies de renforcement, réintroduction et introduction chez les plantes 32
Encadré 10 : Les potentialités écologiques d'un territoire pour une espèce 43

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Surface d'emprise et de perturbation temporaire et permanente dans la ZPS 10
Figure 2 : Contribution des partenaires d'INTERMOPES aux différents thèmes 14
Figure 3 : Répartition des Outardes en zone méditerranéenne (source CETE, 2009) 17
Figure 4 : Les divers projets d'aménagement sur la plaine de la Crau 21
Figure 5 : Pourcentage de présence et de disparation de milieux favorables à l'0utarde en Crau en testant deux aires d'étude. 21
Figure 6 : Localisation pour la région LR des diverses infrastructures en projet 23
Figure 7 : Schématisation de l'impact d'une infrastructure 24
Figure 8 : Schématisation des impacts cumulés, adaptation à un effet barrière 25
Figure 9 : Schématisation des impacts cumulés de projets par les enjeux écologiques. 25
Figure 10 : Zone d'étude des populations d'*Allium chamaemoly* 26
Figure 11 : Zone d'étude des populations d'*Astragalus glaux* 26
Figure 12 : Stations d'*Allium chamaemoly* étudiées et menaces sur ces stations 27
Figure 13 : Stations d'*Astragalus glaux* étudiées et menaces sur ces stations 27
Figure 14 : Infrastructure, projet de territoire et mesures compensatoires 31
Figure 15 : Nuage de points acquis par le lidar 38
Figure 16 : Restitution en 3D d'un scan acquis par le lidar 38
Figure 17 : Représentation cartographique du MNH par classes de hauteur 39
Figure 18 : Analyse statistique de la structure de végétation de la zone d'étude à partir 40
Figure 19 : Hiérarchisation du paysage pour l'Outarde canepetière à partir du MNH 41
Figure 20 : Analyse statistique commentée de la hiérarchisation du paysage 42
Figure 21 : Carte des potentialités pour l'Outarde de la ZPS 44
Figure 22 : Zoom pour les mâles sur un lek : validation avec points de contact 45
Figure 23 : Zoom pour les femelles sur un lek 45

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Zones d'étude 58
Annexe 2 : Itinéraire technique pour le renforcement et réintroduction de populations d'*Allium chamaemoly* 60

PARTIE 1 : CONTEXTE, PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS DES RECHERCHES

I LE CONTEXTE D'ITTECOP ET D'INTERMOPES

Aujourd'hui, l'aménagement du territoire n'a plus le simple rôle de donner à notre société les infrastructures nécessaires à son développement. Les politiques territoriales doivent désormais répondre à des besoins croissants en matière d'espace tout en s'efforçant de maintenir la qualité environnementale des zones administrées Cette démarche d'aménagement raisonné s'intègre dans un cadre global, celui du développement durable.

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, celui sur la diversité biologique est aujourd'hui un enjeu national majeur.

L'appel d'offre de recherche ITTECOP Infrastructures de transports terrestres Paysages et écosystèmes mettait en exergue le manque de recherche sur les relations entre paysage, infrastructures et biodiversité. Depuis la loi de 1976, les effets des infrastructures de transport sur la biodiversité sont abordés par le seul prisme des impacts notamment sur les espèces protégées car soumises à avis du Conseil National de Protection de la Nature en cas de destruction de ces espèces ou de leurs habitats. Or le passage d'une infrastructure dans le paysage a des effets sur la biodiversité mais aussi sur les sociétés dont l'action en retour peut aussi agir sur la biodiversité.

Le renforcement récent de la réglementation sur les études d'impacts et la prise en compte de la Trame Verte et Bleue (TVB) dans les projets d'aménagement vont également amener un regard nouveau sur la biodiversité. D'une prise en compte exclusivement ciblée sur des espèces et espaces protégés, la « biodiversité ordinaire » et son fonctionnement devront désormais être pris en compte.

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 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).

Cette situation 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.
Ainsi, dans le cadre d'une gestion durable des ressources et d'une aide à la décision pour la prise en compte juste 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 d'objectivation des connaissances naturalistes 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).

Les évolutions récentes imposeront une vision plus systémique des impacts des aménagements et nécessitera 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. Cette approche nécessite 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)

Si les objectifs liés à l'écologie des paysages semblent dès lors évidents – protéger les espèces menacées, préserver les fonctionnalités écologiques d'un espace et donc conserver le patrimoine biologique d'un territoire – les outils qui doivent être proposés aux décideurs, pour les aider dans leur volonté d'œuvrer dans ce sens, doivent présenter un niveau suffisant de synthèse des problématiques tout en conservant une valeur scientifique pertinente.
Avec la généralisation de la géomatique (Systèmes d'Information Géographiques : SIG, bases de données géoréférencées, imagerie aérienne ou satellite) dans les différentes structures publiques ou privée qui œuvrent sur les territoires, nous trouvons une technologie commune d'échange, interfaçant les mondes de la recherche et de l'aménagement du territoire, qu'il est judicieux d'exploiter afin de répondre aux attentes en termes d'outils d'aide à la décision environnementale

Les objectifs du projet INTERMOPES sont, dans le cadre de l'insertion d'une infrastructure terrestre de transport (ITT) dans un territoire, de proposer des méthodes et des outils d'aide à la décision environnementale et à la gestion spatiale pour le maintien de la biodiversité et la préservation des paysages, ainsi que des outils d'aide à la représentation et à la concertation entre acteurs. Divers avancées méthodologiques pour améliorer les connaissances sur la biodiversité (utilisation du LIDAR par exemple) ont été explorées afin d'alimenter une cartographie des potentialités écologiques du territoire qui servira à divers objectifs de préservation de l'environnement.

Les enjeux paysagers, naturalistes et sociaux du secteur d'étude sur la Zone de Protection Spéciale (ZPS) des Costières de Nîmes qui sera impactée par la ligne grande vitesse Nîmes-Montpellier sont importants et ont permis de mobiliser des acteurs variés. Ce projet de LGV s'accompagne d'un volet compensatoire important avec la mise en place de surfaces non négligeables pour des mesures en faveur de l'Outarde. La question des mesures compensatoires est apparue comme un enjeu local majeur pour la DREAL et ces réflexions ont conduit dans le cadre d'INTERMOPES à mettre en place un groupe de travail multipartenarial et pluridisciplinaire sur la problématique et à organiser 2 journées techniques nationales sur le thème « Mesures compensatoires et impacts cumulés dans les projets d'ITT ».

Un volet sur le paysage est mené en rapprochant le point de vue de l'écologue et de l'aménageur afin de proposer un partage des cultures et du vocabulaire. Le paysage – objet média dont les modifications peuvent être facilement perçues par les populations concernées par l'implantation d'une infrastructure est aussi porteur d'éléments non visibles et peu perçus qui relèvent des richesses environnementales du site (biodiversité, présence d'espèces protégées …).

II LES PROBLEMATIQUES AUTOUR D'UNE LIGNE A GRANDE VITESSE

Le projet d'une ligne à grande vitesse (LGV), d'une autoroute ou de tout autre aménagement de grande taille induit une série d'effets spatiaux qui vont évoluer au cours du temps du projet. Comme ces projets mettent beaucoup de temps à se réaliser (encadré 1) cela permet l'évolution en parallèle des milieux prévus pour le tracé. Les surfaces prévues pour l'infrastructure peuvent avoir une évolution différente des milieux environnants et peuvent paradoxalement de ce fait devenir plus favorables à la biodiversité qu'ils ne l'étaient aux prémisses du projet.

Encadré 1 : historique du projet contournement Nîmes-Montpellier

Calendrier du projet :

Première études sur le développement TGV de l'axe Languedoc-Roussillon : années 1990
Décision du Ministre de l'équipement sur le programme concernant le lien entre la péninsule Ibérique et le reste de l'Europe : 13 mars 2000
Approbation de l'avant projet sommaire par le Ministre de l'équipement, des transports et du logement : 18 décembre 2001
Propositions du maître d'ouvrage validées : 30 mai 2003
Enquête sur l'utilité publique du projet : du 4 novembre 2003 au 18 décembre 2003
Avis favorable de la commission d'enquête publique : 22 mars 2004
Décret ministériel de déclaration d'utilité publique : 16 mai 2005
Désignation du partenaire privé : Oc'Via le 28/6/2012
Etudes d'avant-projet détaillé et reprise des mesures compensatoires par le partenaire privé

Calendrier des études :

Impact prévisionnel sur le vignoble : 1997
Etudes d'impact : réalisées en majorité entre 2002 et 2006
Etude d'incidence Natura 2000 : octobre 2009

Inscription de la ZPS Costières nîmoise ZPS FR9112015 : arrêté du 6 avril 2006

A Les impacts sur les écosystèmes

Destruction d'habitats

Les impacts directs d'une LGV concernent la destruction d'habitats d'espèces et d'espèces (stations de flore) aussi bien des espèces protégées et patrimoniales que des espèces banales. La plupart du temps, seules les espèces protégées font l'objet d'étude d'impact.

La création d'infrastructure occasionne une emprise pour la voie, sur remblai la majorité du temps, doublée par une voie de service et des clôtures, l'emprise est estimée à 50 m de large (Biotope, 2009). Un certain nombre d'autres ouvrages permanents sont nécessaires, la base travaux qui deviendra à terme une base de maintenance (75 ha[1]), les raccordements et rétablissements routiers, agricoles et hydrauliques qui nécessitent des ouvrages et aussi des remblais (96 ha[2]).

Tout projet de gare engendre aussi des emprises directes (bâtiments, parkings, voies d'accès) mais aussi à plus long terme des implantations d'entreprises profitant de la desserte et donc de nouvelles voies d'accès. Ces consommations d'espaces ultérieures ne sont pas prises en

[1] Sur le secteur de la ZPS Costières nîmoises.
[2] Sur le secteur de la ZPS Costières nîmoises mais en dehors de l'emprise de la LGV.

compte dans les études d'impact du projet LGV mais font l'objet pour l'instant d'études d'impact au cas par cas.

Pendant les travaux, l'emprise est plus importante (80 m) car en plus des remblais, des pistes de chantier sont créées pour accéder à l'ouvrage, des installations de chantiers (bureaux, stations services, stationnement, lavage des engins, stockage…) sont également installés à proximité du tracé. Des lieux de stockage temporaire de matériaux sont également nécessaires.

Dégradation de la qualité de l'habitat et perturbations

A proximité de la voie pendant la phase travaux et en phase d'exploitation, la qualité des habitats pour les espèces de flore est dégradée (poussières, polluants) et de faune (bruit, dérangement par la présence humaine et d'engins de chantier, poussières et polluants). Chaque espèce a une sensibilité différente à cette dégradation de l'habitat et peut être plus perturbée en phase chantier (parce que l'homme est présent et visible) qu'en exploitation.
L'impact du dérangement humain peut être renforcé pour le contournement Nîmes-Montpellier en raison de son doublement sur une partie du tracé par une piste cyclable appelée à terme à connecter la voie verte depuis le lac Léman et pouvant donc engendrer une fréquentation humaine importante.

Encadré 2 : Etendue de la zone perturbée par suivi direct des déplacements

Un suivi par radio-trecking d'espèces de grande faune[3] mené au Québec en préalable au doublement de l'autoroute A 175 pendant 3 à 6 ans (avant, pendant les travaux et en exploitation) met en évidence les surfaces d'habitats dégradées (par les perturbations occasionnées) :

- les caribous forestiers évitent de s'approcher à plus de 5 km de la route
- les cerfs de Virginie qui avaient leur domaine vital centré sur la route ont, après travaux et malgré la présence de passages à faune occupé un domaine vital d'une surface double
- les loups, espèce considérée comme tolérante aux perturbations anthropiques, ont plus évité les secteurs en chantier actif que les secteurs en exploitation au format autoroute.

Le bruit est bien documenté comme facteur de perturbation des oiseaux, batraciens et chauve souris notamment (Lepart et de Sainte Affrique, 2012) mais dans le cas des infrastructures de transport il est très difficile de dissocier la part liée au bruit des aux dérangements. Par ailleurs, un certain nombre d'espèces (dont l'Outarde et l'Oedicnème criard) occupent de milieux de substitution très bruyants comme des aéroports ou des terrains militaires (Biotope, 2009).

[3] Source : le numéro spécial de la revue « le naturaliste canadien » : route et faune terrestre.

Encadré 3 : Etendue de la zone perturbée par suivi des présences d'Outarde

Données issues des suivis réalisés par le COGard sur une portion de LGV en service
Suivi en 2003 d'une population d'Outarde dans la plaine de Pujaut4
Ces données sont un croisement des observations des oiseaux avec la distance à l'infrastructure et ne résultent pas d'un suivi de leurs déplacements.

Les outardes n'exploitent aucun milieu (même les favorables et très favorables) dans une bande de 250 m de part et d'autre de la LGV.
Au-delà de 400 m, les outardes ne semblent plus perturbées.

L'application de cette distance de dérangement pour l'Outarde de, 500 m en phase chantier et de 250 m de chaque côté de la voie en exploitation induit une perturbation du territoire conséquente (figure 1).

Linéaire de 36,5 km et base travaux	**Surface sur l'ensemble du linéaire**
Emprise en phase travaux (LGV, voies de service, voie de chantier, raccordements routiers et base travaux) fuseau de 80 m + base de travaux	468 ha
Emprise en phase d'exploitation (LGV, voies de service, raccordements routiers et base de maintenance) fuseau de 50 m + base de maintenance	324 ha
Bande perturbée pour l'Outarde en phase chantier (terrassement) Fuseau de 500 m de part et d'autre de l'axe de la voie	3650 ha
Bande perturbée pour l'Outarde en phase d'exploitation Fuseau de 275 m de part et d'autre de l'axe de la voie	2000 ha

Figure 1 : Surface d'emprise et de perturbation temporaire et permanente dans la ZPS

L'infrastructure induit des perturbations par modification :

- des réponses physiologiques des individus (adoption de stratégie de vigilance, d'évitement et de fuite au détriment de l'alimentation et avec une consommation énergétique accrue (stress, augmentation du rythme cardiaque),
- de comportement : changement d'habitat et perte d'accès à certaines ressources donc perte fonctionnelle d'habitat et mise en place d'une compétition intra-spécifique pour les seuls habitats disponibles restants

Le dérangement des animaux qui s'installent à proximité d'une infrastructure peut entraîner une réduction des taux de survie, de la fécondité et du recrutement, donc à terme des impacts sur la démographie de la population (effet puits du secteur à proximité de l'infrastructure).

[4] Ce secteur où la LGV Méditerranée a été mise en service en 2003 est à 40 km à vol d'oiseau des Costières nîmoises.

Ainsi, les Pouillot fitis qui s'installent dans une bande de 200 m autour d'une autoroute sont de mâles inexpérimentés dont le succès de reproduction est moindre que celui des oiseaux qui s'installent au-delà des 200 m de l'infrastructure[5].

Mortalité par collision avec les trains ou les caténaires

La clôture de la voie LGV pour des raisons de sécurité devrait limiter les risques de mortalité par collision pour les animaux terrestres. Ces risques existent pour les animaux volants soit par collision directe soit du fait de l'effet de souffle lié à la vitesse du train (ligne prévue pour être exploitée avec une vitesse de 350 km/h). Ceci est d'autant plus net pour les animaux de petite taille. Les caténaires sont une cause aussi de mortalité en absence de trafic ferroviaire.

Les espèces pour lesquelles le risque est le plus élevé sont celles qui entreprennent des déplacements périodiques d'un habitat à un autre, celles qui ont une activité de chasse ou de prospection qui les conduisent à se déplacer sur un grand territoire ou celles qui trouvent des ressources (charognes…) à proximité ou sur l'ITT. Beaucoup d'espèces ont des comportements d'évitement ou de réduction du risque qui atténuent leur taux de mortalité; dans certains cas, il semble même y avoir apprentissage (Lepart et de Sainte Affrique, 2012).

Il y a cependant très peu de données sur les collisions sur une ligne LGV en raison des difficultés à y effectuer des relevés réguliers (le taux de disparition des cadavres par le fait de charognards est assez rapide notamment pour des animaux de petite taille).

B Les impacts sur le paysage

Fragmentation des habitats et des populations

La fragmentation au sens large conduit à un changement de configuration de la surface totale de l'habitat, une diminution de la taille des tâches d'habitats et une augmentation de leur nombre et de leur isolement. La réduction de la surface des habitats a toujours un effet important en termes de taille des populations. Par contre, la fragmentation *per se* (le découpage d'une tache d'habitat en plusieurs taches du même habitat et de surface équivalente) semble avoir un effet moins important sur la taille des populations (Fahrig, 2003). La distinction pourrait être particulièrement importante pour des infrastructures linéaires qui, par rapport à d'autres formes d'activités humaines, réduisent peu les surfaces des habitats initialement présents mais qui conduisent, par contre, à un morcellement important réduisant fortement les déplacements des espèces. Sans que les densités des populations présentes de chaque côté soit réduite, l'isolement des populations peut induire des phénomènes de dérive génétique. Ces effets sont d'autant plus forts que l'espace est inséré dans un maillage d'infrastructure de transport qui rend difficile les échanges dans toutes les directions (Lepart et de Sainte Affrique, 2012).

La fragmentation *per se* a un effet d'autant plus important que l'espèce a un comportement territorial avec des déplacements entre plusieurs milieux au cours de son cycle de vie. L'Outarde qui se rassemble dans des milieux bien précis pour la parade et l'accouplement (les leks) est très sensible à la fragmentation de son territoire. L'Outarde mâle a des critères de sélection de son habitat en fonction de la visibilité qu'il y trouve : tant pour être vu par les

[5] Numéro spécial 2012 « Route et faune terrestre : de la science aux solutions » Le naturaliste canadien, volume 136 (2), page 62.

femelles qu'il veut attirer que pour assurer sa sécurité. Ce comportement peut renforcer l'effet barrière d'une infrastructure construite sur remblai.

Modification de la perception du paysage par les habitants

La convention du paysage dans sa définition même du terme rappelle l'importance de la perception de la portion de territoire étudiée. « Paysage : partie de territoire telle que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations». Elle définit son objet comme une perception à la fois visuelle et psychologique (une représentation). L'originalité de la Convention réside par ailleurs dans le fait qu'elle s'applique aussi bien aux paysages ordinaires qu'aux paysages remarquables : elle concerne tant les paysages pouvant être considérés comme remarquables, que les paysages du quotidien ou « ordinaires » et les espaces dégradés. Le paysage est ainsi reconnu indépendamment de sa valeur exceptionnelle (Dejean-Pons, 2008).

Le paysage préféré des Français est" le plus familier, le plus quotidien en grande partie par le fait que le paysage est avant tout ressenti et reconnu par l'homme qui l'observe.
La construction de nouvelles infrastructures influe fortement sur l'organisation des territoires et des ses composantes conduisant à des nouveaux jeux d'échelle (Setra, 2008). L'infrastructure en remblai s'impose comme une barrière dans le paysage gommant des espaces qui étaient visibles auparavant. Pour celui qui l'emprunte, elle donne à voir avec un point de vue surplombant qui peut mettre en évidence des secteurs précédemment peu perçus.
Ces aspects sont abordés par les aménageurs dans des schémas directeurs paysagers traitant généralement l'infrastructure par une succession d'entités paysagères traversées et y proposant une « intention paysagère » adaptée (RFF, 2005). Il est à noter que les propositions sont parfois des aménagements paysagers (notamment des plantations ou la création de parc) pas directement au contact de l'infrastructure et donc requérant des espaces hors fuseau DUP.

C Les impacts sur le territoire

L'infrastructure se déploie dans un territoire tout d'abord comme un projet politique mais qui est porté par le technique. C'est un projet descendant qui est renforcé depuis récemment par le partenariat public/privé (logique de rationalisation et d'optimisation des investissements). C'est un projet planifié mais sur un temps très long (encadré 1) et dont le rythme variable (périodes de ralentissement et d'accélération) n'est pas maitrisé par les acteurs locaux.

Il serait utile pourtant que ce projet d'infrastructure puisse être un projet de territoire.

Encadré 4 : exigences d'un projet de territoire

C'est un projet politique ascendant (il part de la volonté locale)
Il s'accompagne d'apprentissages collectifs.
C'est un projet intégré quelque soit l'échelle du territoire.
La maitrise du temps est collective.

Le monde agricole est touché à plusieurs titres par le projet de l'infrastructure : perte directe de surface agricole au niveau de l'emprise (voie, ouvrages d'art, gares, création de desserte routière et reconnexion des réseaux routiers existants) ; déstructuration de l'exploitation et nécessité parfois d'échanges parcellaires pour assurer des conditions de travail acceptables mais aussi perte de surface agricole pour les mesures compensatoires. L'augmentation des

prix du foncier induite notamment par la nécessité pour l'aménageur d'acheter des parcelles pour réaliser ses mesures compensatoires peut déstabiliser le marché foncier agricole.

D Les impacts cumulés

Chaque infrastructure est une barrière efficace pour une partie de la faune mais ces effets sont à analyser à l'échelle du réseau et non pas ITT par ITT dans la mesure où la taille de la population isolée dans une maille de ce réseau est importante pour sa survie. De plus, la reconstitution ou le renforcement, par apports extérieurs, de la population après une perturbation dépend de la densité du réseau. La longueur d'infrastructure de transport par km^2 peut être un indice de ce phénomène. Forman et al. (2003) montrent qu'il existe des seuils (autour de 0,5km/km^2) au-delà desquels les grands carnivores tendent à disparaître.

Toutes les incidences sur les populations animales sont relativement lentes à se traduire en terme de densité : une mortalité annuelle augmentée de quelques % ou une reproduction diminuée se cumulent pour réduire, année après année, la population. Les perturbations concernant une grande partie de maille qui peuvent avoir des effets très durables sur les populations incluses dans cette maille sont des évènements discrets et relativement rares. On manque de suivis au long terme pour détecter ces effets.
L'effet de fragmentation est souvent ancien mais devient beaucoup plus efficace, d'une part, par la création de nouvelles infrastructures (TGV, autoroutes) souvent très imperméables, relevant des effets cumulés des aménagements successifs et surtout par l'augmentation régulière du trafic qui renforce l'effet de barrière aux déplacements (mortalité ou renoncement à traverser accrus).

E Les mesures compensatoires

Face aux impacts non évités et non réduits d'une infrastructure de transport terrestre, les impacts résiduels sur les milieux naturels et les espèces doivent être compensés depuis la première loi de protection de la nature (1976).
Une mesure compensatoire est une « action écologique visant à restaurer ou recréer un milieu naturel en contrepartie d'un dommage à la biodiversité provoqué par un projet ou un document de planification. Elle ne porte que sur l'impact résiduel après les mesures d'évitement et de réduction des impacts qui sont prioritaires » (CGDD, 2012).

De nombreux constats ont montré que la mise en place des mesures compensatoires a souvent été le parent pauvre du projet d'aménagement. Depuis quelques années, la réglementation sur les études d'impact et sur la prise en compte de l'environnement dans les projets s'est renforcée. Récemment plusieurs colloques6 ont mis en évidence les lacunes dans les

[6] Liste non exhaustive des colloques ayant traité des mesures compensatoires :
« Les mesures compensatoires pour la biodiversité », 3 juin 2009, Saint-Martin-de-Crau réseau régional des gestionnaires d'espaces naturels protégés.
« Mesures compensatoires dans un projet d'infrastructure de transport terrestre », 29 - 30 mars 2011, Aix-en-Provence, Cemagref – CETE Méditerranée dans le cadre d'INTERMOPES (programme recherche ITTECOP).
« Espèces protégées et infrastructures : enjeux et procédures de dérogation », 26 octobre 2011, Paris, CETE de l'Est, COTITA-EST.
« Les mesures compensatoires en zones humides : aspects réglementaires, mise en œuvre et retours d'expériences… » 16 février 2012, Paris, Rencontre du Groupe d'échange "Mares, zones humides intérieures, vallées alluviales", fédération nationale des parcs naturels régionaux.
« Restauration écologique : quand compenser ne suffit plus », 3-4 avril 2012, Paris, Naturparif.

connaissances et les méthodes nécessaires pour évaluer les impacts et proposer une compensation pertinente. Ils ont souligné le manque d'ingénierie formée à ces enjeux. Le renforcement récent des exigences en matière de ratio de compensation et d'allongement de la durée de responsabilité est source d'inquiétudes pour les maitres d'ouvrages. Les conflits d'intérêts d'usages du sol (notamment agricoles) peuvent rendre difficile la mise en œuvre des mesures compensatoires.

PARTIE 2 : LES APPORTS D'INTERMOPES

Parmi les différents enjeux développés ci-dessus, INTERMOPES s'est en particulier penché sur les enjeux d'effets cumulés, de mesure compensatoire, d'impact sur les écosystèmes et d'impacts sur le territoire et le paysage (Figure 2).

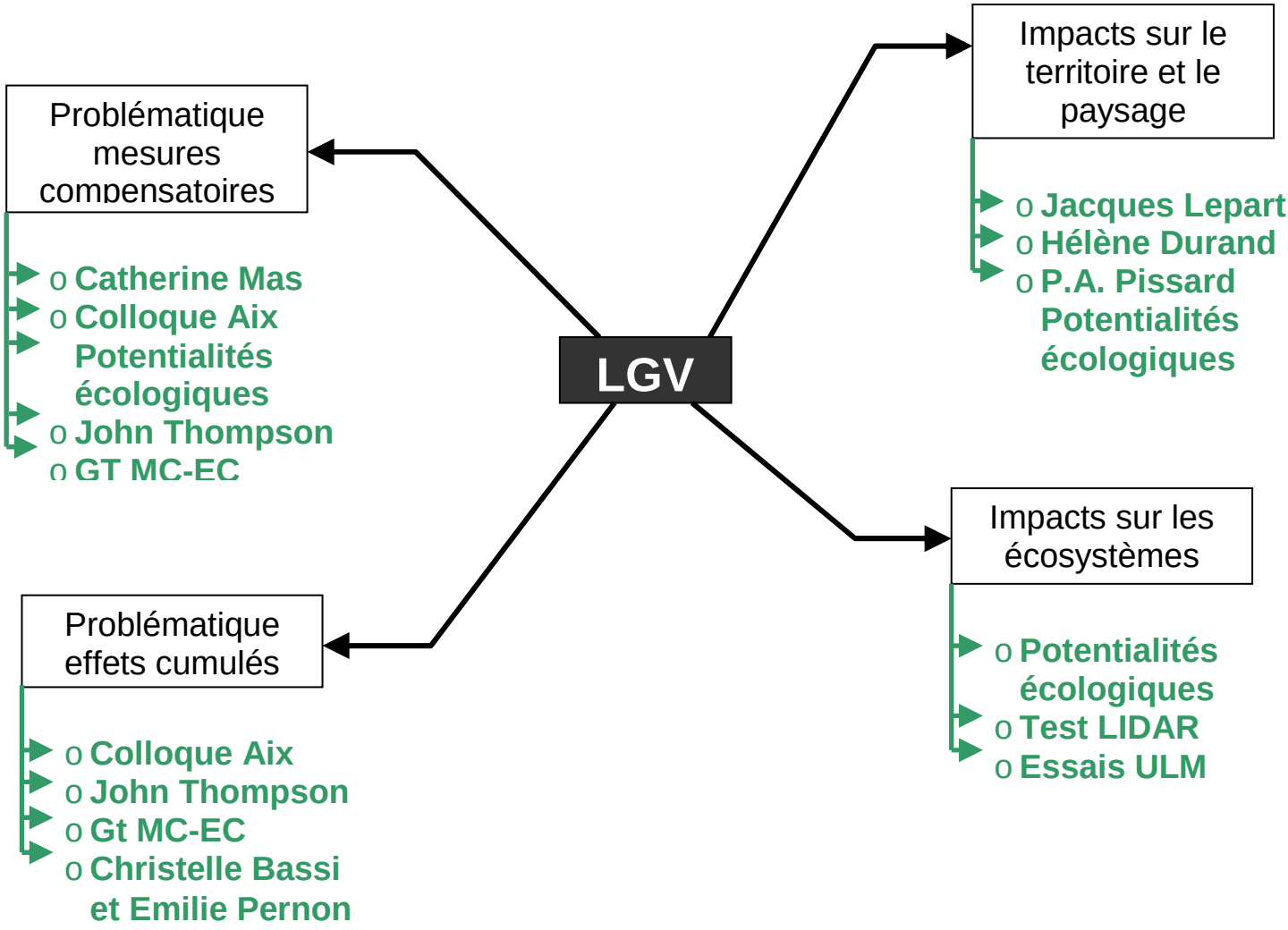


Figure 2 : Contribution des partenaires d'INTERMOPES aux différents thèmes

I CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL DES SECTEURS ETUDIES[7]

Les projets d'aménagement et notamment le tracé de la LGV Nîmes – Béziers traversent des zones naturelles riches en espèces dont certaines, protégées, nous ont permis d'aborder à la fois les questions d'impacts cumulés et de mesures compensatoires et de tester des outils nouveaux de prise en compte de leur utilisation du paysage.

L'Outarde pour laquelle la Zone de Protection Spéciale des Costières Nîmoises a été notamment créée est impactée notamment par le contournement Nîmes-Montpellier et d'autres projets dans le secteur proche de la Crau affectent également une autre population d'Outarde.
Des populations d'espèces de flore protégée de la zone méditerranéenne sont situées sur toute la longueur de la future ligne LGV Nîmes – Béziers, l'Ail petit Moly et l'Astragale glaux sont deux espèces impactées.

A L'Outarde canepetière

1 - Biologie et habitat

Les adultes se nourrissent principalement de végétaux mais peuvent aussi consommer des invertébrés. Les poussins jusqu'à l'âge de 3 semaines mangent majoritairement des insectes.

De part leur système de reproduction, les outardes mâles et femelles sélectionnent des habitats à caractéristiques écologiques très différentes. La reproduction se fait sur des territoires de parade de moins de 10 ha distribués de manière agrégée (les leks). Chaque lek est défendu par un mâle qui y attire les femelles et s'accouple avec plusieurs femelles.

- Sélection de l'habitat en période de reproduction:

Les femelles qui incubent et élèvent seules les poussins recherchent des couverts assurant à la fois la protection et une disponibilité alimentaire élevée notamment en insectes.

Les mâles sélectionnent des habitats qui leur permettront d'attirer le plus de femelles possibles lors de leurs parades. Une faible hauteur de végétation est donc préférée.
Les mâles reviennent chaque année sur la même place de chant (à la parcelle) mais les jeunes outardes apprennent au contact des adultes la localisation de plusieurs sites de reproduction.

- Habitat optimal pour une population

En milieu agricole (comme sur les Costières nîmoises), l'habitat optimal est constitué d'une mosaïque paysagère incluant des couverts herbeux temporaires ou permanents de hauteur variée au cours de l'année.
En milieu steppique (comme la Crau), l'habitat préférentiel est constitué de parcours d'élevage et de milieux cultives de manière extensive.

- Sélection de l'habitat en période hivernale pour les populations sédentaires :

Dans la Crau, les Outardes vont successivement utiliser les prairies de fauche, les cultures de colza, de luzerne…

[7] L'annexe 1 décrit les zones d'étude.

En Languedoc-Roussillon, les couverts utilisés sont variables selon les sites d'hivernage mais sont constitués de prairies pâturées, de cultures de colza, de luzernières, de prairies de fauche et de friches.

2 - Etat des populations en France et statut de protection

L'Outarde canepetière est un oiseau de plaine représenté en France par deux grandes populations : l'une migratrice se reproduit dans le Centre Ouest de la France (région Poitou-Charente : 19% des effectifs), l'autre sédentaire se distribue sur le pourtour méditerranéen (régions Provence-Alpes-Côte d'Azur : 46% des effectifs et Languedoc Roussillon : 31% des effectifs).

Cette espèce est confrontée à un risque élevé d'extinction sur le territoire national. En France, les effectifs ont chuté de près de 80% entre 1980 et 1996. Le déclin est particulièrement prononcé dans les régions de l'ouest et centre de la France avec plus de 90% de régression des effectifs. Les populations méditerranéennes sont relativement stables néanmoins elles sont soumises à des enjeux de forte pression d'urbanisation, de mutation agricole et de projets d'aménagements.

Encadré 5 : Statuts de protection

Au niveau international : classée comme espèce quasi-menacée sur la liste rouge de l'UICN
Inscrite à l'annexe II de la convention de Berne et à l'annexe II de la convention de Washington

Au niveau européen : classée comme vulnérable en Europe
inscrite à l'annexe 1 de la Directive du 30 novembre 2009 concernant la conservation des oiseaux sauvages (n°2009/147/CE, modifiant la version de 1979),
Elle fait l'objet d'un plan européen de sauvegarde.

En France :
Protégée depuis 1972 en France
Son habitat est protégé par l'arrêté du 9 juillet 1999.
L'arrêté du 29 octobre 2009 instaure un régime de protection à la fois des oiseaux, des œufs et des nids mais également des aires de repos et des sites de reproduction ainsi que l'interdiction de perturbation intentionnelle pouvant remettre en cause le bon accomplissement de son cycle biologique.
A fait l'objet d'un premier plan national d'actions entre 2002 et 2006 et d'un second pour 2011-2015.

3 - situation de la population sédentaire de la zone méditerranéenne

- dans la Crau :

Espèce inconnue en Provence avant le XXème siècle, la première reproduction dans la Crau est mentionnée en 1955 (Attie et Jolivet, nd). En 2008, le nombre de mâles chanteurs est estimé à 567 oiseaux (35 à 37% de la population nationale).

Cette colonisation récente et son rapide accroissement des effectifs s'explique par le développement de paysages agricoles mixtes steppe / cultures /fourrages depuis la seconde guerre mondiale (Wolff et al., 2001).

- au sein de la Costière nîmoise

En 2008, le nombre de mâles chanteur est compris entre 370 et 400 individus (en diminution par rapport à 2006 mais en hausse par rapport à 2004). En 2008, cette population représente environ 22 % de la population française.

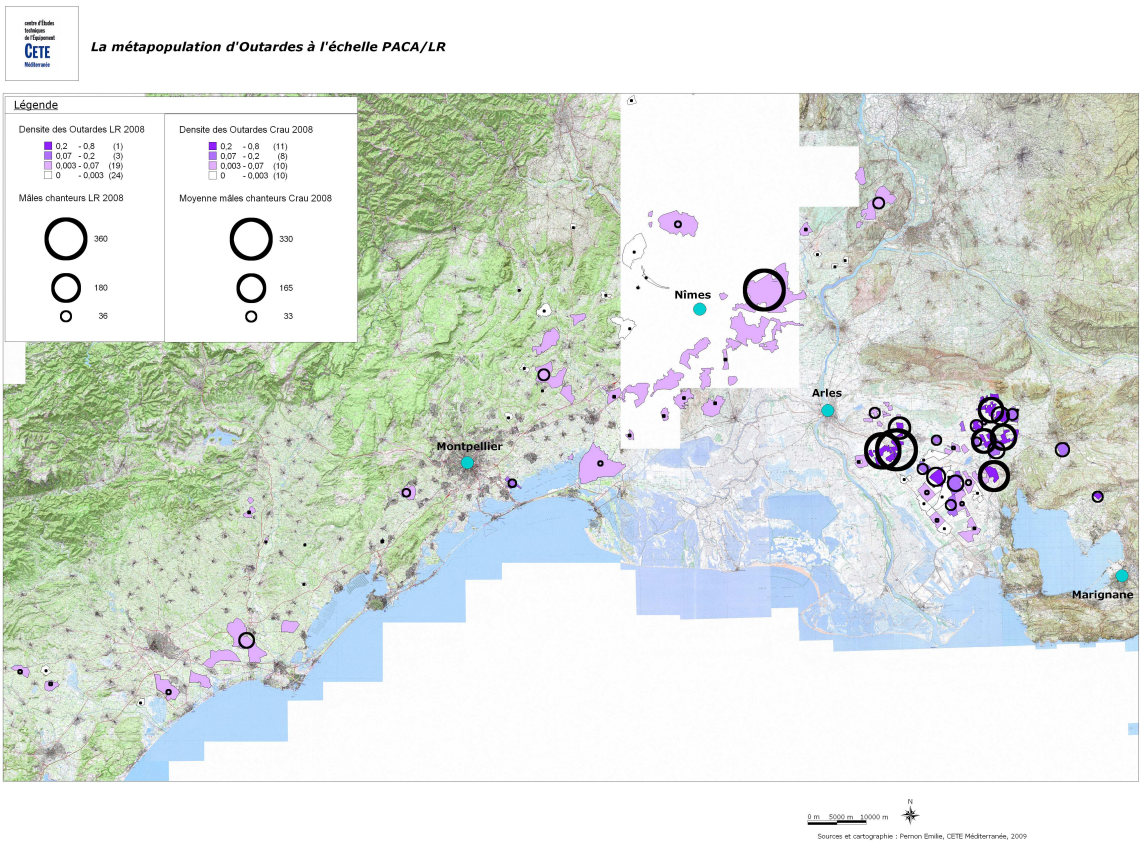


Figure 3 : Répartition des Outardes en zone méditerranéenne (source CETE, 2009)

B L'Ail petit Moly

Allium chamaemoly L. est une géophyte pérenne de quelques centimètres de hauteur, présente sur le littoral méditerranéen et protégée nationalement. Elle fleurit entre les mois de janvier et mars. Sa fleur hermaphrodite est pollinisée par voie entomogame, les akènes sont dispersés par gravité.

Sa répartition mondiale est limitée à l'Europe et à l'Afrique méditerranéenne : en France (Provence-Alpes-Côte d'Azur, Languedoc-Roussillon, Corse), en Europe (Espagne, Italie) et en Afrique septentrionale.

Cette espèce mésoxérophile est trouvée dans les étages thermo ou méso méditerranéens, aussi bien sur le littoral qu'entre 500 et 1000 m d'altitude *Allium chamaemoly* est caractéristique des milieux ouverts et se rencontre presque exclusivement sur des pelouses rases, parfois sur substrat sableux, offrant un taux d'humidité assez élevé pendant l'hiver. Au sein d'une

station, on observe souvent une répartition en taches de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres de diamètre (Thompson et al, 2012).

Particulièrement menacée par les projets touristiques et immobiliers qui fleurissent sur le littoral, elle est protégée, en France, au niveau national.

C L'Astragale glaux

Astragalus glaux est une petite Fabaceae vivace de 5-30 cm, avec des feuilles velues, blanchâtres ou grisâtres. Elle fleurit d'avril à mai avec des inflorescences rosées ou lilas en têtes sub-globuleuses, assez petites et nombreuses.
Elle se développe sur des pelouses rases ou des zones rocailleuses. En France, elle est présente principalement en Languedoc-Roussillon et dans le département du Vaucluse en PACA. Sa répartition mondiale est limitée à l'Espagne, au Portugal et à l'Afrique méditerranéenne. Elle est protégée en Languedoc Roussillon qui recouvre l'essentiel de son aire de répartition.

Elle est inscrite comme espèce vulnérable au livre rouge de la flore menacée de France (tome 1 : espèces prioritaires de 1995). Elle est protégée dans la région Languedoc-Roussillon.

Dans cette région, certaines de ses populations sont menacées notamment par des projets d'infrastructures routières et la construction de parcs éoliens.

Allium chamaemoly (Photo J. Thompson)

Astragalus glaux (photo J. Thompson)

III IMPACTS CUMULES

Aussi bien les populations d'Outarde que celles d'Ail petit Moly et d'Astragale glaux sont soumises sur l'ensemble des régions PACA et LR à des projets d'aménagements (infrastructures de transport, carrières, zones logistiques, parc éolien…).

Or ces divers projets sont encore étudiés au cas par cas et avec peu de lien entre les possibles projets éloignés mais venant impacter plusieurs populations espèce représentée par quelques dizaines de stations dans la région méditerranéenne. C'est pourquoi travailler sur les impacts cumulés a été l'un des axes de recherche d'INTERMOPES.

Les impacts cumulés été abordés selon plusieurs angles :

- L'aspect réglementaire national et international (état réalisé en 2009),
- L'analyse des conséquences des choix de périmètre d'étude et de la nature des projets étudiés sur les impacts cumulés (destruction des habitats d'une espèce animale sensible),
- Approche théorique sur la prise en compte des impacts cumulés,
- Sur deux espèces protégées (niveau national pour *Allium chamaemoly* et régional pour *Astragalus glaux*) dans le fuseau de la LGV Nîmes-Montpellier et hors fuseau à l'échelle de la région sur leur aire de répartition méditerranéenne.

Le colloque « Les mesures compensatoires dans les projets d'infrastructures de transport terrestre » a été l'occasion d'exposer le cadre réglementaire, la problématique avec l'exemple de l'Outarde en plaine de Crau et de proposer une réflexion théorique sur la prise en compte des impacts cumulés (Bassi et Pissard, 2011).

La définition que nous retenons pour les impacts cumulés est la suivante (un flou existe entre les différents textes et les différents termes utilisés[8])

Encadré 6 : Définition

Impacts cumulés : impacts (directs, indirects, temporaires ou permanents), s'additionnant dans le temps et dans l'espace, d'un projet, combinés à ceux d'autres projets passés, présents et raisonnablement prévisibles et où chaque impact pris individuellement peut ne pas être significatif. L'ampleur des impacts cumulés peut être égale à la somme des impacts individuels (effet additif) ou supérieure aux impacts individuels (effet synergique).

1 - L'aspect réglementaire national et international

L'évaluation des impacts des plans et programmes ou des projets sur l'environnement est obligatoire (encadré 2). Cependant, malgré cette réglementation qui impose que les projets soient évalués en conjugaison avec les autres plans et programmes présents, chaque projet est toujours actuellement traité au cas par cas. Un projet comme le CNM est encore traité en somme d'impacts localisés (où plusieurs taxons sont étudiés) ou pour des populations d'une espèce très localisées. Le doublement de l'autoroute A9 qui viendra se jumeler avec la ligne TGV est mentionné dans le schéma directeur paysager mais ne fait pas l'objet d'une étude d'impacts cumulés notamment sur les effets de fragmentation.

[8] Effets cumulés, cumulatifs, en conjugaison, en interaction notamment.

Encadré 7 : Impacts cumulés, le cadre réglementaire

Contexte européen :

Les directives EIA (85/337/CEE - 97/11) et EIPPE ou SEA (2001/42/CEE) introduisent la notion d'impacts cumulatifs des incidences dans leurs annexes.

La directive Habitats (92/43/CEE) : uniquement quand ils affectent un site Natura 2000, mentionne (art 6) des projets en conjugaison avec d'autres projets. Le guide d'orientation précise qu'il s'agit de projets qui ont «été proposés effectivement ».

Contexte national :

Jusqu'en juillet 2010, seule la transposition de la directive Habitat suggérait (art. L414-4 et R414-23 du Code de l'environnement) la notion d'impacts cumulés et dans un sens plus restrictif que la directive car seuls sont concernés les projets ayant la même autorité chargée d'approuver le document de planification, le même maître d'ouvrage ou pétitionnaire.

La loi dite Grenelle 2 (n°2010-788 du 12/7/2010) modifie l'article L122-3 du code de l'environnement et introduit les effets cumulés d'autres projets connus dans les études d'impacts.

Jurisprudence : un seul texte a intégré la notion d'impacts cumulés : commission des pétitions CEE, 20 novembre 2007, rapport sur la mission d'enquête du 1er au 2 octobre 2007.

Extrait de la conclusion « L'impact cumulé de la construction simultanée de trois ponts à faible distance les uns des autres dans une zone de conservation fortement protégée semble excessif même si chaque projet est approuvé individuellement par les autorités locales».

2 - Influence des choix de périmètre d'étude et de la nature des projets

Les éléments cruciaux pour étudier les impacts cumulés sont :

De définir l'aire d'étude qui prendra en compte correctement les enjeux de préservation de la biodiversité : à travers la définition de l'aire où se produisent les impacts mais aussi pour une espèce en danger, au travers de l'état des autres stations de cette espèce dans son aire de répartition,

De définir quels projets sont à analyser et trouver les éléments sur ces projets.

L'étude du CETE Méditerranée (CETE Méditerranée, 2009) teste pour la plaine de la Crau sèche et l'Outarde plusieurs définitions de périmètres d'évaluation des impacts cumulés :

- Analyse du site Natura 2000 (analyse d'une aire « administrative ») ou de l'aire de l'étendue de l'impact des projets (aire « d'influence »),
- Analyse des projets d'un maître d'ouvrage unique (selon la réglementation en vigueur jusqu'en juillet 2010) ou de tous les maîtres d'ouvrage (au sens de l'article L 122-3 du code de l'environnement),
- Analyse d'un type de projet (route, carrière, zone d'aménagement logistique…) ou de tous les types de projets ensembles.

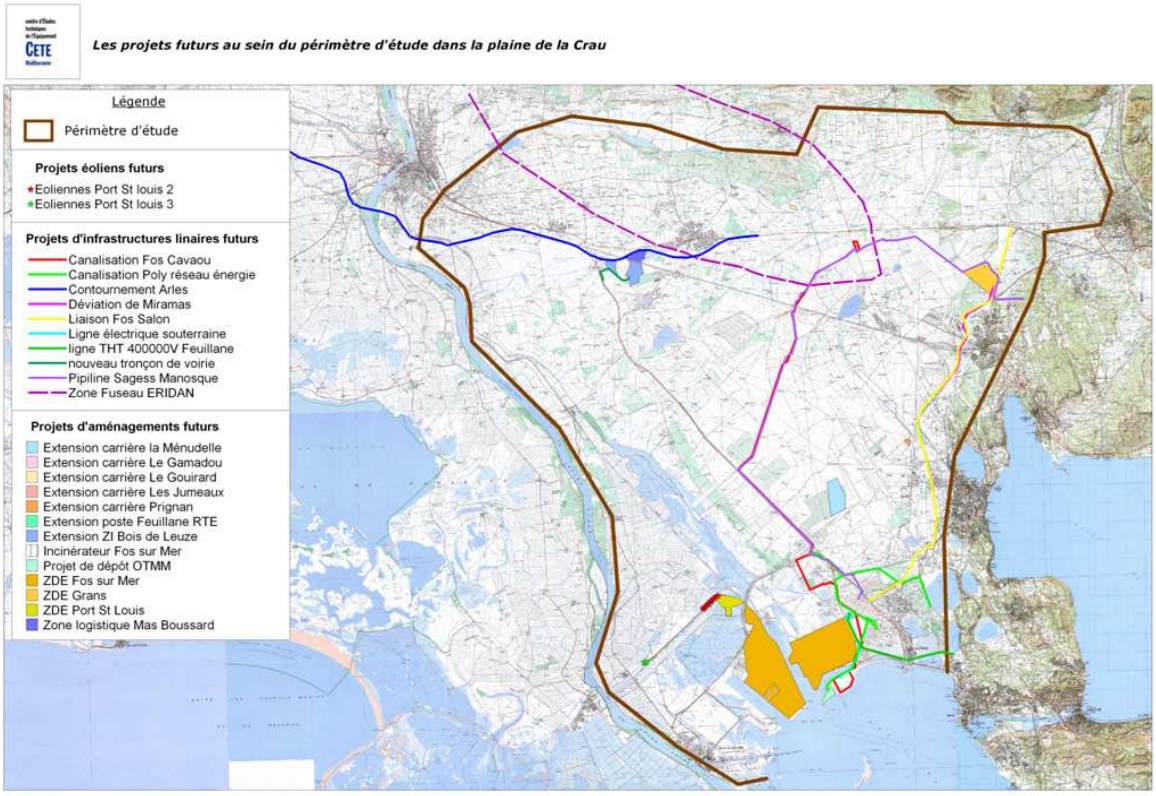


Figure 4 : Les divers projets d'aménagement sur la plaine de la Crau

Les aires d'étude comparées correspondent au périmètre strict du site Natura 2000 (ZPS et ZSC) et à l'aire d'influence des projets. Dans l'aire d'influence on prend en compte tous les types d'impacts, en direction de la plaine de la Crau (pollution de l'air, de l'eau, nuisances…), pouvant affecter l'Outarde.

La figure 3 indique les pourcentages de milieux actuellement favorables à l'Outarde et les pourcentages de ces milieux qui seront détruits par la totalité des projets connus en fonction du périmètre analysé (pour les autres résultats voir CETE, 2009). Travailler sur l'aire Natura 2000 fait prendre en compte 9 projets alors que l'aire d'influence est concernée par 34 projets.

Occupation du sol	**Totalité Crau actuel**	**Détruit/aire Natura**	**Détruit/aire influence**
Coussoul	26,72 %	0,66 %	1,54 %
Friches	14,04 %	2,37 %	8,46 %
Autres herbages	4,25 %	1,39 %	3,62 %
Prairies	22,37 %	0,78 %	1,8 %
Grandes cultures	3,12 %	0,88 %	1,54 %
Total	70,5 %	6,08 %	16,96 %

Figure 5 : Pourcentage de présence et de disparation de milieux favorables à l'0utarde en Crau en testant deux aires d'étude.

Ces résultats sont des pertes *a minima* de surface favorables à l'Outarde découlant uniquement de la destruction directe des habitats par l'emprise du projet[9] or les naturalistes estiment que les perturbations liées aux infrastructures rendent le milieu défavorable à l'Outarde sur 250 à 500 m (CEN LR, 2004).
C'est néanmoins une première approche qu'il est intéressant de mobiliser très en amont d'un projet par exemple dès le débat public pour évaluer pour des espèces très sensibles la totalité des pertes d'habitats prévisibles. Elle est à compléter avec une analyse des autres impacts que la destruction de milieux : l'effet barrière, le dérangement des individus, l'altération de l'habitat de reproduction, l'altération de l'habitat d'alimentation, les mortalités par collision et la destruction de nichées.
Le manque d'informations sur le comportement de l'espèce face aux perturbations engendrées par une infrastructure rend difficile d'affecter des coefficients aux différents impacts. Il serait nécessaire sur les projets à venir de grandes infrastructures de prévoir des suivants par radio-trecking d'espèces avant le début des travaux, pendant les travaux et pendant le fonctionnement de l'infrastructure afin de constituer un socle de connaissances permettant ensuite d'avoir des évaluations d'impacts plus proches de la réalité. Ce travail a été mené au Québec en préalable du doublement de l'autoroute A 175 en suivant pendant 3 à 6 ans les espèces de grande faune[10]. Ces études ont permis de mettre en évidence les surfaces d'habitats dégradées (par les perturbations occasionnées) pour différentes espèces ainsi les caribous évitent de s'approcher à plus de 5 km de la route, les cerfs de Virginie qui avaient leur domaine vital centré sur la route ont après travaux et malgré la présence de passages à faune occupé un domaine vital d'une surface double.

Le constat fait lors des interviews menées (Pernon, 2009) met en avant des écueils méthodologiques notamment :

- Des maîtrises d'ouvrages différentes (Etat, collectivités territoriales, privé) et des périodes d'étude ou d'interventions étalées dans le temps qui ne rendent difficile la connaissance par un maitre d'ouvrage de tous les projets pouvant à terme impacter le même territoire que son propre projet ;
- Le manque de retour sur les impacts réels des projets réalisés sur un milieu ou des espèces car il manque une évaluation environnementale globale et intégrée permettant d'acquérir des connaissances sur les impacts.

Encadré 8 : base de données projets d'infrastructures de transport en LR

Le Conservatoire d'Espaces Naturels Languedoc-Roussillon en 2008, a élaboré pour la DIREN Languedoc-Roussillon, un système d'informations prenant en compte l'ensemble des projets routiers, autoroutiers et des infrastructures de transport ferroviaire (à un objectif de cinq ans) avec les informations disponibles sur le patrimoine naturel. En 2010, cet outil d'aide à la décision n'était pas connu des agents actuels de la DREAL et n'était ni actualisé ni utilisé.

[9] 10 ha/km pour les autoroutes, 3 ha par km pour les canalisations souterraines et l'emprise au sol pour les autres projets (carrières, plateformes logistiques et éoliennes).
[10] Source : le numéro spécial de la revue « le naturaliste canadien » : route et faune terrestre.

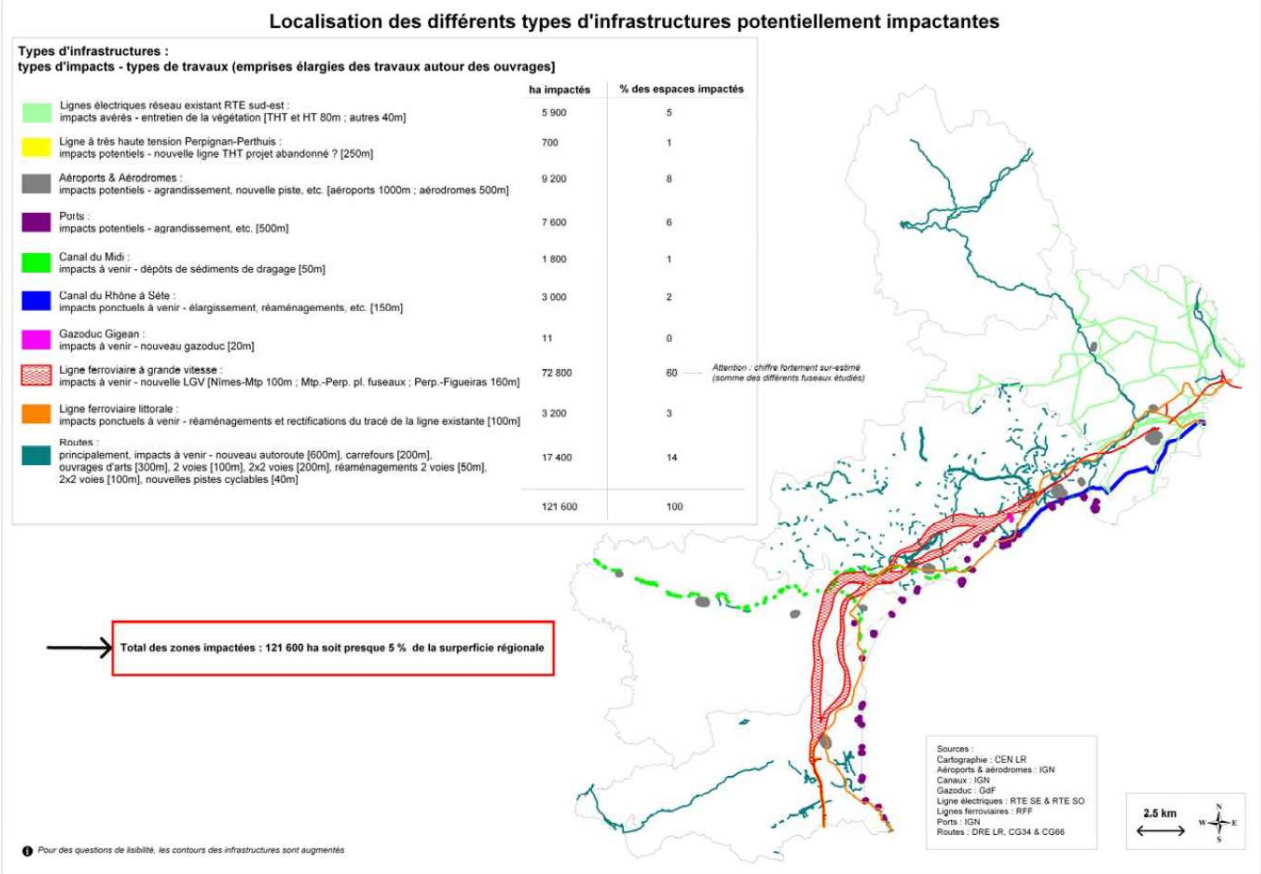


Figure 6 : Localisation pour la région LR des diverses infrastructures en projet (source CEN LR)

La prise en compte de l'ensemble des projets impactant le territoire est donc nécessaire afin d'essayer d'estimer le réel impact de leur réalisation sur une population et un territoire. La base de données préfectorale qui centralise les projets en cours est parfois imprécise ou incomplète. Il est de plus indispensable de s'assurer par des méthodes d'archivage dynamique (c'est-à-dire suivant les avancées technologiques des logiciels et supports informatiques) que des bases de données produites à un instant t resteront connues, accessibles à long terme (encadré 4 et actualisées.

Il n'existe cependant pour l'instant pas de lieu/d'instance de concertation qui permette la rencontre et le partage d'informations tant sur les projets précis à venir que sur les études naturalistes engagées. Une instance chargée de la concertation en vue d'améliorer la prise en compte des impacts cumulés serait à mettre en place. Les comités régionaux trame verte et bleue ou les comités de pilotage des sites Natura 2000 pourraient servir d'exemple pour construire ces concertations.

De la même manière, un observatoire de l'environnement avec des suivis précis durant au moins 10 à 15 ans après la mise en place d'aménagement est indispensable pour améliorer nos connaissances et mieux évaluer les impacts futurs.

Ainsi, par exemple, l'étude des impacts sur l'Astragale glaux (Biotope, 2007) considère qu'une population végétale située à 35 m du tracé prévu n'est pas impactée. Il conviendrait, sur un grand nombre de travaux d'aménagement, d'évaluer la précision des entreprises en

charge des travaux de terrassement et de construction pour pouvoir juger du réalisme ou non de telle valeur. Pour le moins une formation des conducteurs d'engins et un balisage très visible des stations seraient nécessaires afin d'espérer aucun impact sur une station aussi proche de travaux conséquents.

3 - Approche théorique sur la prise en compte des impacts cumulés

Afin d'alimenter la réflexion sur la prise en compte des effets cumulés, deux approches théoriques ont été proposées (Bassi et Pissard, 2011) :

- L'une centrée sur le territoire impacté par plusieurs projets d'aménagement,
- L'autre partant des enjeux écologiques et de leur vulnérabilité à la perturbation.

Dans les deux cas, le paysage est représenté comme une mosaïque de milieux schématisée paysager par un assemblage de cellules hexagonales simples représentant une occupation du sol homogène. La couleur de la cellule traduit une intensité d'impact (plus elle est foncée plus l'impact est fort).

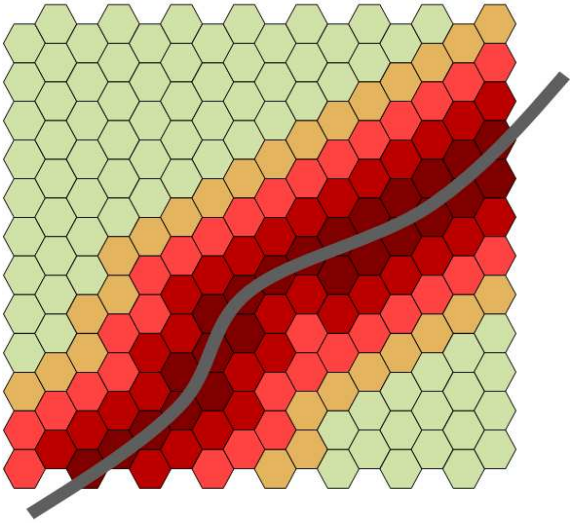


Figure 7 : Schématisation de l'impact d'une infrastructure

Remarque : la représentation schématique présentée est très simpliste car elle illustre des impacts perpendiculaires à l'infrastructure et décroissant linéairement avec la distance ce qui est loin d'être le cas pour tous les impacts. Cette schématisation est une approximation acceptable pour l'effet barrière d'une infrastructure

<u>Approche centrée sur le territoire</u>

Dans cette situation chaque aménagement identifie ses impacts sur le territoire puis l'ensemble des aménagements est positionné sur le territoire et on peut alors évaluer les secteurs touchés par plusieurs impacts d'aménagements différents. Il faut ensuite au cas par cas évaluer comment ces impacts se cumulent. On peut considérer par exemple qu'un effet de barrière sera beaucoup plus important si deux infrastructures sont proches et qu'une plus grande partie du territoire sera isolé créant une zone où les populations animales ne pourront pas survivre à long terme.

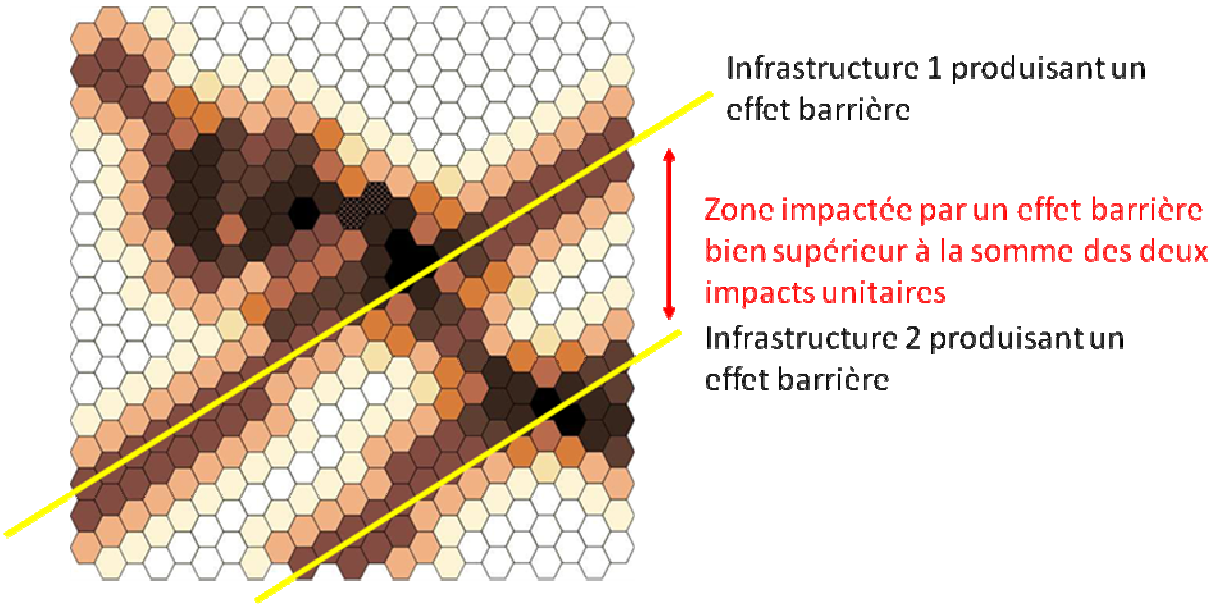


Figure 8 : Schématisation des impacts cumulés, adaptation à un effet barrière

<u>Approche centrée sur les enjeux écologiques</u>

L'autre piste de réflexion est d'identifier dans le territoire un certain nombre d'enjeux (présence d'espèces, flux entre les secteurs à enjeux, fonctionnalité des métapopulations …) et voir comment les projets d'infrastructures impactent ces différents enjeux. Cette approche sera intéressante à étudier quand les Schémas régionaux de cohérence écologique seront produits afin de mieux évaluer les impacts sur les continuités écologiques.

Dans ce cas on identifie à la fois les secteurs d'habitats à enjeux pour l'espèce mais aussi les flux entre métapopulations qui peuvent être perturbés par l'infrastructure.

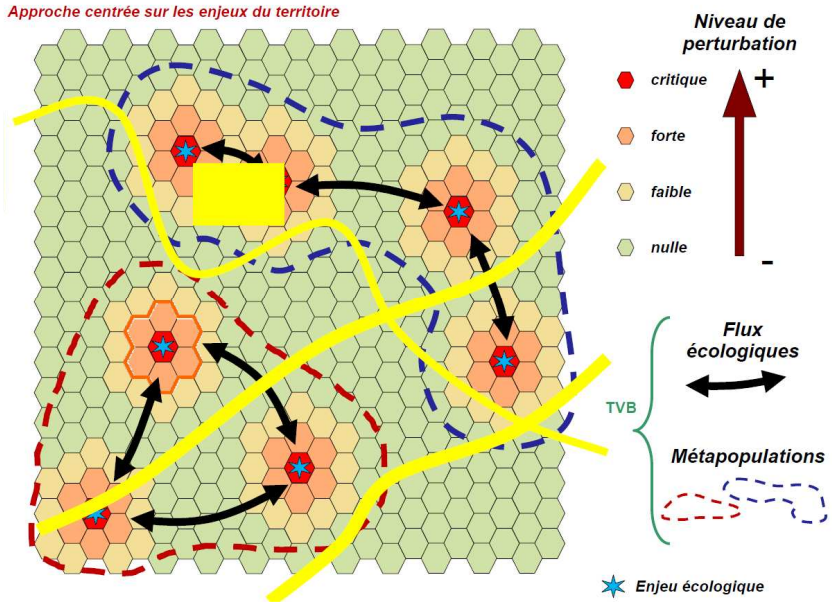


Figure 9 : Schématisation des impacts cumulés de projets (en jaune) abordée par les enjeux écologiques.

Les deux secteurs d'habitats entre les deux infrastructures ne sont pas touchés en termes d'impacts directs (destruction d'espèce protégée par exemple) par contre l'effet cumulé des

deux infrastructures en fait deux populations totalement isolées à faible potentialité de survie à moyen ou long terme.

4 - Etude de la répartition à l'échelle de deux régions d'espèces

.

Les possibles effets cumulés pour deux espèces protégées (niveau national pour *Allium chamaemoly* et régional pour *Astragalus glaux*) ont été identifiés par le CEFE (Thompson et al, 2010 et 2012).
Le suivi des populations a été effectué dans le fuseau de la LGV Nîmes-Montpellier et hors fuseau à l'échelle de l'aire de répartition française de ces espèces (région méditerranéenne) : figure 10 pour *Allium chamaemoly* et figure 11 pour *Astragalus glaux*.

Figure 10 : Zone d'étude des populations d'*Allium chamaemoly*

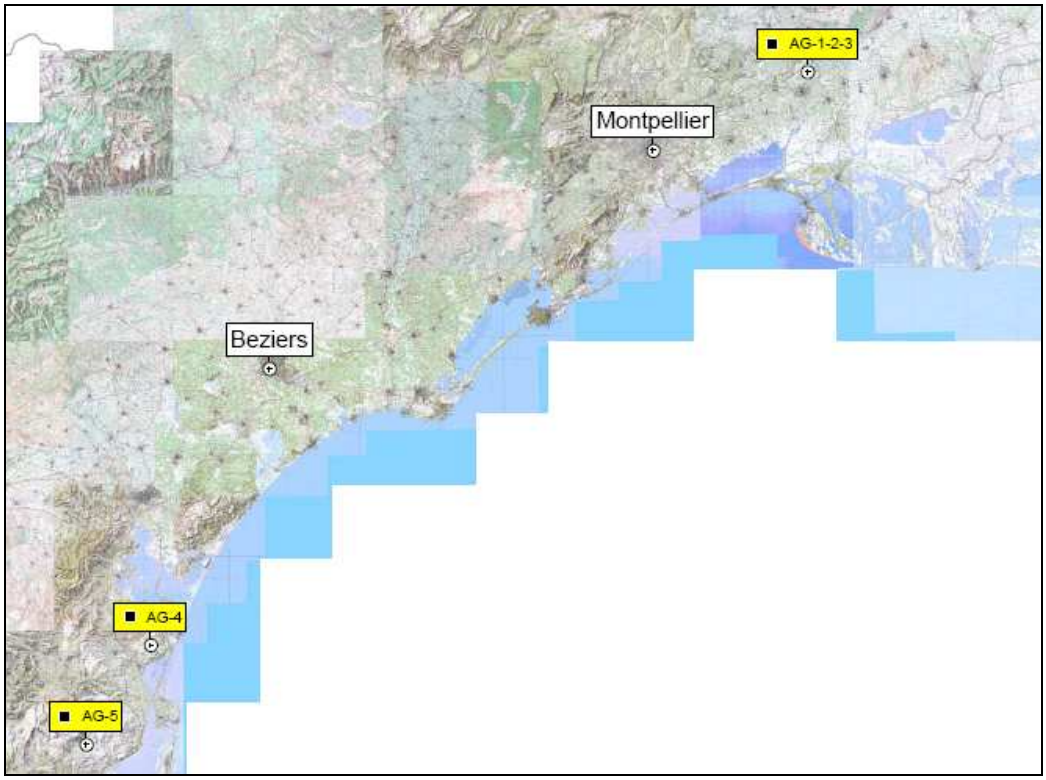


Figure 11 : Zone d'étude des populations d'*Astragalus glaux*

Les projets pouvant impacter ces populations ont été identifiés (figures 8 et 9). Les menaces sur ces stations sont multiples et montrent tout l'enjeu pour la survie de l'espèce en France de prendre en compte tous les projets possibles et non site par site et projet par projet.

Localité (lieu dit	Surface totale estimée	utilisation/ menace	Milieu
1 - Maurin	390 m^2	Dans le fuseau LGV Activités de loisirs	Pelouse rocailleuse
2 - St Jean de Védas	7821m^2	Dans le fuseau LGV Activités de loisirs	Pelouse rocailleuse
3 - Castries (Mas de Roc Tombe)	685 m^2	Dans le fuseau LGV	Pelouse rocailleuse
4 - Baillargues	73 m^2	Dans le fuseau LGV	Pelouse rocailleuse
5 - Portiragnes	440 m^2	Pâturage ovin Activités de loisirs	Pelouse sablonneuse
6 - Mèze	99488 m^2	-	Pelouse rocailleuse
7 - Caux (Fonte des Ormes)	2407 m^2	-	Pelouse rocailleuse
8 - La Tour du Valat (Montilles)		Pâturage bovin	Pelouse sablonneuse
9 - Martigues gare de Ponteau		Infrastructures industrielles (1)	Pelouse rocailleuse
10 - Martigues Lavera	30 m^2	Infrastructures industrielles (1)	Pelouse rocailleuse

(1) Pylônes électriques, conduites de gaz …

Figure 12 : Stations d'*Allium chamaemoly* étudiées et menaces sur ces stations

Ainsi sur les 10 stations suivies d'*Allium chamaemoly* seules 3 ne sont pas soumises à des projets d'aménagement.

Localité (lieu dit	Surface totale estimée	utilisation/ menace	Milieu
1 - Lunel A (Mas de la Plume)		Dans le fuseau LGV	Pelouse
2 - Lunel B (Mas de la Plume)		Dans le fuseau LGV	Pelouse rocailleuse
3 - Lunel C (Mas de la Plume)	144 m2	Dans le fuseau LGV	Pelouse rocailleuse
4 - La Palme - Cap Romarin		Activités de loisirs Parc éolien proche	Pelouse rocailleuse
5 - Opoul-Périllos (Les Blacasses)	1081 m2	Zone viticole	Pelouse

Figure 13 : Stations d'*Astragalus glaux* étudiées et menaces sur ces stations

Pour l'Astragale glaux, sur les 5 stations de présence suivies, seule la station des Pyrénées n'est pas à proximité d'un aménagement.

Sur ces deux espèces à répartition limitée au niveau de leur aire de répartition française, 70% minimum des stations connues sont proches d'aménagements pouvant les impacter. Une étude récente sur les régions LR et PACA (Vimal et al, 2012) considère qu'une espèce est en danger si plus de 30% de ses stations est soumis à pression : nous sommes ici largement au dessus de ce seuil !

Or RFF dans le cadre des études d'impact du CNM a commandité à Biotope une étude sur cette espèce (Biotope, 2007). L'étude porte uniquement sur les impacts liés aux travaux et exploitation de la CNM. Les autres stations connues en France sont citées[11] avec pour celles qui ont été visitées, leur état de conservation mais les éventuelles menaces par des aménagements qui peuvent peser sur elles ne sont pas évoquées.

Il faut aussi souligner que les projets d'aménagement ne sont pas les seuls pouvant affecter les milieux naturels, une simulation à l'horizon 2030 (Vimal et al, 2012) montre que le taux d'urbanisation des régions LR et PACA (de 7,5 % en 2008) sera de 8,8 % en 2030. Les nouvelles zones urbanisées seront prises à 12 % sur les milieux naturels et semi-naturels et 57 % sur le milieu agricole (en majorité dans les zones agricoles hétérogènes et sur les cultures permanentes).

Dans le cadre des futures études impact prenant en compte les effets cumulés, il devrait être indispensable non seulement de présenter la carte de répartition de l'espèce dans sa zone géographique, de préciser la taille et l'état de conservation, d'identifier les projets risquant de les impacter avec l'importance des impacts. Seuls ces éléments permettent de prendre dans le cas des populations à répartition limitée des décisions cohérentes avec la survie globale de l'espèce.

Quand un projet a des impacts résiduels sur l'environnement, et pour l'instant c'est uniquement sur des espèces protégées, des mesures compensatoires doivent être mises en œuvre. C'est insuffisant et à l'avenir la fonctionnalité des continuités écologiques et de la biodiversité ordinaire devra aussi être compensée. Voyons néanmoins déjà comment ces mesures sur les espèces protégées sont réalisées et comment améliorer leur mise en œuvre ?

III PROPOSITIONS D'AMELIORATION DES MESURES COMPENSATOIRES

1 - Etat des lieux de la mise en œuvre des mesures compensatoires

Ce point a fait l'objet d'un stage d'étudiant encadré par le Cemagref de Grenoble (Mas, 2009) qui, sur des études de cas, a analysé la bibliographie existante[12] et a interrogé différentes structures[13]. Cette étude montre que le bilan de la réalisation et de la pérennité des mesures compensatoires prévues dans les études d'impact est globalement mauvais, y compris dans les situations les mieux encadrées d'un point de vue réglementaire (site Natura 2000 ou dérogation à destruction d'espèce protégée).
Les études de cas reflètent deux cas de réalisation des mesures compensatoires :

- la compensation est mise en place sérieusement et volontairement sur des projets de moyenne envergure dépendant des collectivités locales.

[11] Stations confirmées en 2006 : Pyrénées-Orientales (Opouls-Périllos), Aude (Port-la-Nouvelle), Hérault (Lunel, Nissanlez-Ensérune, Puisserguier (Biotope, 2007).
[12] Dossiers réglementaires du projet (étude d'impact, demande de dérogation à la destruction d'espèces protégées, arrêté préfectoral...)
[13] Maîtres d'ouvrages, DIREN , Conservatoires d'Espaces Naturels, bureaux d'études, scientifiques.

- les mesures compensatoires ne sont réalisées que sous la pression locale et/ou la contrainte réglementaire. Elles ne seront mises en place que s'il est plus avantageux en terme financier ou d'image de marque de les réaliser.

Dans la plupart des cas, seules les procédures pouvant entraîner des blocages des projets font l'objet de la définition de mesures compensatoire : demande de dérogation à destruction d'espèce protégée (Code de l'environnement art. L 411-1 et 411-2) ; application des procédures de la Loi sur l'eau (Code de l'environnement art. R 214-6) et sur le défrichement (Code forestier art 311-1 à 5). Les mesures compensatoires sur ces points figurent dans les études d'impact et c'est parce qu'elles sont présentes que le projet est accepté.

Or les témoignages entendus au colloque « *Mesures compensatoires dans un projet d'infrastructure de transport terrestre* » et par différents groupes de travail[14] soulignent que les mesures compensatoires n'étaient que rarement mises en œuvre et, quand elles l'étaient, ce n'était pas forcément pertinent ou efficace et leur pérennité et leur suivi n'étaient pas assurés.
Les moyens possibles pour les encadrer (« *des arrêtés interministériels peuvent préciser pour certaines catégories d'ouvrages le contenu des dispositions qui précèdent*[15] » (décret n°77-1141) étaient rarement utilisés, l'administration n'avait donc même pas le moyen de les faire appliquer.

Ces constats, couplés avec celui de la poursuite de l'érosion de la biodiversité, ont conduit à l'évolution de la réglementation.
La loi Grenelle 1 (art. 23) introduit la notion de *« mesures de compensation proportionnées aux atteintes portées aux continuités écologiques dans le cadre de la trame verte et bleue rendues obligatoires* ». Cette notion pourra s'appliquer à la nature ordinaire dont le rôle fonctionnel de continuité écologique aura été identifié. Elle permet donc que les études d'impacts prennent en compte toutes les espèces et non uniquement les espèces protégées.
Le décret n° 2011-2019 portant réforme des études d'impact introduit des modifications importantes obligeant les décisions d'autorisation de projets à mentionner les mesures compensatoires nécessaires et à mettre en place un suivi de leur réalisation et de leur efficacité. Il y a désormais une obligation de résultats et plus seulement une obligation de moyen et le suivi de l'efficacité des mesures devrait permettre une amélioration des pratiques en tirant profit des retours d'expérience positifs ou négatifs.

Les autres documents et procédures encadrant les projets d'aménagement ont aussi un effet très net :
- Les obligations imposées par les SDAGE.
- La mise en place de la Trame Verte et Bleue et notamment les Schémas Régionaux de Cohérence Ecologique (SRCE) dont l'élaboration dans chaque région amène un partage de connaissance sur les enjeux de la fonctionnalité des milieux naturels.

Les pratiques des autorités environnementales (Préfets de région) et les avis du Conseil National de la Protection de la Nature font eux aussi évoluer les mesures compensatoires. Car, même si le maître d'ouvrage les propose, et, notamment, les ratios de compensation, c'est bien évidemment en estimant si sa proposition est suffisante pour être reçue favorablement par les instances chargées d'évaluer son dossier.

[14] Comité de pilotage national sur la séquence éviter/réduire/compenser (créé en novembre 2010), réflexions de la Fédération des Conservatoires d'espaces naturels, de l' 'Union Internationale pour la Conservation de la Nature
[15] C'est-à-dire « *les mesures envisagées […] pour […] si possible compenser les conséquences dommageables du projet sur l'environnement* ».

2 - Conséquences du renforcement des exigences en termes de mesures compensatoires

Dans les autorisations récentes de grands projets d'infrastructure, les mesures compensatoires à réaliser, la durée de gestion des terrains concernés par des réhabilitations et le délai de mise en œuvre sont fixés. De plus en plus une sécurisation préalable des mesures est demandée (propriété foncière ou convention de gestion) pour les surfaces nécessaires pour compenser un impact.
De plus en plus les mesures compensatoires, prévoient la réhabilitation d'un milieu dégradé afin d'engendrer un gain de biodiversité ce qui est leur objectif affiché.

L'augmentation des ratios de compensation se traduit par la pression qu'un projet d'infrastructure de transport, induit sur le marché foncier agricole. L'aménageur, pour réaliser les mesures compensatoires, va acheter les surfaces nécessaires parfois bien au-delà du prix du marché agricole. Ce sera souvent des surfaces ayant eu ou pouvant avoir une vocation agricole. La profession agricole exprime à ce propos la notion de « double peine ». La surface agricole disparaît pour laisser passer l'infrastructure mais aussi pour compenser ses impacts sur l'environnement et l'équilibre du système agricole local peut être perturbé.

Ceci impose de repenser la mise en place des mesures compensatoires dans l'avenir et de les concevoir comme un projet de territoire qui sera seul garant d'une appropriation locale, de leur réalisation et surtout de leur pérennité.

3 - Concevoir la mise en œuvre des mesures compensatoires comme un projet de territoire

Nous avons indiqué les enjeux accrus autour des mesures compensatoires en termes de surface à compenser sur les milieux non favorables à réhabiliter pour apporter des gains de biodiversité. Les grands projets d'infrastructure avec ces dernières années plus de 1000 ha de mesures compensatoires à gérer sur des durées de 25 à 55 ans semblent présenter les conditions pour l'émergence de projets de territoires pour la mise en place des mesures compensatoires.

Si la décision de création d'une ITT est extérieure au territoire, sa compensation devrait pouvoir s'intégrer durablement dans les enjeux et projets de développement territorial. Il ne serait pas équitable qu'aux contraintes imposées par la création d'une ITT viennent s'ajouter d'autres contraintes liées à la compensation. Il est en particulier nécessaire que les parties prenantes de ce territoire puissent s'approprier durablement les enjeux de biodiversité et donc qu'ils fassent sens pour eux. Cela impose à la fois que les mesures prises n'aillent pas trop directement à l'encontre des intérêts des uns et des autres et qu'une concertation durable allant jusqu'à l'ajustement des mesures ou à la modification des objectifs des parties prenantes puisse être mise en place.

Pourtant l'analyse des registres dans lesquels se déroulent les projets de territoires, les projets d'infrastructure et les mesures compensatoires montre que l'on a affaire à 3 cultures différentes (Figure 12). Les objectifs, les échelles spatiales et temporelles, les parties prenantes et les procédures de concertation ou de partage d'information sont encore largement divergentes voire antagonistes. Il conviendrait de mettre en place un vrai processus de construction de projet de mesures compensatoires à l'échelle de tout le projet et de toutes les espèces, milieux et fonctionnalités impactées et non de procéder espèce par espèce au fil des dossiers à passer au CNPN.

	Projet de territoire	Projet d'infrastructure	Mesures compensatoires
Objectifs	A construire dans la globalité autorisation, apprentissage, politiques	Définis, adaptation possible à la marge, Politique et techniciens	Techniciens, restaurer, neutralité écologique, voire gain
Espace concerné, échelle, approche	Territoire, égalité a priori des modes de concernement, global, intégré	Interterritorial, tronçons, lots techniques, portions limitées d'un territoire avec une gamme de niveau de concernement	Territoire et interterritoriale, biogéographique Ciblé et/ou zoné, tributaire de tronçons, effets cumulés ignorés
Mode de gouvernance	Ascendant	Descendant puis partenariat public privé	partenariat public privé
Nature des parties prenantes	Personne morale Intérêt général	Plusieurs maîtres d'ouvrage (confrontation de conception) partenariat public privé Individus directement impactés et personne morale, intérêt général et intérêt privé	Maître d'ouvrage partenariat public privé techniciens, scientifiques agriculteurs, ONG, privés Défense de biens communs sur des biens privés
Rôle des parties prenantes	Symétrique	Asymétrique : maître d'ouvrage versus parties prenantes	Asymétrique : maître d'ouvrage versus parties prenantes
Objectifs de la concertation	Construire un projet	Adaptation locale	Absence de concertation versus technique et administrative
Maîtrise du temps	Collective : étapes calibrées au départ	Maître d'œuvre, opacité, accélération et ralentissement	Maître d'œuvre : fixé en amont des travaux et long terme
Transfert de l'information	Partagé, transparence	Descendant, maîtrisé par le maître d'œuvre, opacité	Ciblée, technique

Figure 14 : Infrastructure, projet de territoire et mesures compensatoires (Lepart, 2011)

La généralisation du partenariat public privé renforce d'ailleurs ces divergences. En effet, par exemple dans le projet CNM, RFF porte depuis plus de 10 ans le dossier des études d'impacts et a mis en place des partenariats[16] et convention[17] pour anticiper des mesures compensatoires sur l'Outarde notamment. Par contre, les conventions souscrites avec les agriculteurs pour des mesures de gestion en faveur de l'Outarde ont été de courte durée (test sur 2 ans) puisqu'avec le passage au partenaire privé Oc'Via ce n'est plus RFF qui a la responsabilité de la mise en œuvre des mesures.

Il est vraiment dommage que le délai de construction du projet n'ait pas permis malgré une bonne anticipation et un partenariat très pertinent avec les acteurs locaux de sécuriser plus de parcelles utiles pour les mesures compensatoires Outarde par exemple. De la même manière, les recommandations d'anticipation des mesures compensatoires pour l'Astragale glaux présentes dans le dossier de 2007 (faire des recherches sur les capacités de cultures ex situ et de production de plantes à partir de graines et rechercher dès à présent du foncier dans un habitat pertinent) n'ont pas eu de suite. Le dossier de demande de dérogation à destruction protégées est en train d'être monté par Oc'Via dans un temps très court.

[16] Convention passée avec le CEN LR, la chambre d'agriculture et la SAFER

[17] Convention 2007-2009 entre RFF et le CEN LR relative à la mise en œuvre expérimentale de mesures de réduction de l'impact du contournement de Nîmes et Montpellier sur les populations d'outardes canepetieres dans le périmètre de la ZPS costières nimoises

4 - Proposition de protocole pour des mesures compensatoires visant à renforcer ou réintroduire des espèces végétales

Pour les espèces végétales menacées, les programmes de renforcement et de réintroduction sont de plus en plus pratiqués comme mesures compensatoires. L'objectif est de prévenir l'extinction d'une espèce ou de populations locales en s'assurant de la création et du maintien de populations autosuffisantes, c'est-à-dire viables. (Thompson et al, 2012).

Plusieurs facteurs agissent sur la viabilité des populations réintroduites et donc sur le succès d'un programme de réintroduction :

- les **exigences écologiques de l'espèce** et les traits d'histoire de vie de l'espèce,
- la **dynamique de ses populations** et ses modalités de reproduction et dissémination,
- **l'organisation spatiale de la diversité génétique** entre et au sein de ses populations.

Encadré 9 : Les différentes stratégies de renforcement, réintroduction et introduction chez les plantes

La réintroduction est un terme général pour décrire l'implantation de matériel végétal dans un site semi-naturel / naturel, il en existe trois grandes options :

1. L**e renforcement** d'une population existante par l'implantation d'individus supplémentaires issus de cette même population afin d'augmenter ses effectifs et / ou sa diversité génétique et d'améliorer sa dynamique.

2. La **réintroduction** d'individus d'une espèce sur un site au sein de son aire de distribution mais où actuellement l'espèce n'est pas présente. Selon notre terminologie, il s'agit d'une réintroduction sensu stricto (s.s.).

3. L'**introduction** d'individus en dehors de l'aire de distribution actuelle et historique de l'espèce pour créer une nouvelle population. Dans un contexte de changement climatique son utilisation s'appelle de la **colonisation assistée** mais cette stratégie est très contestée.

Pour chacune de ces trois stratégies, on peut procéder de trois manières :

- par l'échantillonnage de semences dans une population existante pour directement renforcer, réintroduire ou introduire ailleurs ;
- avec des graines ou des plantes issues de graines récoltées, mises à germer, cultivées et multipliées en conditions contrôlées ;
- par la **translocation** d'individus entiers à partir de la population impactée (cette option convient surtout dans le cas de destructions de populations).

En amont des choix concernant le matériel végétal à utiliser, il est nécessaire, dans tout projet, de pouvoir identifier un environnement biotique et abiotique favorable à l'implantation de l'espèce car c'est une condition essentielle à la réussite de l'implantation. Or les taux de succès des programmes de réintroduction, chez les espèces végétales rares, sont de l'ordre de 33 % et le mauvais choix d'habitat en serait l'une des causes principales.

L'étude de l'habitat pour un projet de réintroduction devrait s'accompagner d'une étude de la dynamique des populations existantes afin de repérer les populations en déclin et qui pourraient nécessiter un renforcement pour assurer leur sauvegarde.

Or l'analyse de la littérature sur le sujet montre que seules 8 études sur 60 ont abordé la question du choix de site avec précision et parmi celles-ci, seules 5 ont pris en compte les critères de choix a priori dès la mise en œuvre d'un projet de réintroduction. Il y a donc une marge de progrès très grande pour mettre en place des mesures compensatoires de réintroduction avec un maximum de chance de réussite.

Pour proposer des améliorations des protocoles de réintroduction, l'exemple étudié est celui du renforcement de populations d'*Allium chamaemoly*, espèce dont l'habitat est désormais très menacé par les projets d'aménagement et d'implantation d'infrastructures en région méditerranéenne pour compenser les impacts de la destruction ou perturbation de stations existantes.

Afin de décrire l'habitat préférentiel de l'espèce, la méthodologie mise en place aux échelles de 25m^2 et 1m^2, a permis de mettre en évidence qu' 1 m^2 est la surface la plus pertinente pour décrire le micro-habitat de l'espèce. Le protocole d'étude du micro-habitat (1 m^2) a mis en évidence la vraie niche écologique de cette espèce (% de présence de roche affleurante, % de couvert végétal, % de mousse, caractéristiques du sol…).
Notre étude souligne ainsi l'importance d'identifier les micro-sites d'une espèce considérée. La présence d'un habitat « type », tels que ceux de Corine Biotope ou Natura 2000 (en l'occurrence les pelouses méditerranéennes ou les dunes grises pour *Allium chamaemoly*) ne suffit pas pour dire exactement où réintroduire l'espèce.
La méthodologie utilisée pour décrire l'habitat d'*Allium chamaemoly* permet donc de caractériser un site potentiel de réintroduction le plus proche possible de l'optimum de l'espèce. Les critères de macro-habitat permettent de sélectionner une station puis les critères de micro-habitat déterminent les emplacements précis où effectuer l'introduction.

Dans le cas d'*Allium chamaemoly*, des stations et des populations seront très probablement détruites par la construction de la LGV et par le doublement de l'autoroute A9. Or, la persistance d'une espèce à l'échelle régionale peut dépendre d'un seuil minimal en nombre de populations. L'augmentation du taux d'extinction des populations qui résulte de la destruction de ses stations par des infrastructures donne tout son sens à une stratégie de réintroduction – afin d'assurer la persistance régionale de l'espèce en maintenant un taux de colonisation en équilibre avec le taux d'extinction.
En combinaison avec le degré de fragmentation des populations, leur superficie, les observations de fermeture et leur vulnérabilité, l'étude de la dynamique des populations permet d'identifier les populations les plus en besoin de renforcement.

L'annexe 2 présente un itinéraire technique pour le renforcement et réintroduction de populations d'*Allium chamaemoly* mais qui peut être adapté tant dans ses étapes que dans son calendrier à d'autres espèces.

Monter un projet de renforcement nécessite un engagement à très long terme de suivi et d'évaluation (au moins cinq et parfois 10 ans). Le protocole doit inclure un raisonnement qui valide les différents choix méthodologiques. L'intégration, dans le projet, de l'ensemble des acteurs locaux concernés par le site, l'espèce et le territoire dans son ensemble, est un élément clé pour la réussite du projet. Il est important de souligner ici l'importance, comme dans notre étude, de travailler en amont de la phase de construction des aménagements afin d'avoir les données et le recul nécessaire pour les choix de modalités de compensation (renforcement, réintroduction, …). En effet, pour des espèces dont l'écologie des populations est peu connue, un délai d'anticipation d'au moins trois à cinq ans est nécessaire pour avoir le temps de

connaître l'écologie des populations, d'estimer leurs dynamiques, trouver les sites adéquats pour la réintroduction, et, éventuellement, de récolter des semences et / ou les plantes pour faire des implantations. Seule une bonne anticipation permettra de trouver une véritable « équivalence écologique » et de mettre en œuvre une compensation de qualité.

Ce type de recommandation a été fait par Biotope à RFF en 2007 dans l'étude d'impact sur *Astragalus glaux* (identification des sites adaptés à l'introduction et acquisition foncière, protocole de récolte et de conservation ex-situ par culture en serre couplé à un protocole de culture ex-situ à partir de graines…) en recommandant de les débuter deux ans avant la mise en chantier. A ce jour rien n'a été débuté par le maître d'ouvrage.

5 - Nécessité d'une gestion adaptative

Même si les connaissances permettent de mettre en place des démarches de restauration, elles ne sont pas suffisantes pour être assuré du résultat. La maîtrise des systèmes naturels n'est pas totale et les dynamiques attendues se produisent ou non. Il y a un équilibre à trouver entre le respect des dynamiques naturelles et la volonté d'arriver au résultat souhaité. Cet équilibre passe probablement par le choix des méthodes qui devraient être aussi peu perturbantes et aussi proches que possible des processus naturels.
A cette incertitude viennent se surimposer d'autres incertitudes avec d'une part tout ce qui concerne l'ampleur et les conséquences du changement climatique et d'autre part celles qui concernent les dynamiques territoriales (changements des usages…).
Il est donc nécessaire de ne pas se fixer des objectifs trop précis et de mettre en place des dispositifs de suivi qui, à l'avenir, permettront de fixer, le cas échéant, des objectifs plus réalistes. Enfin, il serait important de tenir compte des résultats obtenus dans les réalisations du passé, de l'importance des dynamiques naturelles du type changement climatique et de porter une grande attention aux dynamiques sociales pour faire évoluer le dispositif (y compris les objectifs que l'on se fixe).
Une gestion adaptative dans laquelle on ne se fixerait pas au départ des objectifs trop précis et où l'on serait attentif à tenir compte des dynamiques naturelles a incontestablement une dimension plus naturelle que la procédure actuelle qui nous semble reposer sur une illusion de maîtrise. Elle serait par contre difficilement compatible avec la façon dont sont fixés les objectifs de compensation et avec le cadre dans lequel les mesures sont mises en place actuellement. Choisir cette démarche nécessiterait donc de reconsidérer l'ensemble de la doctrine.

IV APPROCHE A L'ECHELLE DU PAYSAGE

A Lien entre infrastructure et paysage

1 - Historique de la prise en compte du paysage dans les infrastructures de transport

Dès le début du XXème siècle, la qualité des paysages a été un élément important pour la création ou l'aménagement d'infrastructures routières. Il s'agissait, en plus de faciliter les déplacements, de permettre la découverte de paysages pittoresques, remarquables, emblématiques d'une nation ou d'un territoire. Les préoccupations environnementales, sans être totalement absentes, avaient une place beaucoup moins importante que les jugements esthétiques.

Avec le développement et la démocratisation du trafic, après la seconde guerre mondiale, l'attention portée au paysage (au sens esthétique) s'estompe progressivement au profit de l'impérieuse nécessité du développement et de questions de sécurité routière.
Depuis une quarantaine d'années avec la création de nombreuses autoroutes, la qualité du paysage est revenue à l'ordre du jour dans l'acception esthétique du terme. Pour Roger (1994) qui a été la référence dans ce domaine, le paysage est le résultat d'une opération esthétique (artialisation) qui peut avoir lieu *in situ* (aménagement d'un jardin, voire même d'un petit territoire) ou *in visu* (regard porté par le spectateur qui confère au paysage une valeur artistique). Il oppose vigoureusement ce paysage, à l'environnement, au pays, marqué par les nécessités matérielles de la vie.
Bien que les praticiens, architectes et décideurs, aient eu une conscience plus nette de la dimension matérielle de l'aménagement et de ses implications, ils mettent en œuvre cette conception esthétique dans les aménagements autoroutiers, avec, d'une part, l'agencement de quelques aires de stationnement (jardins, constructions) et, d'autre part, un discours sur le paysage vu de l'autoroute ou sur son insertion dans le paysage.

Cette approche de l'artialisation est fortement remise en cause car en réduisant le paysage à sa dimension esthétique, on exclut non seulement la valeur d'usage du territoire mais, par voie de conséquence, les acteurs qui en font usage (notamment les paysans). (Nadaï, 2007)

C'est assez récemment que la prise en compte du paysage en tant que territoire s'est imposée avec la mobilisation d'une partie de la population pour ou contre des tracés retenus pour de grands projets, comme le TGV Sud-Est (Lolive, 1999). Parallèlement, la relation des habitants à leurs paysages quotidiens a été mise en avant (Luginbühl, 2007) ce qui ouvre la notion de paysage en la connectant aux usages qui y sont faits (Nadaï, 2007).

La prise en compte de l'environnement et du paysage se fait progressivement à partir de 1976, au gré de l'adoption des nombreux textes de loi concernant les paysages et la biodiversité. Les premières analyses d'impact et interventions concernent le grand gibier avec la création de passages à faune (voir par exemple, Ballon 1985). Elles se diversifient et se précisent progressivement (Bédard, 2012).
Le livre fondateur de Forman et al. (2003) sur la « *road ecology* » montre que l'expérience acquise au début des années 2000 était suffisante pour tenter une synthèse s'inscrivant dans le droit fil de la « *landscape ecology* ».
Il subsiste néanmoins une très forte dissymétrie entre, les objectifs économiques qui sont déterminants et analysés à l'échelle nationale dans les choix aboutissant au tracé définitif et les préoccupations paysagères territoriales et /ou environnementales qui sont abordées localement et dans une seconde phase.

2 - Vers une approche plus écologique ?

Les travaux sur l'écologie des routes montrent que les effets des ITT concernent de nombreuses espèces à travers des effets directs et des interactions plus ou moins complexes. Comme il n'est pas possible d'éviter et de compenser l'ensemble des effets d'une ITT, on se focalise sur ceux qui paraissent être les plus irréversibles, c'est-à-dire la disparition d'espèces très rares. Or leur importance pour les fonctionnements, les dynamiques écologiques et les services écosystèmiques semble bien plus réduite que celle des nombreuses espèces banales , les plus fréquentes, affectées directement ou indirectement par le fonctionnement de l'infrastructure.

L'écologie du paysage prend en compte un problème dans sa globalité avant de s'intéresser à des éléments particuliers. Il ne s'agit pas de se focaliser sur une population d'espèce rare, voire même sur un habitat remarquable mais d'analyser la dynamique et le fonctionnement du paysage qui se remet en place après la perturbation liée à l'installation de l'ITT. Pourtant la vision d'un paysage binaire composé d'habitat (les tâches et pour une part les corridors) et de non-habitat (la matrice) conduit à n'accorder qu'un rôle passif à la matrice et à se focaliser sur les taches et les corridors. D'autres façons de représenter le paysage mettant plus l'accent sur les fonctionnements et les gradients sont peut être plus pertinentes pour représenter ces enjeux. Elles sont encore peu appliquées et même si la démarche de la Trame Verte et Bleue, pourrait être le meilleur exemple d'une telle réalisation, celle-ci s'intéresse surtout aux possibilités de déplacement d'espèces. De ce fait c'est le modèle tache/matrice qui prévaut aussi sans prendre en compte une grande partie de l'espace qui est traitée comme vide (ni déplacements, ni ressources, pour l'espèce concernée) ce qui est rarement le cas.
Dans une telle approche, il est possible de sectoriser l'espace pour choisir de faire passer l'infrastructure dans des espaces artificialisés occupés par des espèces de début de succession à dynamique rapide plutôt que dans des espaces plus naturels dans lesquelles les espèces présentes sont plus sensibles aux perturbations.

L'analyse de la position de l'ITT par rapport aux grands types d'habitat et aux autres ITT dans un territoire beaucoup plus vaste que les zones d'emprise potentielles est un préalable indispensable dans cette démarche. Elle peut s'articuler autour d'une série de questions.

- La réalisation de l'infrastructure contribue-t-elle à renforcer l'isolement de parties de paysage ?
- Qu'elle est la composition de ces parties du paysage en situation d'isolement (fréquence des grands types d'habitats ; structuration de la mosaïque) ?
- Comment les éléments de la mosaïque sont-ils gérés par l'agriculture ou aménagés (mono- ou polyculture ; infrastructures agro-écologiques par exemple ; dynamique probable de ces modes de gestion) ?

B Cartographie des potentialités écologiques

1 -Expertise des habitats

- <u>Améliorer l'expertise</u>

L'accord des structures participantes (Cemagref, BIOTOPE, Centre Ornithologique du Gard (CoGard) et Chambre d'Agriculture du Gard) sur une typologie de l'occupation du sol a permis d'avoir des données de qualité suffisante pour une modélisation selon les exigences écologiques connues pour l'Outarde. En effet, les cartographies existantes présentaient, par manque de concertation entre structures, des typologies et degrés de précisions variables ne permettant pas une comparaison dans l'espace et dans le temps.

- <u>Améliorer la caractérisation :</u>

Contexte

La structure de la végétation peut influencer le comportement des oiseaux au point que certains modèles d'habitats d'espèces reposent sur la caractérisation de cette structure (Bradbury et al. 2005). C'est le cas pour l'Outarde canepetière pour laquelle la hauteur de

végétation et plus globalement l'intervisibilité semblent être des facteurs déterminant sa présence ou son absence dans un paysage. Ainsi, l'analyse de la structure de végétation pourrait être considérée comme un élément essentiel dans une expertise avifaunistique centrée sur cette espèce. Cependant, réaliser des relevés manuels d'une structure de végétation est extrêmement coûteux en temps, surtout si la densité de ces relevés doit permettre une description fine de l'hétérogénéité spatiale (Bradbury et al. 2005).

Dans le cadre de notre démarche méthodologique d'objectivation des connaissances sur un territoire et dans celui de développer un modèle d'analyse des potentialités écologiques d'un paysage, il nous est apparu nécessaire d'approfondir cette problématique et de valider des hypothèses de présence d'espèces dans certaines classes de hauteurs de végétation.

Nous avons ainsi mis en place une expérimentation inédite qui a consisté, grâce à un lidar terrestre couplé à un appareil photographique délivrant des images couleurs à très haute résolution, en l'acquisition d'une information fine en 3D de la végétation d'une portion de paysage où la présence de l'oiseau était avérée.

Végétation et Lidar

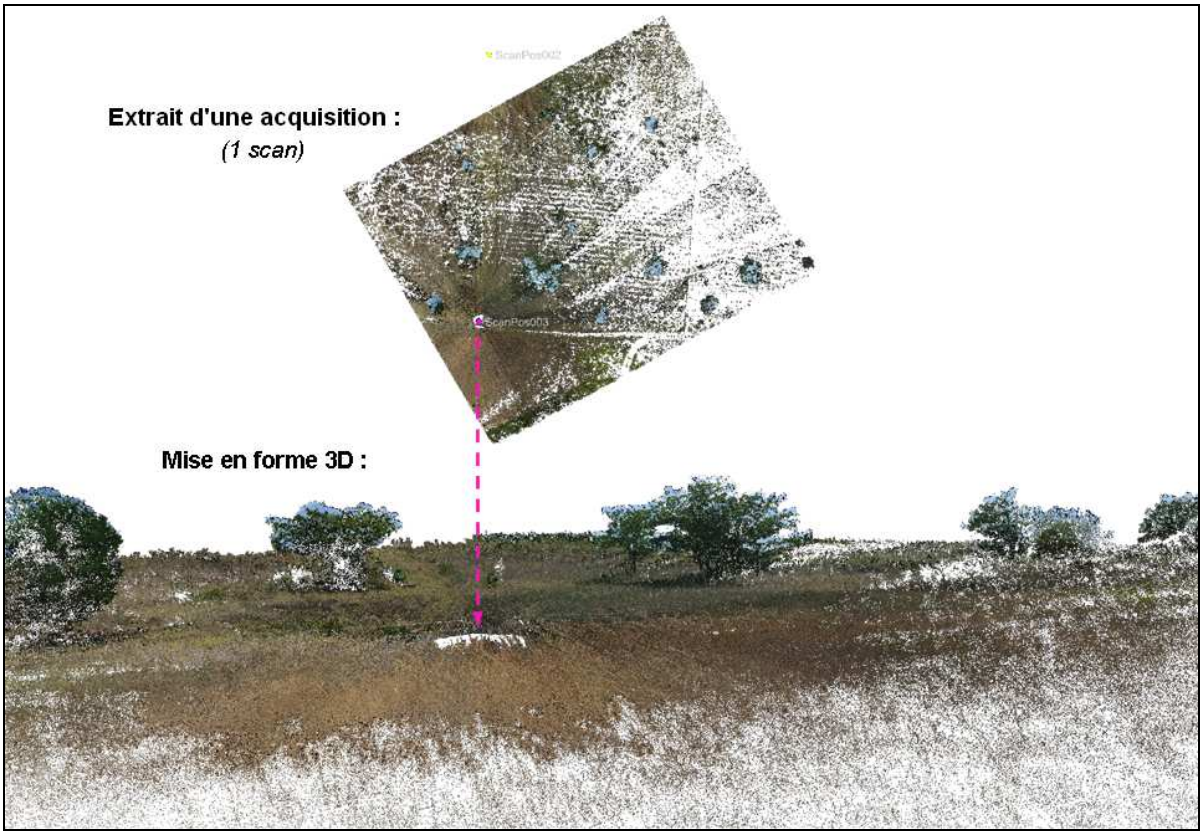
Le lidar (light detection and ranging) est une technique de télédétection particulièrement prometteuse pour caractériser la structure de la végétation à des échelles et avec des niveaux de précision adaptés aux besoins des études sur les habitats des espèces. Cette technique de télédétection, basée sur l'émission-réception d'un faisceau laser, permet en effet d'acquérir les coordonnées dans l'espace des cibles qui ont intercepté et rétrodiffusé le faisceau laser émis par le système.
Les lidars aéroportés ont déjà été utilisés pour caractériser des habitats au travers de l'analyse de la structure de la végétation (Clawges et al. 2008; Goetz et al. 2007). Cependant le coût d'acquisition des données est encore élevé et la souplesse de mobilisation de ces systèmes assez faible.
En revanche, les lidar terrestres, développés à l'origine pour le génie civil sont des scanneurs laser faciles à mobiliser qui permettent d'acquérir des nuages de points très denses. Ils constituent ainsi une alternative intéressante aux mesures manuelles pour mesurer sur des sites de dimension limitée la topographie locale (Resop et al. 2012) ou la structure de la végétation, en particulier forestière.

Matériel et méthode
Le jeu de données pour cette étude a été acquis par un lidar terrestre couplé à un appareil photographique numérique (Nikon D700 + objectif Nikkor très grand angle de 14mm) afin de coloriser automatiquement le nuage de points. L'expérimentation a été réalisée sur un site avec une présence avérée d'Outardes (localisation visuelle et sonore des individus au moment de l'expérience).

Des cibles ont été réparties sur la zone d'étude et ont été géoréférencées à l'aide d'un GPS différentiel + tachéomètre. Plusieurs scans ont été réalisés pour couvrir la zone d'étude et limiter les effets de masques. Les scans ont ensuite été assemblés en s'appuyant sur les cibles homologues présentes dans les différents scans.

A partir du nuage de points ainsi acquis (figures 15 et 16) et d'une grille de taille de cellules de 10 x 10 cm, un modèle numérique de surface (MNS) a été calculé en sélectionnant le point d'élévation maximale dans chaque cellule de la grille.

Figure 15 : Nuage de points acquis par le lidar.



L'appareil photographique numérique couplé au lidar permet de coloriser automatiquement le nuage de points.

Figure 16 : Restitution en 3D d'un scan acquis par le lidar.

Un modèle numérique de terrain (MNT) a été généré à la même résolution en sélectionnant le point le plus bas de chaque cellule de la grille. La différence entre MNS et MNT a permis d'obtenir un Modèle Numérique de Hauteur de la végétation (MNH).

Résultats

L'objectif opérationnel de réaliser une hiérarchisation de l'espace basée sur la structure de végétation est d'intégrer cette analyse dans le travail de cartographie des potentialités écologiques d'un territoire.

La zone étudiée est un secteur avéré de parade de plusieurs mâles chanteurs (contacts visuels et sonores). C'est donc un habitat favorable qu'il est possible de décrire finement à partir de l'analyse du MNH de la zone (figures 17 et 18) afin de proposer un « motif paysager » favorable à la reproduction de l'Outarde canepetière dans les Costières nîmoises : secteur essentiellement herbacé, composé d'une matrice présentant une végétation dominante n'excédant pas 30 cm, clairsemée de zones ou touffes d'herbe pouvant atteindre 30 à 60cm par endroit, ponctuellement plus mais très rarement au-delà de 90cm. Présence erratique de ligneux haut.

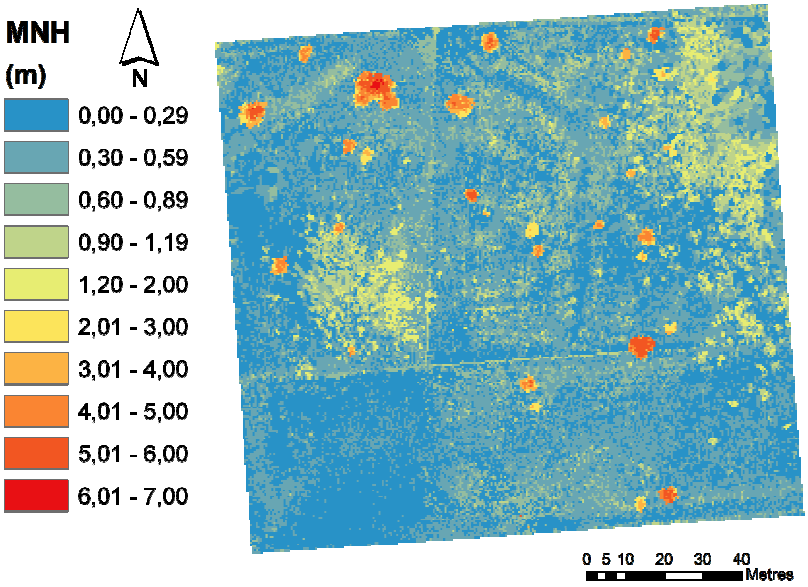


Figure 17 : Représentation cartographique du MNH par classes de hauteur

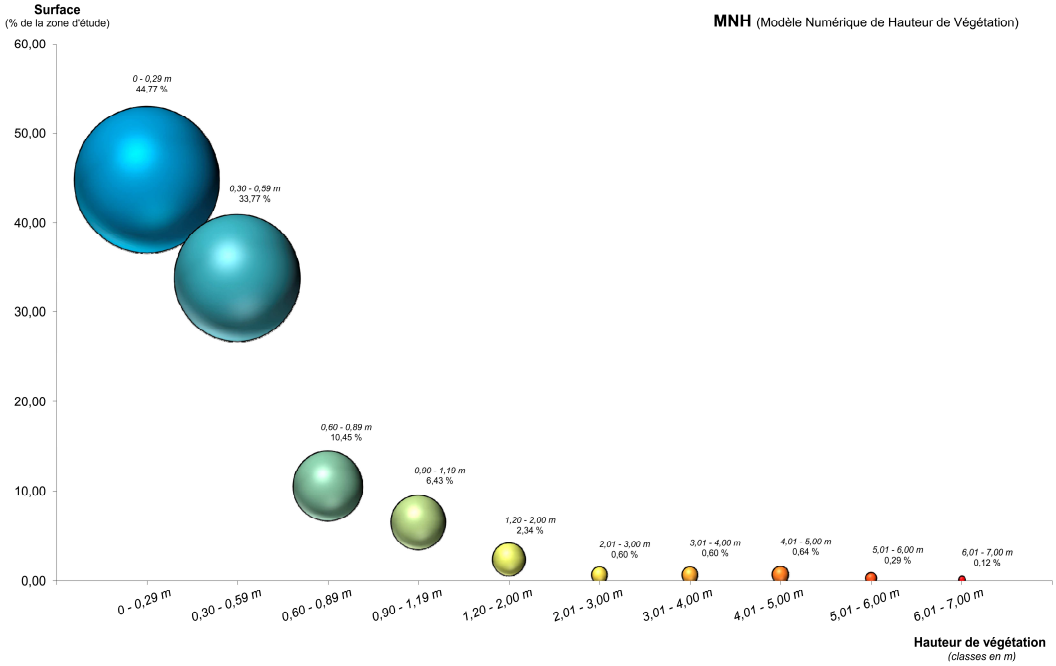


Figure 18 : Analyse statistique de la structure de végétation à partir du MNH

Le MNH construit à partir des données brutes acquises par le lidar (nuage de points 3D géoréférencés) nous a permis de réaliser un premier traitement pour discriminer différentes classes de hauteur de végétation afin de faire une analyse descriptive de la structure de végétation du secteur d'étude.
L'autre traitement à consisté à hiérarchiser la zone en intégrant les préférences écologiques « connues » des mâles et femelles.
Ainsi, la figure 19 associée à l'analyse statistique des surfaces (figure 20) propose un essai de hiérarchisation du paysage suivant les structures de végétation potentiellement favorables à la présence de mâles, femelles et/ou de jeunes.

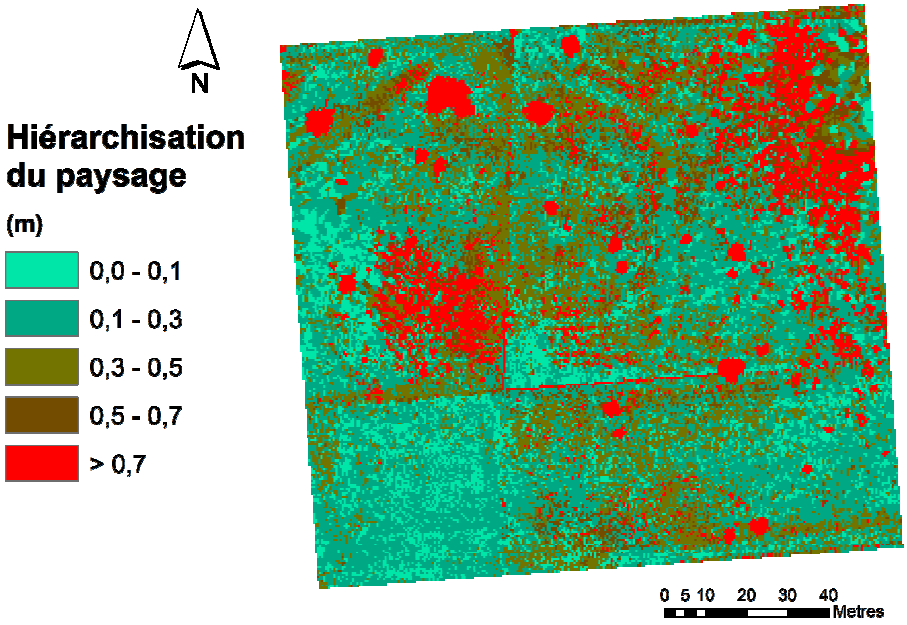


Figure 19 : Hiérarchisation du paysage pour l'Outarde canepetière à partir du MNH

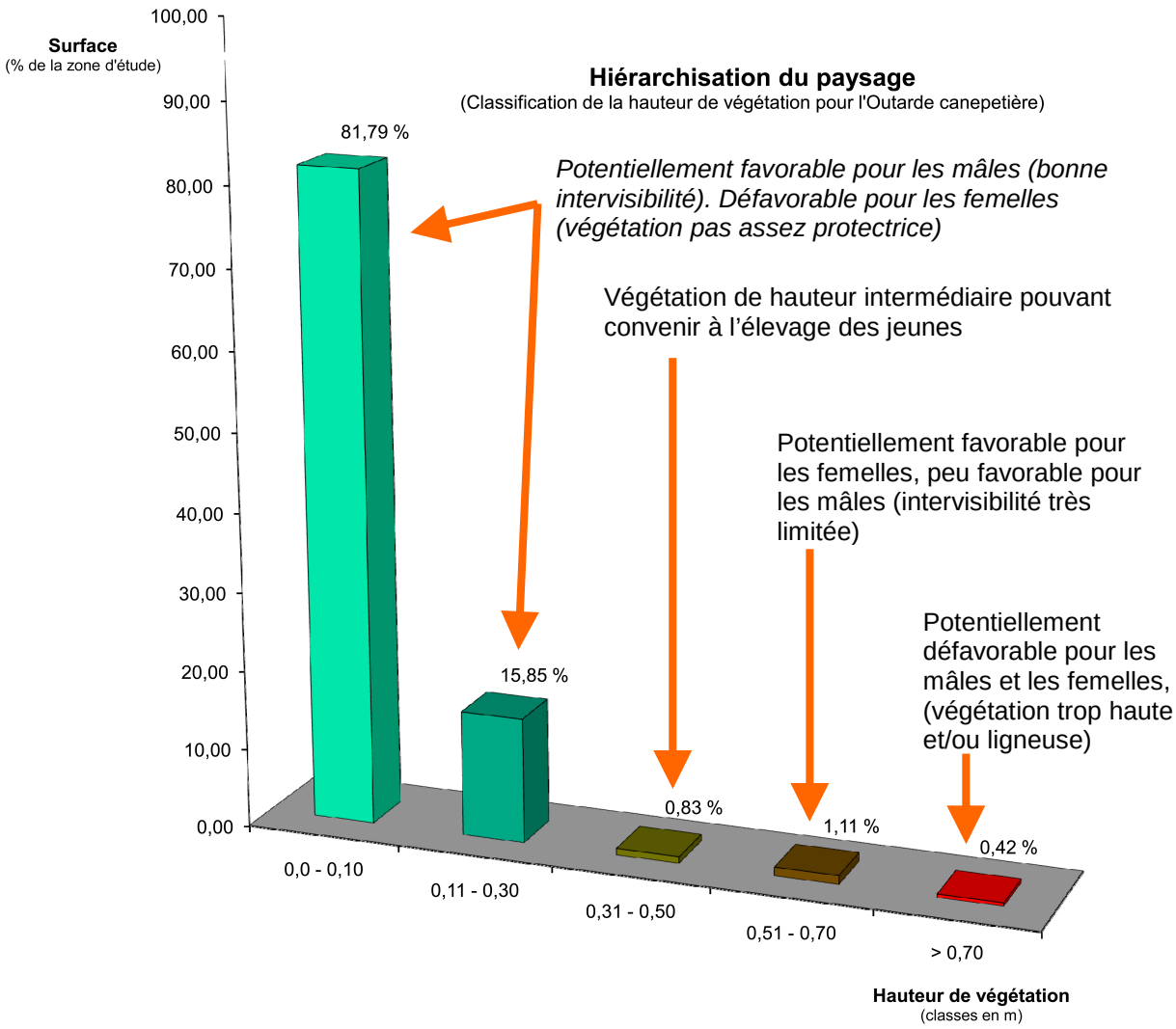


Figure 20 : Analyse statistique commentée de la hiérarchisation du paysage à partir du MNH

Perspectives

Cette expérimentation et les premiers résultats obtenus sont particulièrement prometteurs quant à l'exploitation à venir de cette technologie dans l'expertise écologique. Les premiers résultats soulignent le potentiel du lidar terrestre dans l'analyse quantitative des caractéristiques organisationnelles et structurelles du paysage. Des analyses supplémentaires peuvent s'envisager afin de réaliser des calculs inédits d'intervisibilité qui affineraient les connaissances sur l'Outarde et son utilisation du territoire.

En plus d'apporter des connaissances ciblées sur l'habitat une espèce, ces travaux sont destinés à développer des méthodes et outils généralisables d'objectivation écologique d'un territoire et d'aide à la prise de décision pour une meilleure intégration de la biodiversité dans les projets d'aménagement. Ils doivent également permettre - d'apporter une expertise nouvelle sur l'écopotentialité d'un espace soumis à modifications profondes et - de définir des actions de conservation des patrimoines biologiques d'un territoire.

Cette expérience propose aussi des perspectives intéressantes en terme d'aide à la gestion des milieux notamment dans le cadre de la mise en œuvre de mesures compensatoire ou le suivi le

mesures agro-environnementales pour lesquels il serait nécessaire d'avoir des actions de gestion précises sur certaines parties d'un paysage comme par exemple maintenir une structure de végétation favorable à l'accueil d'Outardes.

Sur un plan méthodologique, la complémentarité du lidar terrestre avec le lidar aéroporté (vecteurs légers ou ultralégers comme les drones) est à explorer pour l'étude des écosystèmes et du couvert végétal. Les résultats attendus pourraient combler les lacunes et faiblesse du lidar terrestre notamment au niveau de la mise en œuvre logistique, de la surface couverte à chaque scan, de l'analyse de la densité de végétation et des problèmes de masque.

2 - Cartographie des potentialités écologiques d'un territoire

Cette partie est développée sur l'exemple de l'Outarde et sur la zone de la ZPS des costières nîmoises car la question du devenir des Outardes situées sur le tracé de la future LGV se pose en particulier au niveau de deux importantes zones de reproduction (leks) au sud et à l'est de la ville de Manduel. L'interrogation porte sur une éventuelle redistribution des individus sur le reste des Costières nîmoises ce qui soulève le problème des potentialités écologiques du territoire : est-ce que les caractéristiques organisationnelles et fonctionnelles des espaces adjacents ou proches de la zone d'aménagement permettent d'accueillir des outardes ?
Que vont devenir les individus des patchs paysagers qui seront détruits ou fortement perturbés lors de l'insertion de la LGV ? Quels sont les patchs paysagers susceptibles d'accueillir les individus?

- Principes de la cartographie des potentialités écologiques :

Pour apporter des éléments de réponse à ces questions, il est nécessaire d'évaluer pour chaque patch paysager son intérêt potentiel pour l'oiseau. Nous proposons d'aborder ce problème à travers le développement d'un modèle de potentialités écologiques du paysage centré sur l'Outarde canepetière.

De par l'écologie complexe de l'oiseau, le modèle devra prendre en compte les besoins différenciés des individus mâles et femelles afin d'aboutir à une hiérarchisation des composantes paysagères centrée sur l'Outarde canepetière via le calculs d'indices qui sera alors possible de cartographier pour fournir un outil synthétique d'aide à la décision et à la gestion.

Encadré 10 : Les potentialités écologiques d'un territoire pour une espèce

Les potentialités écologiques d'un territoire pour une espèce traduisent le rôle et l'importance « potentiels » de chaque élément de cet espace pour son maintien dans ce territoire.
C'est donc la capacité d'un paysage à fournir les composantes paysagères organisationnelles et fonctionnelles favorables à l'accueil potentiel d'une espèce.
Pour un animal, les potentialités écologiques d'un paysage rassembleront les composantes paysagères dans lesquelles il pourra réaliser les différentes phases de son cycle biologique (reproduction, alimentation, etc.) (Pissard, 2008).

La première étape de notre analyse paysagère se base ainsi sur un découpage de l'espace en objets géographiques de références que sont les habitats (H).

Puis l'importance de chaque habitat est définie pour chaque phase du cycle biologique de l'espèce : reproduction et nidification, alimentation et recherche de nourriture, abri et repos, hivernage, halte migratoire.
Ensuite avec l'aide d'experts (ici le CoGard) à chaque classe d'habitat est attribuée une valeur par type d'usage pour l'espèce qui est fonction du degré de dépendance de l'espèce à cet habitat pour un usage.
Une matrice croisant chaque type d'habitat avec les 5 usages retenus est alors créée. Dans le cas de l'Outarde une matrice est établie pour les mâles, une autre pour les femelles en raison de leurs exigences parfois opposées.
En exploitant ces matrices on définit des indices d'utilisation ou d'évitement pour le mâle ou pour la femelle ou pour les deux en même temps qui peuvent être cartographiés.

- Carte des potentialités écologiques de la ZPS Costières Nîmoise pour l'Outarde :

L'application de la matrice coproduite avec l'expertise du CoGard sur la carte d'occupation du sol (réalisation conjointe Irstea, Biotope et CoGard) permet d'obtenir une carte des potentialités pour l'Outarde (figure 21)

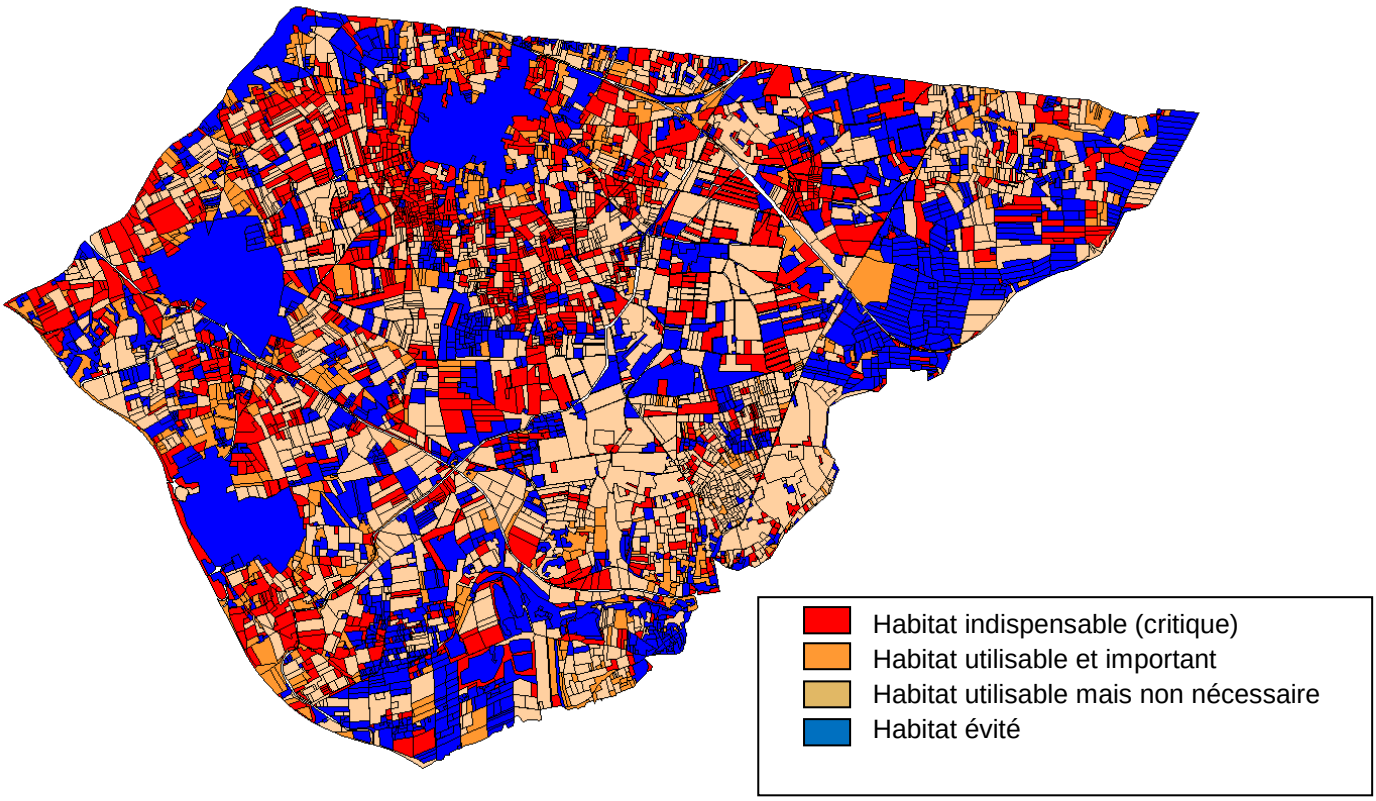


Figure 21 : Carte des potentialités pour l'Outarde de la ZPS

Si on affine entre les mâles et les femelles, deux cartes sont obtenues et pour valider leur pertinence, les contacts connus d'Outarde sont matérialisés.

On voit en particulier que les femelles utilisent beaucoup moins de parcelles que les mâles (celles en bleu pâle) ou les évitent (celles en bleu foncé). Comme les femelles sont très

difficiles à observer, seules des données de radio-trecking[18] pourrait permettre d'affiner les hypothèses actuelles d'utilisation de l'espace par les femelles.

Cette modélisation permet de s'apercevoir que pour optimiser l'utilisation de l'espace par les outardes, c'est peut être à l'habitat favorable aux femelles qu'il faut s'intéresser dans le cadre de mesures compensatoires visant à restaurer ou de créer des habitats favorables.

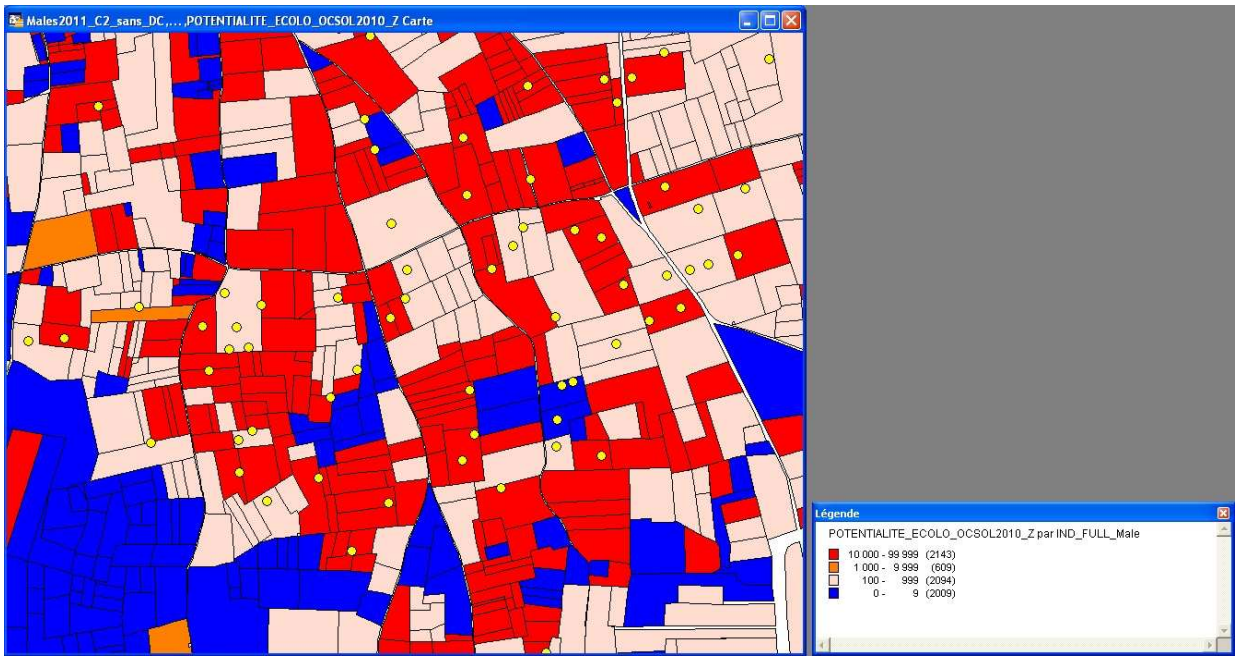


Figure 22 : Zoom pour les mâles sur un lek : validation avec points de contact Outarde mâle chanteur (points jaunes)

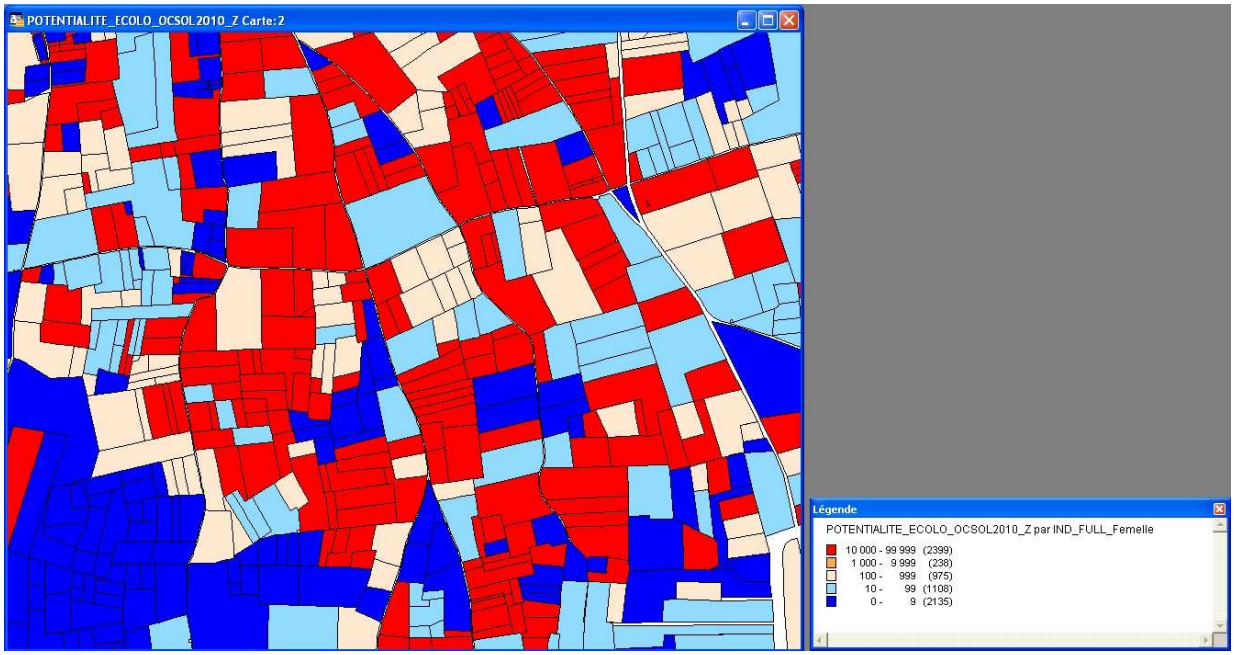


Figure 23 : Zoom pour les femelles sur un lek
Les parcelles en bleu pâle sont les milieux non utilisés par l'espèce.

[18] Thèse en cours avec de tels suivis dirigée par V. Bretagnolle du CNRS Chizé.

Nous développerons dans la partie 4 les possibilités d'utilisation des cartes de potentialité écologiques.

C Modes de représentation de l'insertion de l'infrastructure dans le paysage

1 - Les différents modes de représentation des paysages et de leur évolution

Les représentations des paysages[19] tiennent une place croissante dans les dispositifs d'échange avec la population et dans les démarches participatives associées.

Les **cartes**, vision verticale du territoire, rendent l'appréhension du paysage et de son éventuelle modification délicate par le grand public. Elles ne correspondent pas à sa perception directe sur le terrain. Elles sont en revanche indispensables dans les processus d'évaluation et notamment toutes les études techniques (dont les études d'impact) associées au projet d'infrastructure linéaire.
Sont entendues comme cartes, les plans, les photographies aériennes, les atlas de paysage, les cartographies d'occupation du sol ou leurs dérivés (calculs d'indices spatialisés issus l'écologie du paysage par exemple…).

D'autres formes de confrontation au public se multiplient : les **représentations en 3D**. Ce domaine regroupe des supports, des niveaux de rendus et des finalités très variées. On peut citer le bloc diagramme, le drapage d'une ortho photographie sur un Modèle numérique de terrain, des représentations numériques de paysages (schématiques ou réalistes) …
Ces représentations peuvent être statiques ou dynamiques (évolution dans le temps ou selon les saisons) voire interactives. Ces représentations 3D sont pertinentes à différents titres pour concerter sur des projets d'infrastructure.

Les **maquettes interactives** sont basées sur un système d'information géographique et permettent donc par les couches d'informations rassemblées[20], de confronter le public à des éléments de choix par exemple sur plusieurs alternatives de tracé ou de solution technique. L'outil SIG et la modélisation 3D associée permettent de produire des visualisations nombreuses autour de l'infrastructure.

2 - L'apport des outils géomatiques à ces représentations des paysages

Les représentations basées sur un système d'information géographique permettent aussi facilement d'accéder à des informations telles l'angle de visibilité, l'intervisibilité de points du territoire ou des durées pendant lesquelles un élément du paysage sera visible depuis l'infrastructure. On parle alors de prise en compte du paysage de défilement ou de vision dynamique sur un itinéraire prenant en compte la vision depuis infrastructure ou sur l'infrastructure depuis d'autres points de vue.
Leurs résultats peuvent être produits sous forme de cartes ou schémas ou sous forme de représentation 3D.
Coûteuses à produire cependant, ces modélisations 3D peuvent être uniquement produites sur des secteurs ponctuels (secteurs à enjeux paysager ou point noir paysager) afin de trouver les solutions pour améliorer l'insertion de l'infrastructure dans le paysage.

[19] Des exemples sont donnés dans les rapports du volume 2 « paysage, infrastructure terrestre et forme de représentation » pages 261 à 281
[20] Les couches de données nécessaires sont le modèle numérique de terrain, l'occupation du sol, le réseau routier et hydrographique, le bâti, une base de donnée des haies et alignements d'arbres…

3 - l'usage de ces représentations au service de la communication ou de la concertation

Il faut distinguer la communication sur le « paysage de projet » volontairement restreint aux abords de l'ITT à celle de la concertation sur le « projet de Paysage » qui lui engage sur des échelles du grand paysage et sur des pas de temps plus longs. Les outils et les moyens à mobiliser pour construire des représentations virtuelles ne sont pas de même nature et pas de même ampleur, notamment sur le plan budgétaire.
Un mode de représentation pour la communication peut être réalisé par infographie et n'est donc pas modifiable. Il est moins coûteux à produire mais a un usage unique.

Une représentation 3D du paysage à l'échelle du grand paysage doit forcément être construite à partir de bases de données par des outils géomatiques. Il est plus coûteux à mettre en œuvre mais il est actualisable et modifiable. Il peut en outre servir d'outil d'analyse de l'impact du projet sur le paysage, d'aide au choix de scénarios puis de support de communication au cours de la vie du projet.

Les outils WEB permettent une information en continu sur la durée du projet mais aussi de la l'interaction avec les internautes qui peuvent poster leurs commentaires géolocalisés.

V FACILITATION ET LIENS ENTRE ACTEURS LOCAUX

Dans le cadre d'INTERMOPES, l'intervention d'une équipe de recherche non impliquée au préalable dans la région Languedoc-Roussillon a pu, dans le temps relativement court d'un programme de recherche au regard du temps beaucoup plus long de celui de l'infrastructure, rassembler des scientifiques, des naturalistes et gestionnaires d'espaces, l'administration en charge de l'évaluation environnementale sur les projets.
La démarche de présentation du projet aux acteurs locaux dès son lancement (diffusion d'une plaquette de présentation) a permis de construire un réseau de personnes ressources et a été le point de départ de relations constructives de part et d'autre pour différents acteurs locaux non impliqués au départ dans le programme.

Rapidement, les entretiens avec les acteurs locaux nous ont fait apparaître le manque de contacts entre différents intervenants autour du projet de LGV par manque de légitimité et difficulté institutionnelle. RFF qui aurait pu pour le bénéfice du projet essayer de fédérer ces acteurs qui gravitaient tous autour du projet ne le faisait pas. Un manque de transparence et de partage de connaissance était aussi souligné. Le programme INTERMOPES a aussi été gêné par ce manque de transparence et des blocages d'information pour des soucis de confidentialité et de sécurité juridique avec RFF. Des données ont été très longues à obtenir et nous n'avons eu que des synthèses et pas de données brutes car RFF apparemment ne les possédait pas.

Les besoins d'information, d'éléments scientifiques et opérationnels sur les mesures compensatoires et les effets cumulés exprimés par certains acteurs locaux que l'équipe d'INTERMOPES avait rencontrés en début de projet, ont conduit à la proposition d'un Groupe de Travail Mesures Compensatoires et Effets Cumulés (GT MC-EC).
Ce groupe initié et animé par le Cemagref a rassemblé le CETE Méditerranée, le Conservatoire des Espaces Naturels Languedoc Roussillon, Biotope, la DREAL Languedoc Roussillon, la DDTM du Gard, le CoGard, le CEFE et RFF. Nous avons perçu au sein de ce

groupe que les acteurs avaient un réel besoin d'échanges et d'expression. Nous avons à ce moment compris que l'action d'INTERMOPES ne se bornait plus en la réalisation d'un projet de recherche et que l'environnement scientifique que notre programme pouvait offrir était une opportunité que les acteurs locaux venaient de saisir pour essayer d'avancer dans leurs questionnements en exposant leurs doléances techniques et partenariales mais aussi certains disfonctionnements institutionnels. Le rôle imprévu d'INTERMOPES comme fédérateur et facilitateur a ainsi commencé à se dessiner.

Ce groupe a permis que les agents actuels de la DREAL LR prennent connaissance d'un système d'informations qui prenait en compte l'ensemble des projets routiers, autoroutiers et des infrastructures de transport ferroviaire (à un objectif de cinq ans) que le CEN LR avait produit en 2008 pour l'ex DIREN LR !

Ce système d'informations permettait d'identifier les principaux territoires et milieux impactés par des projets pour constituer un outil de suivi et d'aide à la décision en matière d'acceptabilité d'aménagements et de niveau d'impacts.

La perte en ligne des informations mise en évidence à cette occasion est un vrai enjeu à prendre en compte dans le suivi de mesures compensatoires qui de plus en plus sont prévues sur le long terme. Il est donc indispensable de s'assurer par des méthodes d'archivage dynamique (c'est-à-dire suivant les avancées technologiques des logiciels et supports informatiques) que des bases de données produites à un instant t resteront connues et accessibles à long terme. Il est indispensable en plus de leur conservation que ces bases de données soient tenues à jour afin de les actualiser.

La table ronde et la visite terrain organisées à Montpellier lors des 1ères journées ITTECOP en région ont fait ressortir les idées fortes suivantes :

- Le manque de données suffisamment précises pour faire les bons choix de fuseau d'infrastructure car une fois le fuseau défini, les mesures d'évitement d'impact sont très limitées
- Des problèmes de confidentialité des données ou juridiques mais également de peurs qui conduisent à des phénomènes de rétention d'information et de faible valorisation des données existantes (par exemple issues des études d'impact).
- Le manque de moyens pour assurer un suivi des impacts sur les espèces et des mesures compensatoires qui permettrait d'avoir un certain recul pour prendre les bonnes décisions pour les tronçons qui vont suivre.
- L'absence de recueil permanent des connaissances et de compilation de toutes ces données dans le temps par absence d'organisme centralisateur ni même unificateur des données.
- Dans un contexte de privatisation et d'argent public rare, l'information à caractère technique ou scientifique produite par les maîtres d'ouvrage sera de plus en plus difficile à unifier.

Le groupe de travail des acteurs locaux a été à l'origine de l'organisation dans le cadre d'INTERMOPES des journées mesures compensatoires qui ont rassemblé plus de 150 personnes. Ces journées ont fourni une matière riche et dense sur la problématique des mesures compensatoires dans les projets d'ITT. Au lendemain de cet évènement, plusieurs acteurs présents nous ont fait un retour en nous expliquant qu'ils avaient très rapidement intégré dans leur travail ou leurs réflexions des éléments directement issus de ces journées. Les services de l'Etat nous ont également fait savoir qu'ils avaient également intégré dans

leurs tâches des composantes construites à partir des échanges du colloque. Pour l'équipe INTERMOPES, ces journées ont alimenté notre travail sur l'analyse des impacts d'une ITT sur le territoire et sur la compréhension des processus associés notamment au niveau de la compensation.

Si pour la DREAL l'invitation de chercheurs était facilitante, ce n'était pas forcément le cas pour les associations naturalistes pour lesquelles les relations avec le milieu scientifique sont ambigües. Une certaine méfiance est présente car le monde de la recherche est jugé trop loin des approches de terrain, pas assez opérationnel et plus prêt à vouloir capter des données issues des naturalistes bénévoles qu'à s'impliquer dans un réel partenariat.

L'action de communication initiée en début de programme a catalysé un partenariat unique et une synergie qui ont grandement participé aux résultats d'INTERMOPES à travers une relation privilégiée et de confiance rares mais qui a mis 2 à 3 ans à s'installer après une phase de travail commun concret. INTERMOPES démontre ici l'importance d'ouvrir la recherche vers les communautés « non scientifiques » notamment sur des sujets d'étude où la pluridisciplinarité est essentielle.

Le domaine des infrastructures de transport de par les enjeux mobilisés en termes financiers et concurrentiels notamment n'est pas un secteur très transparent. Insérer un programme de recherche dans un contexte de projet d'infrastructure aussi important qu'une LGV n'est pas du tout facilitateur voire même inquiète. Certaines données fondamentales pour l'étude scientifique sont soit confidentielles soit pas encore connues car elles ne relèvent pas d'un opérateur (comme RFF) mais de la maîtrise d'ouvrage qui sera choisie (localisation envisagée des gares, profil en déblai/remblai…). Les règles de non-distorsion de concurrence nous ont ainsi été opposées pour l'accès aux données car les lots d'attribution des marchés allaient être passés. Cette difficulté d'accès aux données traduit bien ces problèmes et ces ambigüités autour des ITT réalisées pour l'intérêt général, face au bien commun qu'est la biodiversité mais qui ne semble pas trouver le bon calendrier pour réaliser les d'études les plus pertinentes pour limiter les impacts.

Un programme de recherche dans un projet d'infrastructure permet de poser les problèmes objectivement. Il a toute légitimité pour proposer des solutions, en particulier celles de l'obligation de constituer un fonds de soutien par les maîtres d'ouvrage d'infrastructure à l'amélioration des connaissances sur la biodiversité, fonds qui devrait être géré par un organisme public garant de l'accessibilité aux données et de la transparence des informations. Ce fonds pourrait être constitué très tôt en même temps que les procédures foncières le long de l'emprise.

Il y a grand intérêt à ce que les règles de marchés publics dans un projet d'ITT ne polluent pas l'accessibilité et la transparence des données et des informations nécessaires à l'expression de la démocratie.

PARTIE 3 VALORISATION DES TRAVAUX

• **Communication sur le projet**

Dès les premiers mois de la recherche, une démarche volontaire de communication a été initiée vers les acteurs locaux en diffusant une plaquette de présentation d'INTERMOPES. Cette initiative a été particulièrement appréciée et a permis de créer de nombreux liens et de construire un réseau de contacts et personnes ressources avec des acteurs locaux. Cette démarche de communication et de vulgarisation scientifique a également été le point de départ de relations privilégiées avec certains acteurs locaux (DREAL LR, CoGard) et a permis d'initier une synergie autour des questions de recherche d'INTERMOPES qui s'est révélée riche et productive.

Un poster a été présenté lors du séminaire du Réseau scientifique et technique du MEEDDM des 20 - 21 janvier 2009, Predit Bordeaux.

• **Productions du projet** (voir volume 2)

Rapports :

Mise en place des mesures compensatoires lors de projet d'infrastructure de transport terrestre Etat des lieux et améliorations possibles, Cemagref, Catherine Mas, 2009, 35 pages

Les impacts cumulés : Synthèse critique de la bibliographie et définition d'une méthode d'évaluation des impacts cumulés des projets d'infrastructures et d'aménagements, CETE Méditerranée, Emilie Pernon, 2009, 50 pages + annexes

Verbatim des 15 entretiens menés sur la prise en compte des impacts cumulés des projets d'infrastructures et d'aménagements, CETE Méditerranée, Emilie Pernon, 2009, 52 pages.

Les impacts cumulés dans les projets d'infrastructures linéaires : problématiques et éléments de réflexion, CETE Méditerranée, Christelle Bassi, 2012, 15 pages.

Rapport intermédiaire espèces impactées - contribution de l'équipe de John Thompson, 2010, CEFE, John Thompson, 6 pages

Proposition d'un protocole pour le choix de populations à renforcer et de sites pour la réintroduction d'espèces végétales, CEFE, John D. Thompson, Perrine Gauthier, Virginie Pons, Laetitia de Nervo & Yoann Foulon, 2012, 40 pages.

Développements méthodologiques et techniques pour l'objectivation écologique d'un territoire et l'aide à la décision pour des aménagements raisonnés, Irstea, Pierre-André Pissard, 2012, 50 pages

Ecologie du paysage et enjeux de biodiversité liés aux infrastructures de transport, CEFE, Jacques Lepart, Pauline Bernard de Saint-Affrique, 2012, 22 pages.

Paysage, infrastructures terrestres et forme de représentation Note intermédiaire dans le cadre du projet INTERMOPES, Alisé géomatique, Hélène Durand, 2010, 6 pages.

Paysage, infrastructures terrestres et forme de représentation Note de synthèse dans le cadre du projet INTERMOPES, Alisé géomatique, Hélène Durand, 2012, 14 pages.

Organisation de colloques ou journées :

Organisation d'une table ronde et d'une sortie terrain lors des 1ères journées ITTECOP, 4-5 octobre 2010, Montpellier

Organisation et rédaction des actes du colloque « Mesures compensatoires dans un projet d'infrastructure de transport terrestre 29 et 30 mars 2011- Aix-en-Provence », Cemagref, CETE Méditerranée, Sylvie Vanpeene, Pierre-André Pissard et Christelle Bassi, 2011,
Mis en ligne :
http://www.ittecop.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=33&Itemid=33

Articles :

Prise en compte de la biodiversité dans les projets d'aménagement : comment améliorer la commande des études environnementales ?, Vanpeene-Bruhier Sylvie, Pissard Pierre-André, Kopf Martin, à paraître 2013, *Développement Durable et Territoires*, volume 4, n°1, 14 pages.

Mesures compensatoires : de nouvelles exigences réglementaires pour une amélioration des pratiques ?, Vanpeene-Bruhier Sylvie, Pissard Pierre-André, Bassi Christelle,
Soumis à *SET, Sciences Eaux & Territoires, la revue d'Irstea*
modifications demandées par le comité éditorial qui seront rendues au 15 janvier.

Communications à des colloques :

Intégration des problématiques *écologiques* et *paysagères* dans la décision (projet d'aménagement), présentation au colloque OPDE Outils Pour Décider Ensemble – aide à la décision et gouvernance, 25-26 octobre 2010 - Montpellier, Pierre-André Pissard, 2010

Effets cumulés Problématique et éléments de réflexion, présentation au colloque « Mesures compensatoires dans un projet d'infrastructure de transport terrestre 29 et 30 mars 2011- Aix-en-Provence » Christelle Bassi et Pierre-André Pissard, 2011.

Mesures compensatoires et projet territorial, présentation au colloque « Mesures compensatoires dans un projet d'infrastructure de transport terrestre 29 et 30 mars 2011- Aix-en-Provence **»,** Claudie HOUSSARD, Jacques LEPART et Ruppert VIMAL, 2011.

Développement d'outils cartographiques pour l'aide à la décision environnementale dans les projets d'Infrastructures de Transport Terrestre, présentation aux 5èmes journées françaises d'écologie du paysage IALE France, 7 au 10 novembre 2011 - Aix-en-Provence, Pierre-André Pissard, 2011

Retour sur le colloque national « Mesures compensatoires dans les projets d'Infrastructures de Transports »: Cadre réglementaire et retour d'expériences, présentation aux Journées POLEN Pollution Environnement du 7 et 8 novembre 2011 – Aix-en-Provence, SETRA, Christelle Bassi, 2011

Posters :

Poster INTERMOPES, MEEDDAT- Séminaire de Grenellisation du RST, 20 et 21 janvier 2009, Paris

Poster INTERMOPES, Festival International de Géographie, octobre 2010, Saint Dié

Poster INTERMOPES, Bilan à mi parcours du PREDIT », 10-12 mai 2011, Bordeaux

Apports de la technologie LIDAR dans l'objectivation écologique d'un territoire en amont d'un projet d'aménagement : aide à la caractérisation de l'habitat de l'Outarde canepetière dans la ZPS des Costières de Nîmes, Pissard Pierre-André, Vanpeene-Bruhier Sylvie, Durrieu Sylvie, Sylvain Labbé et Laurent Albrecht, résumé long du poster présenté au colloque SAGEO, 2012, Liège

Présentations dans les séminaires ITTECOP :

INTERMOPES, présentation aux 1ères Journées ITTECOP, 4-5 octobre 2010, Montpellier

INTERMOPES, présentation aux 2èmes Journées ITTECOP, 16-17 novembre 2011, Cergy-Pontoise

Valorisation à venir :

Effets cumulés : article en cours de rédaction Vanpeene-Bruhier Sylvie, Pissard Pierre-André, Bassi Christelle

Cartographie des potentialités écologiques appliquée à l'Outarde : article en construction

PARTIE 4 : PERSPECTIVES

Les recherches entreprises sur les aspects méthodologiques et techniques tout au long du programme INTERMOPES ont abouti à 3 types de résultats.

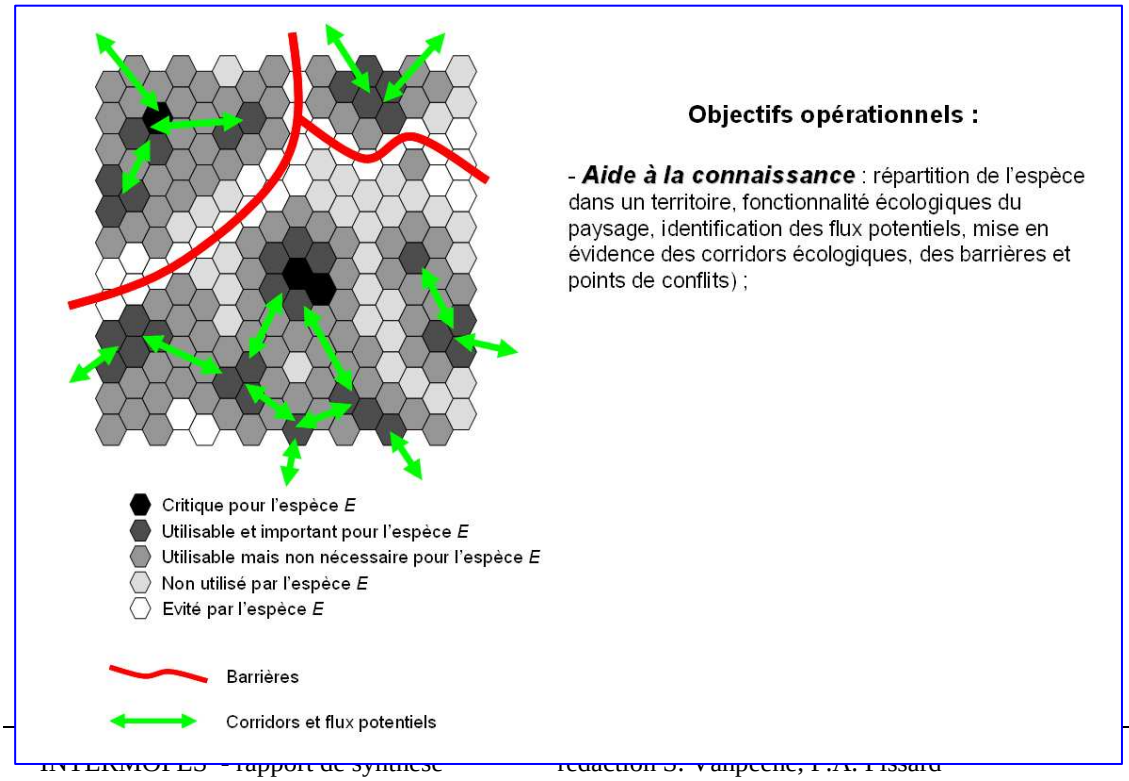
- Des résultats techniquement quasi opérationnels
- Des résultats nécessitant des développements complémentaires
- La « création de passerelles » entre la communauté scientifiques et des acteur du territoire

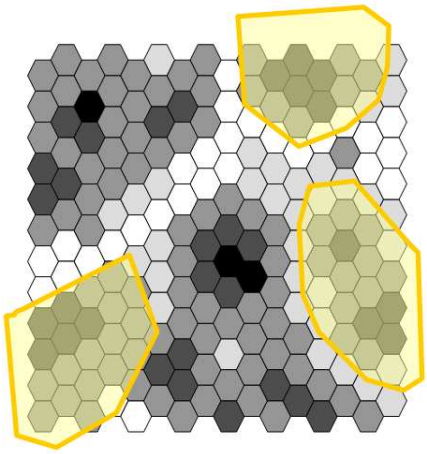
INTERMOPES a permis de créer localement une synergie qui a des résultats quasi opérationnels. C'est le cas du travail sur la cartographie des potentialités écologiques. Les résultats montrent que la méthode fonctionne. Néanmoins, les freins et limites non négligeables concernent la connaissance nécessaire à intégrer dans l'outil, la nécessité d'avoir un volume de données de départ important et de qualité pour l'occupation du sol mais aussi et surtout pour les enjeux écologiques traités. Ce besoin de données peut bloquer l'application de cette modélisation sur certaines problématiques peu ou mal connues.

La qualité de la cartographie de l'occupation du sol est un élément primordial. Des polygones mal digitalisés ou mal renseignés entraîneront une sommation d'erreurs importante.

Sur un plan méthodologique, développer de nouvelles approches et de nouveaux outils sur l'écopotentialité des territoires et un enjeu d'avenir : les territoires sont de plus en plus soumis à des pressions d'aménagement et la compétition sur les espaces aménageables va s'accroitre ce qui risque d'altérer « l'expression de leurs potentiels naturels ».

Les cartes de potentialités peuvent être utilisées dans une séries d'applications liées soit aux infrastructures (mesures d'impact, d'effets cumulés, mesures compensatoires) ou dans le cadre de la mise en place de la Trame Verte et Bleue pour identifier localement des connectivités importantes à préserver ou restaurer. Une série d'illustration des utilisations possibles figure ci-dessous.



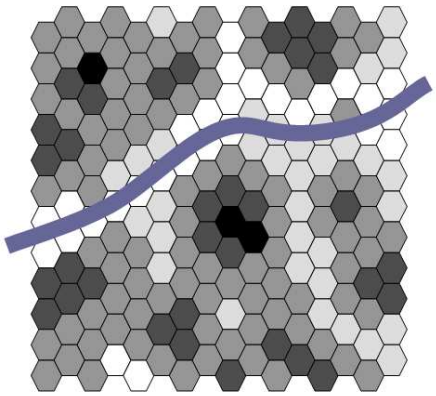


Objectifs opérationnels :

- ***Aide à la connaissance*** : répartition de l'espèce dans un territoire, fonctionnalité écologiques du paysage, identification des flux potentiels, mise en évidence des corridors écologiques, des barrières et points de conflits) ;
- ***Aide à l'expertise*** de terrain (pré-analyse d'un territoire avant prospection de terrain) ;

Critique pour l'espèce *E*
Utilisable et important pour l'espèce *E*
Utilisable mais non nécessaire pour l'espèce *E*
Non utilisé par l'espèce *E*
Evité par l'espèce *E*

Zones à prospecter

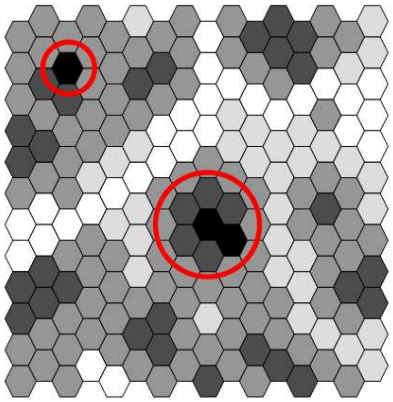


Objectifs opérationnels :

- ***Aide à la connaissance*** : répartition de l'espèce dans un territoire, fonctionnalité écologiques du paysage, identification des flux potentiels, mise en évidence des corridors écologiques, des barrières et points de conflits) ;
- ***Aide à l'expertise*** de terrain (pré-analyse d'un territoire avant prospection de terrain) ;
- ***Aide à la décision*** (hiérarchisation de l'espace en fonction d'une problématique pour l'intégration dans un projet d'aménagement ; exemple : choix d'un tracé ou d'un secteur à aménager le moins impactant pour une espèce sensible) ;

Critique pour l'espèce *E*
Utilisable et important pour l'espèce *E*
Utilisable mais non nécessaire pour l'espèce *E*
Non utilisé par l'espèce *E*
Evité par l'espèce *E*

Projet d'aménagement

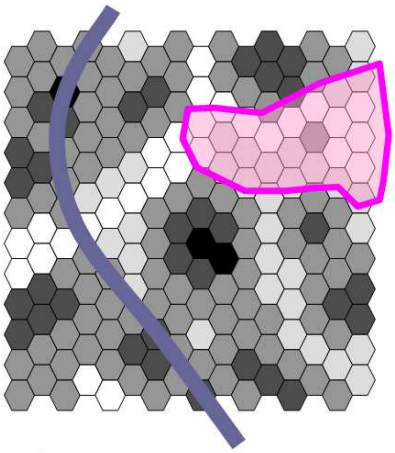


Critique pour l'espèce *E*
Utilisable et important pour l'espèce *E*
Utilisable mais non nécessaire pour l'espèce *E*
Non utilisé par l'espèce *E*
Evité par l'espèce *E*

Zone de monitoring

Objectifs opérationnels :

- ***Aide à la connaissance*** : répartition de l'espèce dans un territoire, fonctionnalité écologiques du paysage, identification des flux potentiels, mise en évidence des corridors écologiques, des barrières et points de conflits) ;
- ***Aide à l'expertise*** de terrain (pré-analyse d'un territoire avant prospection de terrain) ;
- ***Aide à la décision*** (hiérarchisation de l'espace en fonction d'une problématique pour l'intégration dans un projet d'aménagement ; exemple : choix d'un tracé ou d'un secteur à aménager le moins impactant pour une espèce sensible) ;
- ***Aide à la gestion*** d'un territoire (évaluation qualitative et quantitative d'une problématique (observatoire) ;

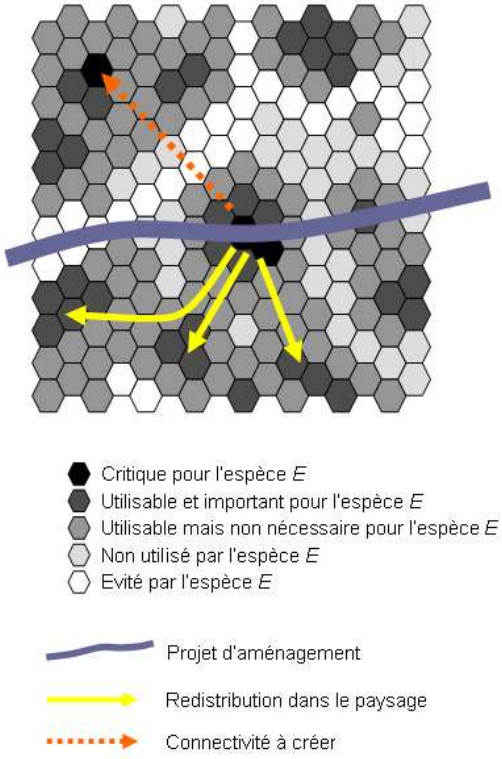


Critique pour l'espèce *E*
Utilisable et important pour l'espèce *E*
Utilisable mais non nécessaire pour l'espèce *E*
Non utilisé par l'espèce *E*
Evité par l'espèce *E*

Projet d'aménagement
Zone de compensations

Objectifs opérationnels :

- ***Aide à la connaissance*** : répartition de l'espèce dans un territoire, fonctionnalité écologiques du paysage, identification des flux potentiels, mise en évidence des corridors écologiques, des barrières et points de conflits) ;
- ***Aide à l'expertise*** de terrain (pré-analyse d'un territoire avant prospection de terrain) ;
- ***Aide à la décision*** (hiérarchisation de l'espace en fonction d'une problématique pour l'intégration dans un projet d'aménagement ; exemple : choix d'un tracé ou d'un secteur à aménager le moins impactant pour une espèce sensible) ;
- ***Aide à la gestion*** d'un territoire (évaluation qualitative et quantitative d'une problématique (observatoire) ;
- ***Aide à la définition de mesures compensatoires*** (identification de zones pertinentes pour la mise en œuvre de mesures compensatoire)



Objectifs opérationnels :

- ***Aide à la connaissance*** : répartition de l'espèce dans un territoire, fonctionnalité écologiques du paysage, identification des flux potentiels, mise en évidence des corridors écologiques, des barrières et points de conflits) ;
- ***Aide à l'expertise*** de terrain (pré-analyse d'un territoire avant prospection de terrain) ;
- ***Aide à la décision*** (hiérarchisation de l'espace en fonction d'une problématique pour l'intégration dans un projet d'aménagement ; exemple : choix d'un tracé ou d'un secteur à aménager le moins impactant pour une espèce sensible) ;
- ***Aide à la gestion*** d'un territoire (évaluation qualitative et quantitative d'une problématique (observatoire) ;
- ***Aide à la définition de mesures compensatoires*** (identification de zones pertinentes pour la mise en œuvre de mesures compensatoire) ;
- ***Aide au maintien de la biodiversité locale*** (identification des zones favorables à maintenir en état pour les flux et l'accueil de populations dérangées ; identification des connectivités à rétablir).

Parmi les pistes soulevées par INTERMOPES, l'utilisation d'un lidar aéroporté couplé à un lidar terrestre pourrait être utilisée pour la mise en œuvre de mesures compensatoires en permettant de produire des protocoles de gestion fine des parcelles à remettre en état pour Outarde. En effet, avec les résultats montrés dans notre test, on peut voir qu'il est possible à l'échelle d'une parcelle d'identifier la végétation à couper pour permettre une meilleure intervisibilité entre les leks et les zones de présence des femelles.

Le travail sur l'objectivation écologique du territoire est un autre axe d'importance. Cette approche est une solution à une meilleure intégration de la biodiversité dans les projets d'aménagement tout en garantissant de « lever » la défiance entre les communautés d'intérêts divergents. Mais la difficulté sera de trouver les moyens techniques, méthodologiques voire politiques pour développer des projets à grandes échelles, comme des observatoires régionaux permettant de monitorer l'espace, de capitaliser les connaissances et de mutualiser les moyens. La mise en place de ce type d'outils est obligatoire pour prétendre à une connaissance objective d'un territoire.

L'approche dynamique des enjeux écologique et territoriaux n'a pas pu être abordée dans ce projet mais a permis de développer le programme de recherche IMPACT.

Bibliographie

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.

Attie, C. et Jolivet, C., Deuxième Plan national d'actions en faveur de l'Outarde canepetière Tetrax tetrax 2011-2015, Ministère de l'écologie du développement durable, des transports et du logement, 143 p.

Bédard., Y (coord.) 2012 - « Route et faune terrestre : de la science aux solutions » *Le naturaliste canadien*, numéro spécial volume 136 (2), 108 p.

Biotope, 2007 - Contournement Nîmes /Montpellier – études environnementales : population de l'Astragale glaux au mas de la Plume (Lunel, Hérault) : proposition d'un programme de sauvegarde et de renforcement, 79 p.

Biotope, 2009 - Contournement ferroviaire de Nîmes et Montpellier : Etude d'incidence du projet en Costière nîmoise (Gard) au regard du Site Natura 2000 ZPS FR9112015 : « Costière nîmoise »

Bradbury, R.B., Hill, R.A., Mason, D.C., Hinsley, S.A., Wilson, J.D., Balzter, H., Anderson, G.Q.A., Whittingham, M.J., Davenport, I.J., & Bellamy, P.E., 2005 - Modelling relationships between birds and vegetation structure using airborne LiDAR data: A review with case studies from agricultural and woodland environments. Ibis, 147, 443-452

CEN LR, 2004 - Diagnostic et propositions de mesures de gestion dans les zones agricoles gardoises favorables à l'Outarde canepetière – rapport de synthèse, 36 p. + annexes.

Clawges, R., Vierling, K., Vierling, L., et Rowell, E., 2008 - The use of airborne lidar to assess avian species diversity, density, and occurrence in a pine/aspen forest. *Remote Sensing of Environment*, 112, 2064-2073

Déjeant-Pons M., 2008 - "La 3D fait sa révolution dans le Paysage", Div. du patrimoine culturel et de l'aménagement du territoire. Conseil de l'Europe, DG IV, salon Imagina, Janvier 2008.

Fahrig, L. 2003 - Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst*., 34, 487-515.

Forman, R.T.T., Sperling, D., Bissonette, J.A., Clevenger, A.P., Cutshall, C.D., Dale, V.H., Fahrig, L., France, R., Goldman, C.R., Heanue, K., Jones, J.A., Swanson, F.J., Turrentine, T. et Winter, T.C., 2003 - *Road Ecology*, Science and Solutions. Island Press.

Goetz, S., Steinberg, D., Dubayah, R., & Blair, B., 2007 - Laser remote sensing of canopy habitat heterogeneity as a predictor of bird species richness in an eastern temperate forest, USA. *Remote Sensing of Environment*, 108, 254-263

Lolive, J., 1999 - *Les contestations du TGV Méditerrannée*. L'Harmattan, 314 p.

Luginbühl, Y., 2007 – La place de l'ordinaire dans la question du paysage In Lolive J. et Blanc N., (dir.) Esthétique et espace public, numéro thématique de *Cosmopolitiques*, 15, 173-178.

Nadaï, A. 2007 - *Degré zéro*. Portée et limites de la théorie de l'artialisation dans la perspective d'une politique du paysage, *Cahiers de Géographie du Québec*, 51 (144), : 333-343.

Pissard, P.A., 2008 – Évaluation et cartographie des potentialités faunistiques d'un territoire : l'exemple du gapençais et de son avifaune, *Ingénieries EAT*, 54 : 57-72.

Resop, J.P., Kozarek, J.L., & Hession, W.C., 2012 - Terrestrial laser scanning for delineating in-stream boulders and quantifying habitat complexity measures. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 78, 363-371

RFF, 2005 – Contournement de Nîmes et Montpellier – Schéma Directeur Paysager, 17 p.

Roger, A., 1994 - Paysage et environnement : pour une théorie de la dissociation. In Ch Leyrit et B. Lassus (dir) *Autoroute et paysages*, Paris, Ed. du demi-cercle.
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.

Vimal, R., Geniaux, G., Pluvinet, P., Napoleone, C., Lepart, J., 2012 – Detecting threatened biodiversity by urbanization at regional and local scales using an urban sprawl simulation approach: application on the French Mediterranean region, *Landscape and urban planning*, 104, 343-355.

Annexe 1 : Zones d'étude

ZPS des Costières nîmoises au sud de Manduel

La zone d'étude (figure 1) a été définie dans la ZPS des Costières nîmoises au sud de Manduel en raison de la problématique majeure de l'Outarde canepetière sur ce secteur pour les thématiques écologiques et paysagères. Cette zone a été définie suite à une concertation entre le Cemagref et la Chambre d'Agriculture du Gard, BIOTOPE et le COGARD (prestataires RFF pour la cartographie de l'occupation du sol). Ce secteur accueille en effet une importante population d'Outardes et les plus importants leks de la ZPS des Costières nîmoises. De plus, cette zone sera particulièrement impactée par la LGV avec une destruction quasi totale de 2 importants leks (ceux situés à l'Est et au sud de Manduel).

C'est sur cette zone que la modélisation des potentialités écologiques du paysage pour l'Outarde a été réalisée afin de définir des zones favorables pour l'oiseau en dehors de la ZPS. La cartographie de la végétation en 3D pour représenter le paysage vu par l'Outarde a été également faite sur ce secteur ainsi que l'expérimentation de cartographie des hauteurs de végétation par LIDAR terrestre.

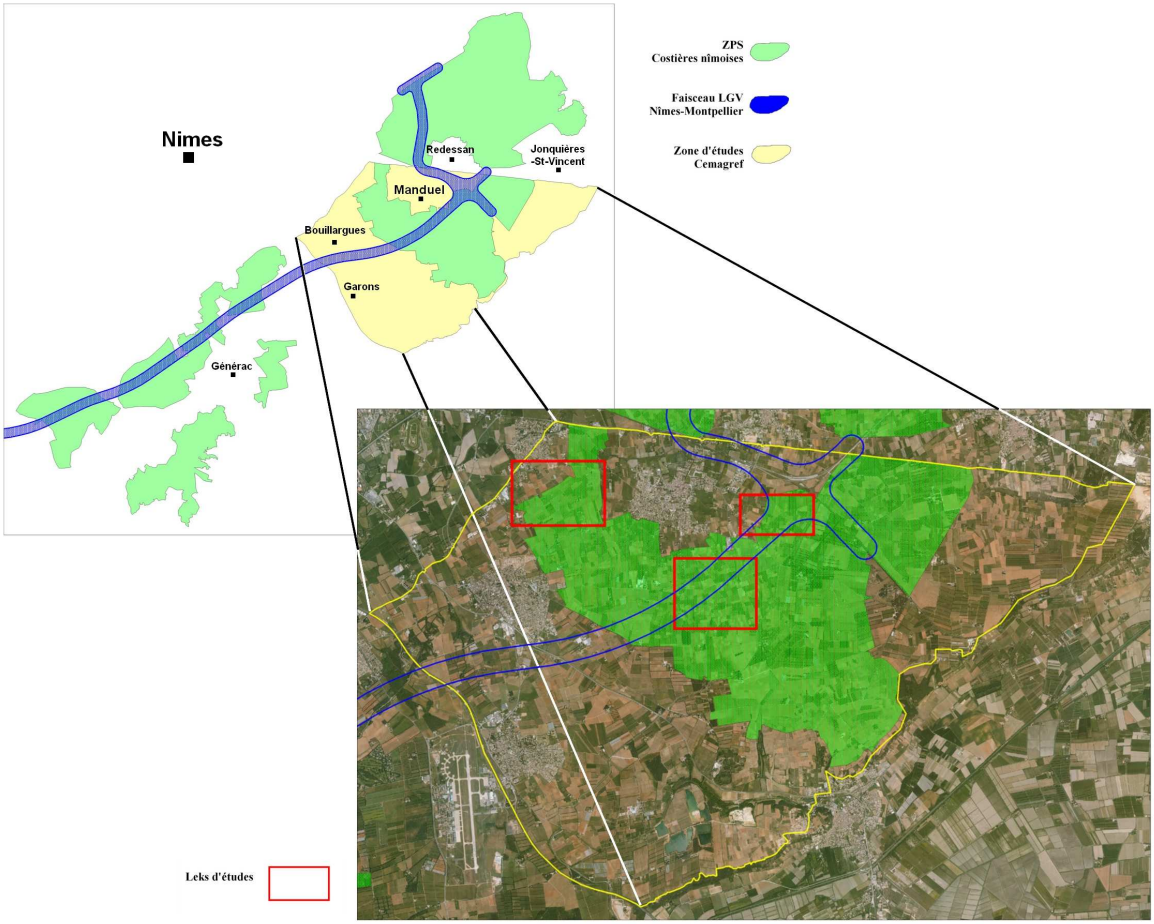


Figure 1 : Zone d'étude sur le parcours LGV Nîmes-Montpellier

Littoral et arrière littoral de Marseille à Narbonne

Sur ce secteur (figure 2), les populations d'*Allium chamaemoly* ont été étudiées afin de comprendre ses exigences écologiques (au niveau du macro-habitat et du micro-habitat) et pouvoir proposer un protocole pour le choix de populations à renforcer et de sites de réintroduction. Ce secteur a fait l'objet d'une analyse globale des populations d'*Allium chamaemoly* et d' *Astragalus glaux* impactées par des projets d'aménagement alors que pour les dossiers d'étude d'impact déposés pour le projet CNM les sites impactés sont étudiés au cas par cas (Biotope, 2007).

Figure 2 : Zone d'étude des populations d'*Allium chamaemoly*

Zone de la plaine de la Crau sèche

Sur cette zone d'étude plusieurs échelles de définition de périmètres d'étude et de types d'ouvrages ont été testés afin d'évaluer les impacts cumulés de différents projets sur l'Outarde canepetière.

La figure 3 présente les infrastructures de transport terrestre (route et rail) du secteur de la Crau et les réseaux de transport d'énergie, les canalisations industrielles et les parcs éoliens.

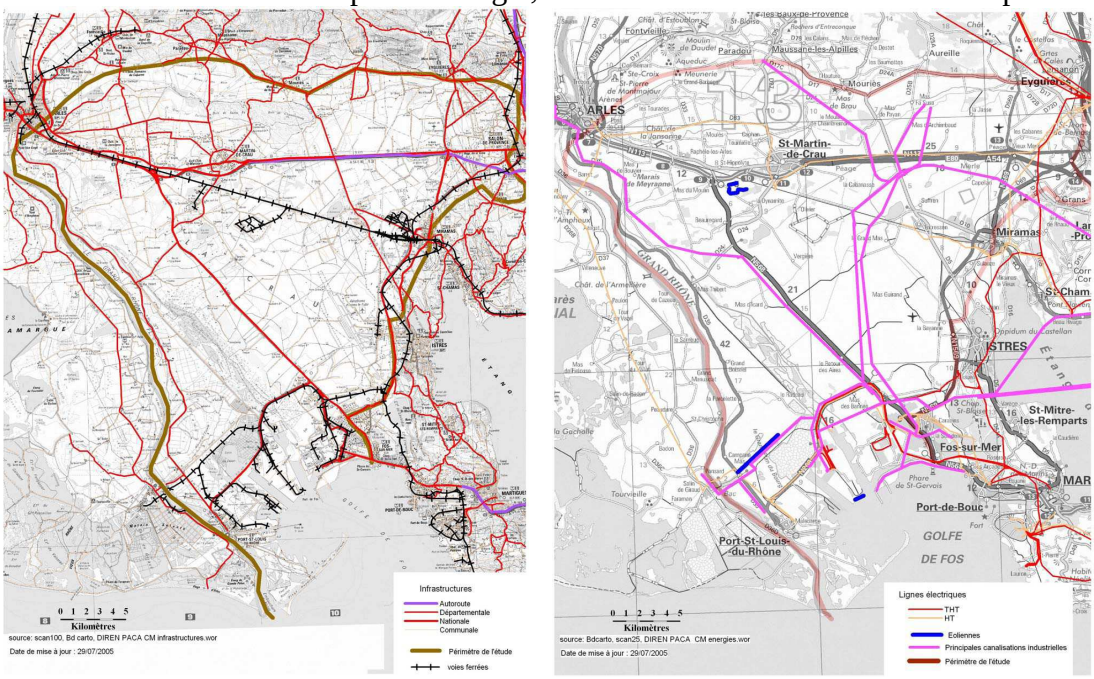


Figure 3 : Cartes des infrastructures de transport (routier et d'énergie) de la plaine de Crau

Annexe 2. Itinéraire technique pour le renforcement et réintroduction de populations d'*Allium chamaemoly*

Itinéraire Technique : *Allium chamaemoly, l'Ail petit Moly*	
A – Anticipation : Phase d'élaboration de protocoles et d'amélioration de connaissances en amont du projet	
Distribution	Méditerranéenne : de l'Espagne jusqu'à la Grèce + Corse, Sicile, Sardaigne, Baléares. En France : en plaine à travers toute la région méditerranéenne
Enjeux de connaissances et objectifs	Fournir des bases scientifiques pour une aide à la décision concernant le choix (i) des populations à renforcer, (ii) des sites adéquats pour la création de nouvelles populations (analyse des sites préconisés pour la compensation). Comprendre la dynamique et l'écologie de l'espèce dans la zone qui sera impactée et ailleurs : élaborer et mettre en place un protocole de suivi de populations naturelles.
Questions	Peut-on identifier la niche écologique des populations dans la région d'étude, voire au-delà ? Quelle(s) est (sont) la (les) dynamique(s) des populations ? Quel est l'état de conservation des populations ?
Développement de protocoles	Analyse de la niche écologique sur un échantillon représentatif de populations dans la région d'étude Elaborer et tester un protocole pour les suivis et l'évaluation de l'état de conservation des populations Suivi de l'évolution de l'espèce dans les sites qui seront directement impactés, en périphérie (populations isolées) et en dehors des zones d'impact
B - Choix et méthodes : Phase d'expérimentation et d'implantation lors de la mise en place de l'infrastructure	
Questions	L'ensemble des questions méthodologiques concernent : 1. Le choix du matériel en termes de stade de vie (graines, plantules, adultes), nombre et origines (diversité génétique) des individus.

	2. La nécessité de faire des implantations successives (annuelles). 3. Le choix du site selon l'équivalence écologique, la proximité aux populations existantes et la garantie de leur acquisition (foncière) à long terme.
Mise en place de d'expérimentation, suivis et analyses	Comprendre la dynamique et l'écologie de l'espèce dans la zone impactée et ailleurs : continuation des suivis de populations naturelles et introduites. Etudes écologiques expérimentales sur la germination et la survie en conditions contrôlées et en milieu naturel. Elaboration d'une méthodologie pour l'implantation des individus Renforcement de populations existantes et création de nouvelles populations Evaluation des besoins en matière de gestion des sites.
C – Organisation	
Partenaires	Conservatoire d'Espaces Naturels Languedoc-Roussillon Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles DREAL IRSTEA
Coût indicatif	Le présent projet (uniquement pour la phase A) s'est vu attribué une subvention de 10 000€.
Calendrier	Phase A : 3 ans Phase B : 3 ans