

## Mieux compenser les impacts sur les zones humides : modélisation de différentes approches dans la région de Grenoble

**limiter autant que possible les impacts sur les milieux humides est une obligation pour tout projet d'aménagement devant faire l'objet d'une autorisation. En cas d'impacts résiduels négatifs significatifs, des mesures compensatoires permettant de rétablir la qualité environnementale de la zone impactée à un niveau au moins équivalent à son état initial doivent être menées sur d'autres zones dégradées. À travers l'exemple de la région de Grenoble, en pleine expansion urbaine, cet article propose d'analyser plusieurs méthodes innovantes de mise en œuvre de politiques de compensation écologique en utilisant une approche plus intégrée et adaptée aux besoins du territoire.**

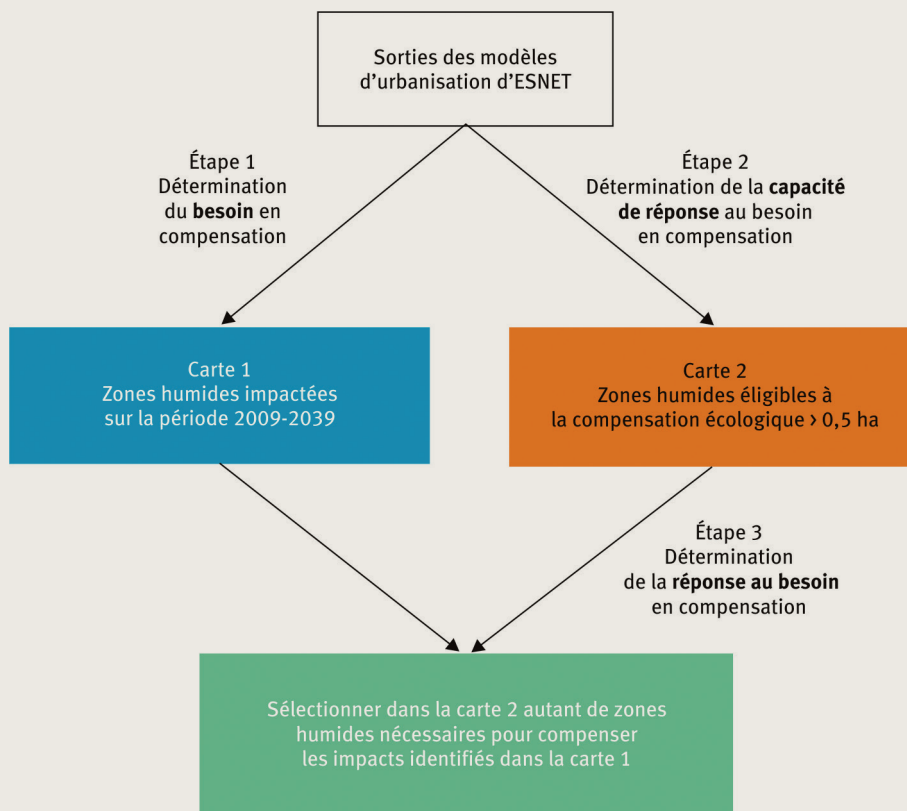
**L**a région urbaine de Grenoble (Isère) est soumise à d'importantes dynamiques d'évolution, du fait de son expansion démographique, et des contraintes particulières qu'introduit sa situation géographique à la confluence de trois vallées alpines. L'expansion urbaine et les infrastructures associées, en particulier, conduisent à son artificialisation progressive. Dès lors que ce type d'impact n'a pas pu être évité ou suffisamment réduit, la réglementation française prévoit plusieurs régimes de compensation « en nature » des impacts résiduels. D'après la loi sur la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages votée en 2016, les mesures de compensation, proposées par les maîtres d'ouvrage dans le cadre de leurs demandes d'autorisation, doivent avoir pour but d'atteindre une non-perte nette voire un gain net de biodiversité une fois le projet et ses mesures compensatoires réalisés. Une doctrine nationale publiée en 2012 précise qu'il faut respecter une équivalence écologique qualitative (les milieux ou espèces bénéficiant des mesures de compensation doivent être similaires à ceux impactés) et quantitative (des gains de biodiversité générés par les mesures de compensation au moins égaux aux pertes liées dues aux impacts), une additionalité des mesures compensatoires avec des mesures à visée de protection de l'environnement déjà planifiées et financées, ou encore une vocation écologique pérenne des sites d'accueil des mesures

compensatoires. Cependant, de nombreuses limites techniques, liées à une connaissance encore incomplète de la complexité des écosystèmes et à une incomplétude des cadres réglementaires concernés, freinent encore une mise en œuvre de la compensation écologique selon ces bonnes pratiques.

Certains pays ont remis en cause leur mise en œuvre de la compensation écologique et proposent des pistes d'amélioration. Une première piste concerne la modalité de mise en œuvre des mesures compensatoires. Depuis que ces dernières sont rendues obligatoires dans différents cadres réglementaires, elles sont majoritairement réalisées de façon dispersée. Dans cette approche de la compensation au cas par cas (« à la demande »), chaque impact génère une mesure indépendante de celle liée aux impacts d'autres projets. Une approche alternative consiste à améliorer l'efficacité écologique et organisationnelle de ces mesures en les regroupant, si possible dans des zones identifiées comme nécessitant une amélioration de leur qualité écologique. Dans cette approche de compensation centralisée, une mesure de grande ampleur compense les impacts de plusieurs projets, ce qui devrait entraîner une meilleure chance de réussite de la compensation écologique et permettre un meilleur contrôle et suivi par les services de l'État. C'est notamment sur ce principe que repose la compensation « par l'offre » récemment introduite en France, mais expérimentée depuis 2008, et établie dans d'autres

## 1 SCHÉMATISATION DU SYSTÈME EXPERT D'ANALYSE DE SCÉNARIOS DE COMPENSATION

Cette méthode, développée dans le cadre d'une collaboration entre Biotope, l'Université de Montpellier et le Laboratoire d'écologie alpine, est appliquée aux trois scénarios de compensation développés pour la région urbaine de Grenoble avec des contraintes spécifiques adaptées pour l'étape 3.



pays comme les États-Unis, l'Allemagne ou l'Australie. Une deuxième piste concerne les méthodes de dimensionnement des mesures compensatoires. Ces dernières peuvent en effet avoir un objectif surfacique (on cherche à avoir une surface de zones détruites égale à celle de zones restaurées, sans pour autant s'intéresser à l'amélioration de l'état de ces zones) ou fonctionnel (on cherche à restaurer autant de fonctions écologiques que celles qui ont été perdues sans contrainte sur les surfaces que ces restaurations impliquent de mobiliser).

Cet article propose d'analyser les conséquences de ces innovations (nouvelles modalités de mise en œuvre et méthodes de dimensionnement) sur l'efficacité des mesures compensatoires mesurée par l'atteinte *a minima* d'une non-perte nette de fonctions écologiques sur le territoire du bassin grenoblois dans le cadre du projet ESNET.

Celui-ci développe en effet des scénarios prospectifs de changement d'occupation des sols à l'horizon 2040, en intégrant des évolutions dans les surfaces et la distribution des milieux naturels. Basée sur une approche par modélisation cartographique (encadré 1), notre étude analyse trois scénarios de compensation correspondant à des situations envisageables dans le scénario « au Fil de l'Eau » du projet ESNET :

- compensation écologique au cas par cas en utilisant un dimensionnement surfacique ;
- compensation écologique au cas par cas en utilisant un dimensionnement fonctionnel (et au moins 200 % en surface) ;
- compensation centralisée en utilisant un dimensionnement fonctionnel (et au moins 100 % en surface).

### Choix de modalités de compensation

Le scénario « au Fil de l'Eau », basé sur les documents réglementaires et de planification existants, et notamment le schéma de cohérence territoriale (SCOT), propose un développement intégrant les politiques d'aménagement et de gestion actuelles sur le territoire. La situation géographique de la région urbaine grenobloise dirige la pression de l'urbanisation sur les zones de plaine essentiellement occupées par les surfaces agricoles. Ainsi, le besoin de compensation environnementale s'adresse avant tout aux zones humides présentes sur l'espace agricole.

Nous avons construit trois scénarios de compensation écologique. Le premier correspond à une pratique originelle qui tend à être abandonnée dans la réglementation mais reste une pratique courante. Il consiste en

► une compensation au cas par cas avec une approche surfacique uniquement. Le deuxième, le plus réaliste, correspond au respect de la réglementation prévue en matière de compensation écologique des impacts sur les zones humides (schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux 2016-2020, p.238). Il consiste en une compensation au cas par cas avec une approche surfacique et fonctionnelle à la fois. Le troisième correspond au principe de compensation « par l'offre » récemment introduit par la loi sur la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages avec le dispositif de « site naturel de compensation ». Il consiste en une compensation centralisée avec une approche fonctionnelle mais qui requiert que la compensation soit menée sur une surface au moins égale à la surface impactée. Pour chacun des trois scénarios, nous proposons des règles pour le choix de la localisation des mesures compensatoires.

### Modélisation des méthodes de dimensionnement

Pour l'approche surfacique, la méthode repose simplement sur la recherche de zones de compensation jusqu'à atteindre la surface requise par le scénario. En ce qui concerne l'approche fonctionnelle, nous avons lié à chaque type de pratique culturale sur une parcelle située en zone humide une potentielle qualité de fonctions écologiques (on parlera d'unité de valeur écologique, encadré ②). De là il est possible d'estimer l'importance de l'impact porté à ces parcelles ou l'intérêt de ces parcelles comme support d'une restauration écologique. Cette approche très théorique ne saurait, dans la réalité, remplacer un diagnostic écologique de terrain tel que préconisé par la méthode d'évaluation des fonctionnali-

tés des zones humides développée par l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques avec le concours du Museum national d'histoire naturelle et de Biotope.

À l'échelle du territoire ESNET, dans le scénario « au Fil de l'Eau », sur les plus de quarante mille hectares impactés sur la période 2009-2039, cent soixante-dix hectares de zones humides sont concernés, ce qui correspond à une perte de près de huit cents unités de valeur écologique (figure ①). Près de huit mille cinq cents hectares de zones humides pourraient accueillir des mesures compensatoires, ce qui correspond à un gain potentiel de plus de vingt-trois mille sept cents unités.

### La compensation au cas par cas par une approche surfacique uniquement

Dans ce scénario, on fait l'hypothèse que les agriculteurs n'acceptent pas de mobiliser certaines de leurs terres les plus productives pour la compensation. Ainsi, les zones d'accueil potentielles retenues pour des mesures compensatoires sont ici les parcelles qui comportent au moins une prairie dans leur succession culturale, ayant donc une valeur écologique de deux ou plus. Le besoin de compensation en surface est calculé pour chaque sous-bassin versant ; il y en a onze sur le territoire ESNET (dont deux très partiellement concernés que nous ne retenons pas). L'objectif est d'atteindre une surface compensée égale à 200% de la surface impactée, en priorité au sein du même sous-bassin versant et dans les corridors du schéma régional de cohérence écologique (SRCE) lorsque ceux-ci sont présents. Le côté aléatoire du choix parmi les parcelles répondant aux contraintes, permet de prendre en compte le fait que les propriétaires ne seraient pas forcément d'accord pour engager leur surface agricole en mesure compensatoire.

## ② MÉTHODOLOGIE POUR LA COMPENSATION FONCTIONNELLE

Afin de réaliser un exercice théorique de modélisation de la compensation fonctionnelle, nous attribuons à dire d'expert une « valeur écologique » (de 1 à 7) aux parcelles agricoles selon le type de pratiques identifiées sur le territoire. Nous faisons ici l'hypothèse que toutes les cultures présentant le même type de pratique sont de la même qualité, et que les milieux humides en prairie permanente et en haies sont supposés être ceux de meilleure qualité en Isère. Voici quelques exemples :

Pratique culturale	Valeur écologique/ha <i>Perte si impact</i> Valeur de 1 à 7	Potentiel de restauration écologique/ha <i>Gain si mesure compensatoire</i> Valeur de 0 à 6
Prairies permanentes et haies	7	0
3 ou 4 prairies et 1 ou 2 autre occupation	5	2
3 prairies et 2 cultures d'hiver 2 prairies et 3 cultures d'hiver	4	3
2 prairies, 2 cultures d'hiver, 1 autre occupation	3	4
1 prairie avec 3 ou 4 cultures de printemps	2	5
Monocultures de printemps	1	6
3 ou 4 cultures de printemps sans prairie	1	6

Nos résultats théoriques (tableau ❶) montrent que ce scénario aboutit à une situation de perte nette de fonctions écologiques et permet ainsi de souligner les limites de l'application de la compensation écologique selon cette approche surfacique. D'autant plus que ce calcul ne prend pas en compte le fait que les mesures compensatoires se sont souvent révélées peu efficaces et efficaces dans le passé, entre autres par manque de suivi et de contrôle de leur mise en œuvre.

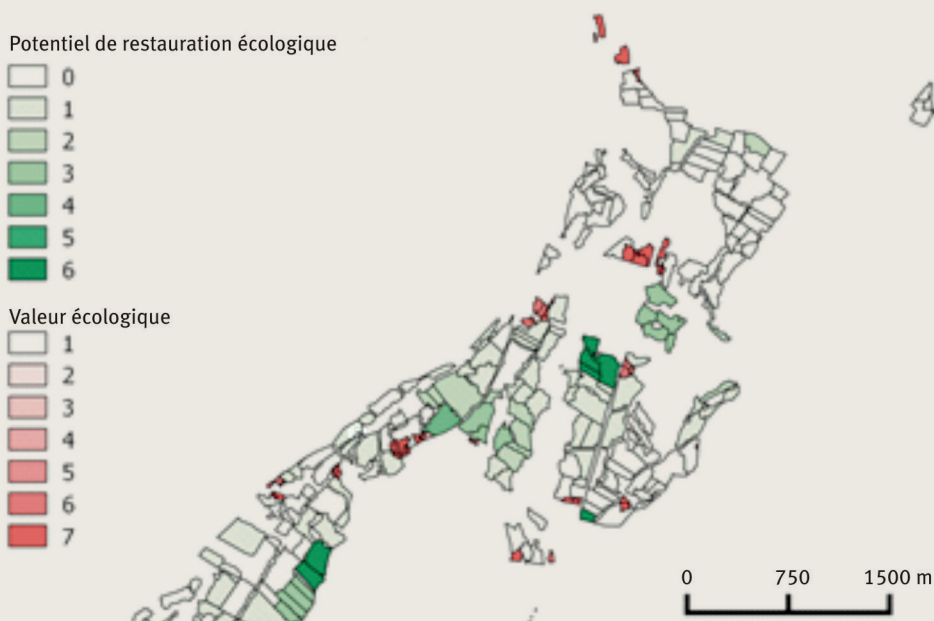
### La compensation au cas par cas par une approche fonctionnelle

Ce scénario de compensation est le plus réaliste des trois. Il consiste en une application vertueuse du schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE). L'objectif est de compenser au moins 100 % de la surface impactée par une restauration d'une zone humide similaire fortement dégradée. Les pourcentages restants pour atteindre 200 % de la surface impactée peuvent être compensés par l'amélioration de fonctions écologiques

potentiellement différentes. Dans notre exercice, ceci est traduit en retirant des zones d'accueil potentielles des mesures compensatoires les parcelles qui ne génèreraient aucun gain de fonction écologique. Puis les parcelles sont sélectionnées aléatoirement, en priorité au sein du même sous-bassin versant et dans les corridors du SRCE lorsque ceux-ci sont présents, en commençant par les parcelles ayant le plus fort potentiel de restauration écologique.

Nos résultats théoriques (tableau ❶) montrent que le nouveau SDAGE inverse la situation antérieure en aboutissant à une situation de gain net de fonctions écologiques à l'échelle globale, et permet de faire face aux incertitudes quant au succès réel des mesures de compensation. Localement, les situations de perte nette sont limitées, passant d'une situation de perte nette à 90 % pour le scénario surfacique à 30 % pour le présent scénario. Toutefois, le fait que la compensation soit toujours mise en place sur une multitude de zones de restauration maintient un risque de manque de suivi, de contrôle et d'efficacité écologique de la restauration écologique.

❶ Besoin compensatoire (rouge) lié à l'urbanisation sur la période 2009-2039 et zones potentielles de compensation (vert) pour un secteur de la zone d'étude.



❶ Conséquence des scénarios de compensation au cas par cas en perte ou gain net de fonctions écologiques.

Scénario de compensation	Nombre d'ha mobilisés pour la compensation des 170 ha impactés (dont dans un corridor SRCE)	% d'atteinte de la non-perte nette de fonctions écologiques à l'échelle du territoire d'étude (et à l'échelle des sous-bassins versants)
Cas par cas Surfacique (200 %)	340 (220)	- 12 % (- 90 % à + 300 %)
Cas par cas Fonctionnel et surfacique (200 %)	340 (270)	+ 93 % (- 30 % à + 485 %)



### ► Vers une innovation organisationnelle : la compensation centralisée

La France conduit depuis 2008 une expérimentation nationale sur la création de « sites naturels de compensation », dont une en Isère, permettant de constituer une « offre » de compensation anticipée et mutualisée, plus performante et plus facile à contrôler par les services de l'État. La réglementation encadrant cette nouvelle approche de la compensation a été introduite dans la loi sur la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages mais les décrets d'application ne sont pas encore parus. Nous avons donc défini des règles s'inspirant du retour d'expérience international. L'objectif est d'atteindre la non-perte nette de fonctions écologiques dans chaque sous-bassin versant par la restauration d'une zone humide d'un seul tenant fortement dégradée sur une surface au moins égale à celle de la surface impactée, ou, à défaut, par le plus faible nombre de zones humides d'un seul tenant. Pour chaque sous-bassin versant, on sélectionne à la main les parcelles jusqu'à satisfaire le besoin de compensation en suivant autant que possible les conditions suivantes : localisation dans un corridor écologique du SRCE, contiguïté des parcelles restaurées, parcelles ayant le plus fort potentiel de restauration écologique, proximité d'un réseau de prairies permanentes, d'un milieu aquatique, semi-naturel ou forestier, non isolée dans un espace urbain sauf si la surface restaurée est conséquente.

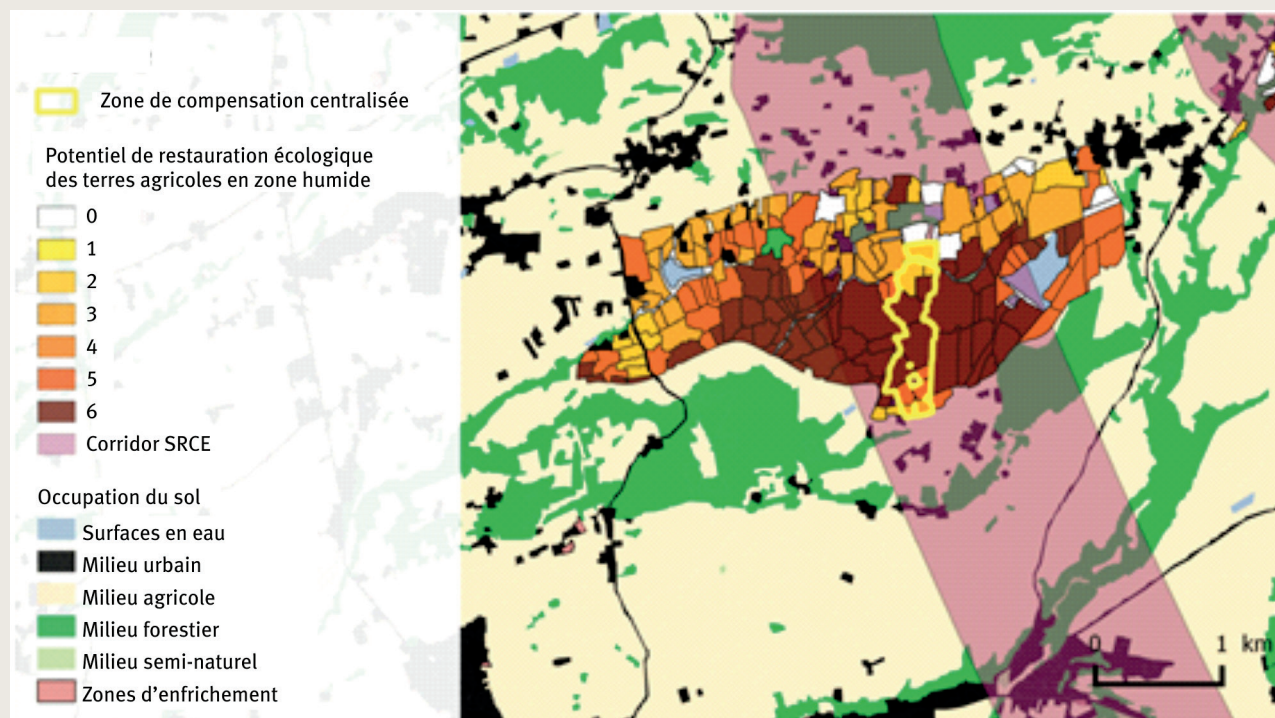
Dans notre exercice de modélisation, on atteint la non-perte nette de fonctions écologiques (+16 % car dans trois sous-bassins versants, la non-perte nette était rendue

par des zones de surface inférieure à 100% de la surface impactée) avec en tout quinze zones restaurées représentant une surface totale d'environ trois cent hectares soit près de 185 % de la surface impactée. Pour deux sous-bassins versants il s'agit de réseaux de respectivement trois et cinq zones au lieu d'une zone unique. Pour certains sous-bassins versants, il n'a pas été possible de mobiliser les zones au plus fort potentiel de restauration écologique car cela aurait conduit à largement dépasser le besoin compensatoire. La plus petite zone restaurée est de cinq hectares, ce qui est encore une surface faible pour s'assurer de la réussite de la restauration écologique. La plus grande totalise près de cent hectares, ce qui est considéré selon certaines conditions comme une surface à partir de laquelle la restauration écologique a de très fortes chances de réussir. La moyenne est de trente-cinq hectares. La zone présentée sur la figure 2 s'étend sur une surface de quarante hectares et est localisée le long d'un corridor du SRCE.

### Conclusion

Dans cette analyse théorique, l'approche surfacique au cas par cas, originellement et encore couramment utilisée, entraîne une perte nette de fonctions écologiques. L'approche fonctionnelle et surfacique au cas par cas, requise dans les récents textes réglementaires, conduit à un gain net de fonctions écologiques mais son efficacité organisationnelle reste limitée. Il serait nécessaire de répéter les simulations de ces deux premières approches de façon à confirmer les résultats que nous avons obtenus. L'approche fonctionnelle centralisée, qui va se déve-

2 Zone de compensation centralisée fonctionnelle pour un secteur de la zone d'étude.



lopper dans les années à venir, conduit à un gain net de fonctions écologiques et devrait permettre un contrôle et un suivi plus efficaces.

Notre exercice de modélisation est théorique et pourrait recevoir les mêmes critiques que certains SRCE du fait de leur approche essentiellement cartographique et non basée sur des expertises de terrain. Toutefois, il permet de poser des hypothèses et d'identifier les données de terrain nécessaires pour les tester et améliorer le dispositif de compensation. Ainsi, nous avons fait quelques hypothèses assez fortes comme le fait que toutes les mesures sont effectives, efficaces, ou encore que tous les terrains de même nature ont la même qualité. En ce qui concerne la durée de la compensation, on doit faire l'hypothèse que lors de l'application de la contrainte de compensation sur la carte de 2039, toutes les compensations sont actives, donc qu'au moins une partie des mesures ont une durée de trente ans (car la modélisation commence en 2009). Enfin, en termes de reproductibilité, cet exercice repose sur un important travail de modélisation de l'occupation des sols réalisé dans le projet ESNET. Une adaptation à un autre territoire serait envisageable, les données naturalistes nécessaires pour la phase de compensation étant disponibles en ligne pour de nombreuses régions, mais pourrait s'avérer longue et fastidieuse.

Cependant, cet exercice permet de considérer nos capacités à mettre en œuvre les compensations à des échelles territoriales pertinentes et pourrait constituer un outil d'aide à la décision pour le développement territorial, par exemple lors de l'analyse de l'opportunité de certains projets d'urbanisation ou des évaluations « stratégiques » des plans et programmes. Dans notre étude, la capacité de réponse au besoin en compensation de chaque sous-bassin versant est largement suffisante mais ne saurait justifier l'absence d'évitement ou de réduction des impacts portés à l'environnement, notamment du fait des hypothèses exposées plus haut. En outre, nous n'avons pas traité d'autres sujets socio-économiques et éthiques comme l'éloignement des mesures compensatoires aux zones impactées ou encore les conséquences de l'établissement de zones de compensation sur le prix du foncier ou l'organisation des terroirs agricoles.

Nos résultats montrent que les évolutions actuelles de la réglementation française en matière de compensation écologique sont cohérentes avec les objectifs nationaux en matière de biodiversité et de reconquête des zones

humides. Ils démontrent aussi que la compensation pourrait être un levier contribuant à la mise en œuvre de la Trame verte et bleue via l'orientation des mesures de compensation dans les corridors écologiques identifiés par le SRCE. Enfin, il nous semble que la compensation centralisée est complémentaire de la compensation décentralisée fonctionnelle. C'est ce qu'on observe par exemple aux États-Unis où le système des « banques » de compensation pour zones humides (*wetland mitigation banking*), initié vers la fin des années 1980, coexiste avec le système classique de compensation au cas par cas (*permittee responsible mitigation*). Ainsi dotés de plusieurs outils et à l'écoute des besoins des territoires, les maîtres d'ouvrages des projets d'aménagement et les décideurs politiques devraient pouvoir améliorer la mise en œuvre des politiques de compensation écologique par une approche plus intégrée et territorialisée. ■

### Les auteurs

#### Anne-Charlotte VAISSIÈRE

Université de Montpellier,  
Faculté d'économie, UMR 5474 LAMETA,  
avenue Raymond Dugrand,  
F-34960 Montpellier, France  
✉ [anne.charlotte.vaissiere@gmail.com](mailto:anne.charlotte.vaissiere@gmail.com)

#### Adeline BIERRY

Laboratoire d'écologie alpine, CNRS,  
Université Grenoble Alpes, BP 53,  
F-38041 Grenoble Cedex 9, France  
✉ [bierry.adeline@gmail.com](mailto:bierry.adeline@gmail.com)

#### Fabien QUÉTIER

Biotope, 22 Boulevard Foch,  
F-34140 Mèze, France  
✉ [fquetier@biotope.fr](mailto:fquetier@biotope.fr)

### Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Baptiste Nettier, Sandra Lavorel, Pierre-Yves Longaretti et Clémence Vannier pour leur support méthodologique concernant les besoins de modélisation cartographique développée dans cette étude. Les travaux ayant conduit à cet article ont bénéficié du soutien de l'Union européenne dans le cadre du septième programme cadre (FP7/2007-2013), sous le contrat n°308393 « OPERAs ». Le projet ESNET constitue un cas d'étude pour le projet OPERAs.

### EN SAVOIR PLUS...

📖 GAYET, G., BAPTIST, F., BARAILLE, L., CAESSTEKER, P., CLÉMENT, J.-C., GAILLARD, J., GAUCHERAND, S., ISSELIN-NONDEDEU, F., POINSOT, C., QUÉTIER, F., TOUROULT, J., BARNAUD, G., 2016, *Guide de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides - version 1.0*, Onema, collection Guides et protocoles, 186 p., disponible sur : <http://www.onema.fr/sites/default/files/guidezh-complet.pdf>

📖 LEVREL, H., FRASCARIA-LACOSTE, N., HAY, J., MARTIN, G., PIOCH, S. (Eds.), 2015, *Restaurer la nature pour atténuer les impacts du développement. Analyse des mesures compensatoires pour la biodiversité*, Collection Repères, Éditions Quae, Paris, France, 320 p.

📖 LOI n° 2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages : <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/loi/2016/8/8/DEV1400720L/jo/texte>

📖 QUÉTIER, F., MOURA, C., MENUT, T., BOULNOIS, R., RUFRAJ, X., 2015, La compensation écologique fonctionnelle : innover pour mieux traiter les impacts résiduels des projets d'aménagements sur la biodiversité, [online], *Sciences Eaux & Territoires, numéro 17, L'innovation ouverte au service de l'environnement*, p. 24-29, disponible sur : <http://www.set-revue.fr/la-compensation-ecologique-fonctionnelle-innover-pour-mieux-traiter-les-impacts-residuels-des> (consulté le 08/11/2016).