

RAPPORT



Synthèse des

MESURES POSSIBLES pour favoriser
L'ADAPTATION DE LA BIODIVERSITE
AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

basée sur Prober *et al.* (2019) et Heller & Zavaleta (2009)



Auteurs

Joseph Langridge, Romain Sordello et Yorick Reyjol (UMS PatriNat : OFB, CNRS, MNHN)

Relecture et mise en page

Christine Coudurier, Anne-Cerise Tissot et Sylvie Tourdiat (Réserves Naturelles de France)

Citation

LANGRIDGE J., SORDELLO R., REYJOL Y., 2020. Synthèse des mesures possibles pour favoriser l'adaptation de la biodiversité au changement climatique basée sur Prober *et al.* (2019) et Heller & Zavaleta (2009). LIFE NaturAdapt - Rapport de l'UMS Patrinat (MNHN, CNRS, OFB). 24p.

Table des matières

INTRODUCTION	4
I. Présentation des deux articles	5
II. Les grands types de mesures d'adaptation	6
III. Les mesures possibles	11
• Limiter les impacts 	11
1. Gérer les changements de température, la disponibilité de l'eau ou le niveau de la mer	11
2. Gérer les régimes de perturbation afin d'orienter les changements	12
3. Éviter / limiter la détérioration des conditions d'établissement d'espèces végétales	13
4. Eviter / Réduire la perte de fonctionnalités.....	13
• Augmentation de la capacité d'adaptation	15
5. Favoriser l'adaptation génétique <i>in situ</i> des espèces indigènes locales.....	15
6. Lutter contre la perte d'espèces et de fonctions.....	15
7. Favoriser la disponibilité d'habitats actuelle et future.	16
8. Assister la dispersion vers les habitats adaptés et refuges isolés.....	17
9. Atténuer les facteurs de stress non-climatiques	18
IV. Hiérarchisation des mesures.....	19
V. Conclusions	21
BIBLIOGRAPHIE.....	22

INTRODUCTION

Comment devrions-nous modifier nos stratégies de protection de la biodiversité pour faire face au changement climatique ?

Les deux études présentées dans cette note abordent précisément cette question en faisant un état des lieux des différentes mesures d'adaptation publiées dans la littérature scientifique.

Les stratégies d'adaptation ont été définies au sens large comme l'ajustement des systèmes humains ou naturels – y compris les structures, les fonctionnements et les pratiques – au changement climatique (GIEC, 2007)¹.

Les auteurs des deux études ont, dans ce contexte, analysé les publications (de plus en plus nombreuses) traitant spécifiquement de la gestion de la biodiversité et de l'adaptation aux changements climatiques, afin de proposer une **typologie de mesures d'intervention possibles**.

¹ IPCC, 2007b. Climate Change 2007 – Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press, Cambridge.



I. Présentation des deux articles

Un premier article de synthèse sur l'adaptation de la biodiversité face au changement climatique est paru en 2009 dans *Biological Conservation*, par Heller & Zavaleta². Ces auteurs ont mené une recherche d'articles scientifiques à partir de la base de littérature *Web of Science* en utilisant les mots clefs : « changement climatique » et « réchauffement climatique » (et tous les synonymes possibles), croisés avec des termes tels que « gestion », « biodiversité », « adaptation », « conservation », « stratégie », « restauration », « planification », etc. Parmi les 281 articles trouvés, les auteurs ont analysé ceux qui ont fourni des recommandations explicites pour la gestion de biodiversité face aux changements climatiques.

Dix ans plus tard, en 2019, un deuxième article structurant a été publié par Prober *et al.*³ dans *Ecological Monographs*, journal scientifique de référence pour la communauté des écologues. Ce deuxième article avait lui aussi pour but de synthétiser les mesures d'adaptation proposées par la littérature scientifique, en ciblant cependant des mesures qui impliquent des interventions sur le terrain telles que le reboisement, la restauration des processus écologiques, ou des actions « préventives » (exemple : éviter le déboisement). Pour cela, la démarche d'une revue systématique en ciblant des articles disponibles dans la base *Web of Science* a été utilisée. Une équation de mots-clefs plus robuste que celle de Heller & Zavaleta (2009) a été proposée par les auteurs pour inclure les différents types de stratégies d'adaptation par type de milieu, en recourant à des termes tels que « forêt », « pâturage », « prairie », « lande », « garigues », « forêt tropicale », « marais », « eau douce », « ripisylves », « désert », etc. Ces mots ont ensuite été croisés avec d'autres mots-clefs : « changements climatiques », « réchauffement climatique » etc. Les auteurs ont obtenu 473 articles, qu'ils ont analysés pour proposer une typologie d'actions possibles.

² Heller, N. E., and E. S. Zavaleta. 2009. Biodiversity management in the face of climate change: a review of 22 years of recommendations. *Biological Conservation* 142:14–32. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.10.006>.

³ S. M. Prober, V. A. J. Doerr, L. M. Broadhurst, K. J. Williams, and F. Dickson. 2019. Shifting the conservation paradigm: a synthesis of options for renovating nature under climate change. *Ecological Monographs*. 89(1):e01333. <https://doi.org/10.1002/ecm.1333>



II. Les grands types de mesures d'adaptation

En 2009, Heller & Zavaleta distinguent deux grandes catégories de stratégies d'adaptation :

- (1) Les stratégies « **sans regret** », qui comprennent des mesures à mettre en place pour préserver la biodiversité, avec ou sans changement climatique, telles que « la mise en œuvre des corridors écologiques ».
- (2) Les stratégies « **proactives** », qui identifient quant à elles plus clairement une intervention forte de la part de l'homme. Par exemple « [en restauration] utiliser une diversité d'espèces plus élevée pour augmenter la résilience du système » ou « faciliter la dispersion d'espèces (c.-à-d. la translocation) ».

En 2019, Prober *et al.* gardent la même distinction que Heller & Zavaleta : « **sans regret** » vs. « **proactives** » mais rajoutent une dimension pour distinguer les propositions qui visent à :

- (1) « **augmenter la capacité d'adaptation** » des espèces et des milieux, ce qui désigne les stratégies, initiatives et mesures visant à réduire la vulnérabilité des systèmes naturels contre les effets du changement climatique ;
- (2) « **éviter/limiter de changer** » le fonctionnement des écosystèmes. Cela correspond à la politique ERC en France – c'est-à-dire à la prise en compte de l'environnement le plus tôt possible dans la conception d'un projet et avec une priorité donnée à l'évitement des impacts tout d'abord, puis à la réduction ensuite, et enfin à la compensation des impacts résiduels le cas échéant⁴.

En s'inspirant Heller & Zavaleta (2009), Prober *et al.* (2019) ont identifié 23 types de gestion de la biodiversité tirés de la littérature regroupés en quatre grands types d'intervention sur le milieu (A, B, C et D) :

Objectif de la mesure	Type de mesure	
	Sans regret	Proactives
Limitier les impacts	A (13%)	B (20%)
Améliorer la capacité d'adaptation	C (56%)	D (12%)

⁴ Ministère de la Transition écologique et solidaire. 2019. *Eviter, Réduire, et Compenser les impacts sur l'environnement*. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/eviter-reduire-et-compenser-impacts-sur-lenvironnement>.



- Catégorie A :

MESURES « SANS REGRET » POUR EVITER OU LIMITER LES CHANGEMENTS DE CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES (ET DE FONCTIONNEMENT ECOLOGIQUE), OU AMELIORER CES CONDITIONS EN VUE D'UN CHANGEMENT A VENIR.

Cette catégorie comprend des mesures de gestion dites « **sans regret** »* pour répondre directement aux changements environnementaux et aux changements de fonctionnement induits par le changement climatique:

- (1) éviter/limiter les impacts néfastes de changements de température, de précipitations ou du niveau de la mer,
- (2) gérer les perturbations naturelles,
- (3) éviter/limiter la dégradation des conditions d'établissement végétaux (c.-à-d. limiter l'artificialisation des sols),
- (4) limiter la perte des fonctions/services écosystémiques.

Au total, **13%** des cas notés dans l'ensemble des études (473) ** appartiennent à cette catégorie A.

Par exemple, le débroussaillage pourrait augmenter localement les températures et accroître la vulnérabilité au ruissellement dans certains milieux, donc c'est une pratique de gestion à limiter, idéalement à éviter. Dans les projets de restauration des ripisylves, le reboisement / la re-végétalisation peut être proposé(e) comme une mesure « sans regret » permettant de rétablir l'ombrage et donc de limiter la hausse de température des cours d'eau, ce qui a été confirmé comme ayant un effet positif pour les saumons, espèce affectionnant les eaux fraîches (*e.g.* Beechie *et al.* 2013⁵).

* En reprenant des travaux antérieurs (Ausden, 2014 ; Heller & Hobbs, 2014 ; Hagerman & Satterfield. 2014), Prober *et al.* (2019) définissent les mesures « sans regret » comme les mesures d'adaptation dont les coûts associés sont relativement réduits et dont les bénéfices sont importants. Bien qu'elles soient principalement réalisées dans le cadre des changements climatiques futurs prévus, ce sont des mesures avantageuses pour la conservation de la biodiversité, quel que soit le contexte climatique.

Pour en savoir plus :

Heller N. E. & Hobbs R.J. (2014). Development of a natural practice to adapt conservation goals to global change. *Conservation Biology* 28:696–704. <https://doi.org/10.1111/cobi.12269>

Hagerman S.M. & Satterfield T. (2014). Agreed but not preferred: expert views on taboo options for biodiversity conservation, given climate change. *Ecological Applications* 24:548-559. <https://doi.org/10.1890/13-0400.1>

Ausden M. (2014). Climate change adaptation: putting principles into practice. *Environmental Management* 54:685-698. <https://doi.org/10.1007/s00267-013-0217-3>

** Nombre d'études cumulées se référant à chaque type de mesure dans un échantillon de 473 études (nombre total de cas 1 304).

⁵ Beechie, T., et al. 2013. Restoring salmon habitat for a changing climate. *River Research and Applications* 29:939–960. <https://doi.org/10.1002/rra.2590>.



- Catégorie B :

MESURES « PROACTIVES » POUR EVITER OU LIMITER LES CHANGEMENTS DE CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES (ET DE FONCTIONNEMENT ECOLOGIQUE), OU AMELIORER CES CONDITIONS EN VUE D'UN CHANGEMENT A VENIR.

Les mesures dites « proactives » sont des mesures d'adaptation qui comportent une part d'incertitude et qui demandent une anticipation de futurs changements (il s'agit en quelques sortes d'un « pari » éclairé sur le futur et les réactions du milieu que l'on restaure). Ce type d'actions comporte une forte dimension **d'ingénierie écologique**.

Au total, **20%** des cas notés dans l'ensemble des articles appartient à cette catégorie B.

Les principes généraux pour catégorie B sont les mêmes que catégorie A. Cependant, comme précédemment mentionné, **les mesures proposées se concentrent plus sur des approches d'ingénierie des milieux.**

Exemples de propositions publiées dans la littérature : pour atténuer la hausse des températures vis-à-vis des amphibiens ou des poissons, on peut construire des structures d'ombrage (Capon *et al.* 2013⁶), ou gérer le déversement d'eau froide dans les cours d'eau en aval des barrages pour réduire la température de l'eau (*e.g.* Beechie *et al.* 2013).

- Catégorie C :

MESURES « SANS REGRET » POUR AUGMENTER LA CAPACITE D'ADAPTATION DES ESPECES ET DES MILIEUX VIS-A-VIS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE.

Les mesures dites « sans regret » pour renforcer la résilience et la capacité d'adaptation des espèces et des écosystèmes sont les interventions les plus largement citées (56 % des propositions dans la littérature scientifique) (Fig. 1).

Les principes généraux incluent :

- (5) l'augmentation de la capacité d'adaptation génétique *in situ*,
- (6) l'assurance contre la perte d'espèces et leurs fonctions,
- (7) la préservation de la disponibilité actuelle et future des habitats naturels,
- (8) la gestion de la dispersion vers des habitats propices,
- (9) la réduction des facteurs de stress non-climatiques.

⁶ Capon, S. J., et al. 2013. Riparian ecosystems in the 21st century: hotspots for climate change adaptation? *Ecosystems* 16:359–381. <https://www.jstor.org/stable/23501465>



Par exemple, la **protection et/ou la restauration d'espaces de grande superficie**, mesure « sans regret », assurera par ailleurs les flux de gènes nécessaire au maintien de populations viables (Hagerman et Saterfield, 2014⁷). Assurer une **connectivité du paysage** adéquate favorise elle aussi la migration naturelle des gènes et des individus vers des climats appropriés (Heller & Zavaleta 2009).

- Catégorie D :

MESURES « PROACTIVES » POUR AUGMENTER LA CAPACITE D'ADAPTATION DES ESPECES ET DES MILIEUX VIS-A-VIS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE.

Ici, les mesures concernent la mise en œuvre ou la proposition des mesures dites « proactives » afin de faciliter la réponse des espèces et des milieux au changement climatique. Au total, 12% des cas notés dans l'ensemble des articles appartient à cette catégorie D.

Les principes généraux pour catégorie D sont les mêmes que catégorie C. Cependant, ces mesures impliquent une intervention plus « intensive » et « interventionniste » que pour les mesures « sans regret » (Prober *et al.* 2019).

Par exemple, la **migration assistée** pour faciliter la dispersion des individus vers des habitats adéquats est proposée pour aider des espèces menacées d'extinction à s'établir dans les nouveaux milieux propices (Oliver *et al.* 2012⁸). D'autres interventions proposées incluent la sélection artificielle d'individus adaptés (Van Oppen *et al.* 2015⁹), ou le **génie génétique** (Dumroese *et al.* 2015¹⁰). Ce dernier est déjà pratiqué aux États-Unis pour le châtaignier d'Amérique (*Castanea dentata* (Marshall) Borkh.) en raison des ravages causés par l'agent du chancre du châtaignier (*Cryphonectria parasitica* (Murrill) Barr) afin de sélectionner génétiquement une résistance au ravageur invasif.

Le Tableau 1 liste les 23 mesures proposées de Prober *et al.* et le chapitre suivant les détaille.

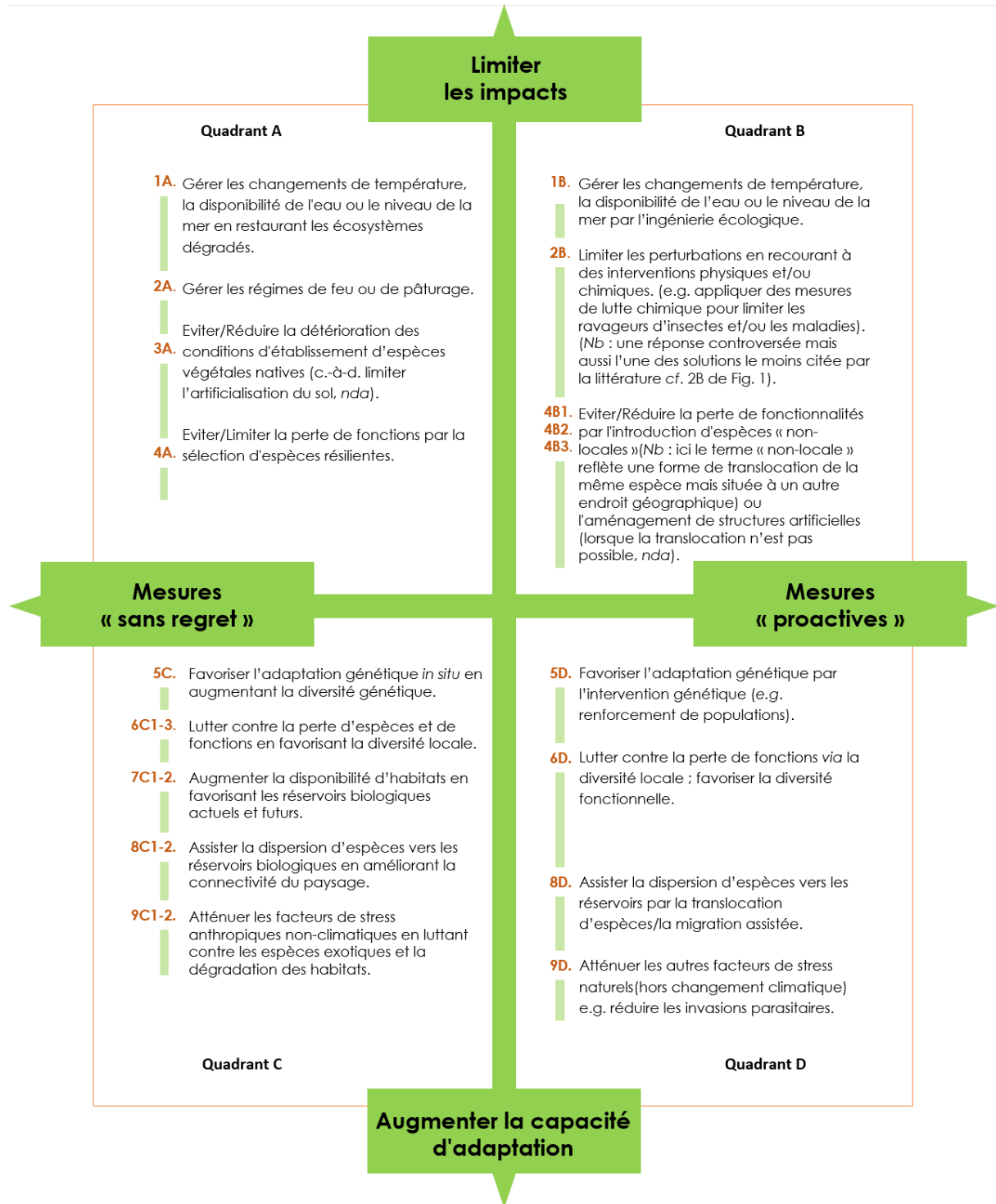
⁷ Hagerman, S. M., and T. Satterfield. 2014. Agreed but not preferred: expert views on taboo options for biodiversity conservation, given climate change. *Ecological Applications* 24:548–559. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24834740>.

⁸ Oliver, T. H., R. J. Smithers, S. Bailey, C. A. Walmsley, and K. Watts. 2012. A decision framework for considering climate change adaptation in biodiversity conservation planning. *Journal of Applied Ecology* 49:1247–1255. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12003>.

⁹ Van Oppen, M., Oliver, K., Putnam, H., Gates, R. 2015. Building coral reef resilience through assisted evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 112:2307–2313. 10.1073/pnas.1422301112.

¹⁰ Dumroese, K., Williams, M., Stanturf, J. St. Clair, B. 2015. Considerations for restoring temperate forests of tomorrow: Forest restoration, assisted migration, and bioengineering. *New Forests*. 46: 947-964. [10.1007/s11056-015-9504-6](https://doi.org/10.1007/s11056-015-9504-6).

Tableau 1 : Typologie des 23 mesures pour renforcer la résilience et la capacité d'adaptation de la biodiversité face au changement climatique, adapté de Heller & Zavaleta (2009) et Prober *et al.* (2019). Les quadrants « A » et « C » correspondent aux mesures de « sans regret ». Les quadrants « B » et « D » sont des mesures « proactives » et comportent un élément de risque. Les mesures sont numérotées en lien avec leur quadrant (1A à 9D). *NB :* Certaines mesures « proactives » sont plus basées sur la théorie que sur les expériences de terrain. La traduction choisie s'éloigne parfois de la version originale afin de rendre le texte plus facile à appréhender et davantage opérationnel.





III. Les mesures possibles

Prober *et al.* (2019) détaillent ensuite les 23 mesures qu'ils ont trouvées dans la littérature et donnent des exemples d'outils et d'actions spécifiques pour les mettre en œuvre.

Limiter les impacts

1. Gérer les changements de température, la disponibilité de l'eau ou le niveau de la mer

A. Mesures « sans regret »	B. Mesures « proactives »
<p style="text-align: center;">1A. Gérer les changements en restaurant les écosystèmes dégradés</p> <p>La restauration écologique des milieux dégradés est une mesure clé à adopter quel que soit le contexte climatique car dans tous les cas cette action ne sera pas inutile. Les mesures allant dans ce sens, sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Restaurer le couvert végétal pour aider à diminuer les températures locales. • Restaurer les processus biophysiques du sol et du paysage pour optimiser le captage de l'eau du sol dans les milieux secs. • Eviter/réduire les drainages artificiels pour augmenter la disponibilité de l'eau dans les milieux secs. • Restaurer la végétation côtière (e.g. mangroves) pour augmenter le taux de sédimentation lorsque le niveau marin monte. 	<p style="text-align: center;">1B. Gérer les changements par l'ingénierie écologique</p> <p>Il s'agit ici de diverses mesures qui reposent en quelques sortes sur un « pari » face à l'avenir et qui sont proposées par la littérature scientifique. Ces mesures sont dites « proactives » (« <i>last resort</i> » en anglais) car il s'agit d'interventions plus urgentes/intensives à mettre en œuvre lorsque les mesures « sans regret » ne sont plus considérées comme efficaces :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construire des structures d'ombrage artificielles pour réduire les températures locales (Capon <i>et al.</i> 2013). • Irriguer. • Réaliser des éclaircies sélectives des peuplements d'arbres pour réduire les besoins en eau des écosystèmes forestiers. • Concevoir des barrières côtières (y compris l'alimentation en sable des plages) ou des systèmes de contrôle pour limiter les inondations.



2. Gérer les régimes de perturbation afin d'orienter les changements

A. Mesures « sans regret »	B. Mesures « proactives »
<p style="text-align: center;">2A. Gérer les régimes de feu et de pâturage</p> <p>Pour les habitats déjà sensibles aux incendies, on prédit que les températures seront plus élevées et que les saisons des incendies seront plus longues (Abella <i>et al.</i> 2007¹¹, Colloff <i>et al.</i> 2016¹²).</p> <p>Des modes de gestion « sans regrets » sont proposés pour faire face à ce risque. Il s'agit de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limiter l'augmentation en fréquence ou l'étendue des feux par une gestion favorisant des densités de peuplement plus faibles, ou réduire le risque d'incendies en limitant l'accès des visiteurs. • Maintenir des petits feux de basse intensité pour limiter l'installation des arbustes envahissants. <p>Le changement climatique pourrait modifier les interactions entre la végétation et les herbivores. Des mesures « sans regret » telles que des moyens pour limiter le surpâturage pourraient être envisagées :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gérer les interactions entre la végétation et le pâturage. (<i>e.g.</i> réduire la pression de pâturage par les herbivores en réintroduisant des prédateurs). 	<p style="text-align: center;">2B. Gérer les régimes de perturbations en utilisant des interventions physiques ou chimiques</p> <p>Les mesures citées par la littérature sont orientées sur</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) l'abattage pour limiter l'augmentation problématique des herbivores, (2) une lutte chimique contre des ravageurs, et (3) l'introduction des espèces (cf. 4B1-2). <p>Ce sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limiter les dégâts du gibier sur les arbres et arbustes en procédant, par exemple, à l'abattage d'un certain nombre d'individus. • Appliquer des mesures de lutte chimique ou éclaircir les arbres pour lutter contre les insectes nuisibles et des maladies.

¹¹ Abella, S. R., W. W. Covington, P. Z. Fule, L. B. Lentile, A. J. S. Meador, and P. Morgan. 2007. Past, present, and future old growth in frequent-fire conifer forests of the Western United States. *Ecology and Society* 12:16. <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art16/>.

¹² Colloff, M. J., M. D. Doherty, S. Lavorel, M. Dunlop, R. M. Wise, and S. M. Prober. 2016. Adaptation services and pathways for the management of temperate montane forests under transformational climate change. *Climatic Change* 138:267–282. <http://dx.doi.org/10.1007/s10584-016-1724-z>.



3. Éviter / limiter la détérioration des conditions d'établissement d'espèces végétales

A. Mesures « sans regret »	B. Mesures « proactives »
<p style="text-align: center;">3A.</p> <p style="text-align: center;">Éviter/Réduire la détérioration des conditions d'établissement d'espèces végétales en utilisant des méthodes stratégiques pour replanter et restaurer</p> <p>Comme la phase de germination et d'établissement sont des périodes les plus vulnérables du cycle de vie d'espèces végétales, (Chmura <i>et al.</i> 2011¹³) plusieurs mesures visant à favoriser leurs établissements sont proposées par la littérature :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Replanter les semis/plantules pour éviter la phase de germination des graines. • Restaurer des micro-habitats de plantation frais ou humides (<i>e.g.</i> en utilisant des paillis). • Replanter lors des années de fortes précipitations ou sur plusieurs années. • Ajuster la saison de plantation en fonction des changements climatiques. 	

4. Éviter / Réduire la perte de fonctionnalités

A. Mesures « sans regret »	B. Mesures « proactives »
<p style="text-align: center;">4A.</p> <p style="text-align: center;">Éviter / Réduire la perte de fonctions par la sélection d'espèces résilientes</p> <p>Puisque les changements climatiques deviennent de moins en moins favorables, il est possible que les espèces jouant un rôle écologique important seront dans l'incapacité de persister dans le temps (Prober <i>et al.</i>, 2012¹⁴), ce qui menacera la viabilité continue des espèces qui en dépendent :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>e.g.</i> lors des projets de restauration ou dans un contexte de gestion forestière, utiliser des espèces locales résilientes dont on s'attend à ce qu'elles 	<p style="text-align: center;">4B1.</p> <p style="text-align: center;">Favoriser « l'introduction fonctionnelle » de populations non locales de la même espèce :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Favoriser le flux de gènes depuis des populations adaptées à des températures plus élevées vers les populations en péril de la même espèce (Prober <i>et al.</i> 2012). <p>Quand le changement climatique deviendra plus sévère :</p> <p style="text-align: center;">4B2.</p> <p style="text-align: center;">Favoriser « l'introduction fonctionnelle » des espèces non locales</p>

¹³ Chmura, D. J., P. D. Anderson, G. T. Howe, C. A. Harrington, J. E. Halofsky, D. L. Peterson, D. C. Shaw, and J. B. St Clair. 2011. Forest responses to climate change in the northwestern United States: ecophysiological foundations for adaptive management. *Forest Ecology and Management* 261:1121– 1142. <http://pnwtirc.forestry.oregonstate.edu/forest-responses-climate-change-northwestern-united-states-ecophysiological-foundations-adaptive>.

¹⁴ Prober, S. M., et al. 2012. Facilitating adaptation of biodiversity to climate change: a conceptual framework applied to the world's largest Mediterranean-climate woodland. *Climatic Change* 110:227–248. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-011-0092-y>; <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-011-0092-y>.



continuent d'assurer des fonctions-clés (e.g. : pollinisation, *nda*).

(si une espèce ayant des fonctions écologiques importantes est en péril, il peut être nécessaire de renforcer sa population avec les individus de la même espèce (Prober et al., 2012). Cependant, lorsqu'une espèce locale ne pourra plus assurer le fonctionnement d'un habitat donné, il peut être envisagé de choisir une « nouvelle » espèce qui pourrait la remplacer et qui serait capable de maintenir la même fonction écologique.

(*Nb.* cela désigne une « espèce de remplacement » qui se traduit par l'introduction ou la migration assistée, c'est-à-dire à transloquer une espèce vers une nouvelle aire en dehors de son aire de répartition historique) : *Nb* : ces mesures sont avant tout conseillées dans des contextes forestiers.

E.g. « Alligator River National Wildlife Refuge » : des espèces d'arbres non locales, tolérantes à la salinité et aux inondations, ont été introduites dans les forêts côtières de Caroline du Nord aux Etats-Unis, afin de préserver des habitats pocosins* menacés par l'élévation du niveau de la mer (Lin et Petersen 2013¹⁵). Les mesures « proactives » allant dans ce sens, sont :

- *e.g.* Planter d'autres espèces d'arbres pour remplacer les rôles écologiques potentiellement perdus.
- *e.g.* Planter des espèces d'arbres pionniers (avec une forte croissance) pour faire face à l'augmentation éventuelle des incendies.
- *e.g.* Introduire d'autres espèces pour maintenir les interactions trophiques.

4B3.

Mettre en place des « éco structures »

- *e.g.* installer les nichoirs artificiels ou des structures creusées pour aider à maintenir l'habitat de la faune associée.

*Le pocosin est une zone humide composée de terres acides, de sable et de tourbe que l'on retrouve principalement le long de la côte de Caroline du Nord¹⁶

¹⁵ Lin, B. B., and B. Petersen. 2013. Resilience, regime shifts, and guided transition under climate change: examining the practical difficulties of managing continually changing systems. *Ecology and Society* 18:28. <https://www.ecologyandsociety.org/vol18/iss1/art28/>.

¹⁶ Manning, P. 1993. *Afoot in the South: walks in the natural areas of North Carolina*. Winston-Salem, N.C. : J.F. Blair.

Augmentation de la capacité d'adaptation

5. Favoriser l'adaptation génétique *in situ* des espèces indigènes locales

C. Mesures « sans regret »	D. Mesures « proactives »
<p style="text-align: center;">5C. Favoriser l'adaptation en améliorant la diversité génétique</p> <p>(Fady <i>et al</i> (2016)¹⁷ estiment que, lorsque les changements climatiques ne sont pas trop prononcés, la diversité génétique locale est susceptible d'être adéquate). Ainsi, les mesures proposées sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Favoriser la connectivité, préserver les aires de grande superficie. • Utiliser du « matériel » génétique diversifié dans le cas d'opérations de restauration écologique (<i>e.g.</i> lors de la plantation d'arbres, <i>nda</i>). • Appliquer des régimes de gestion diversifiés pour favoriser des génotypes variés. 	<p style="text-align: center;">5D. Favoriser l'adaptation par des interventions génétiques.</p> <p>(Inversement de Fady <i>et al.</i> (2016), Dumroese <i>et al.</i> (2015)¹⁸, et d'autres auteurs, suggèrent que certaines populations ne seront pas capables de s'adapter suffisamment vite face au changement climatique.</p> <p>Par conséquent, ils soutiennent que des mesures génétiques « proactives » seront nécessaires pour faciliter l'adaptation) (c'est à dire réaliser la translocation, <i>nda</i>). Ceci est en lien avec la mesure 4-B2.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduire du « matériel génétique » plus diversifié ou mieux adapté au climat local (actuel et/ou futur). • Gérer des temps de génération courts pour accélérer l'adaptation, <i>e.g.</i> en utilisant des intervalles de feux ou de récoltes courts.

6. Lutter contre la perte d'espèces et de fonctions

C. Mesures « sans regret »	D. Mesures « proactives »
<p style="text-align: center;">6C1. Favoriser la redondance écologique à l'échelle du site.</p> <p>(La diversité fonctionnelle et structurelle des espèces est une caractéristique largement reconnue pour assurer la résilience des écosystèmes (Folke <i>et al.</i> 2004)¹⁹. Par exemple, les forêts mixtes en termes d'essences végétales, d'âges et de structures sont plus</p>	<p style="text-align: center;">6D. Favoriser la redondance des fonctions écologiques à l'échelle du site en favorisant la diversité des espèces -natives- non locales.</p> <p>(Bien que l'utilisation d'espèces non locales plutôt que locales pour favoriser la diversité ait rarement été explicitement citée (0,1 % des cas ; Duveneck et Scheller</p>

¹⁷ Fady, B., J. Cottrell, L. Ackzell, R. Alia, B. Muys, A. Prada, and S. C. Gonzalez-Martinez. 2016. Forests and global change: what can genetics contribute to the major forest management and policy challenges of the twenty-first century? *Regional Environmental Change* 16:927–939. [10.1007/s10113-015-0843-9](https://doi.org/10.1007/s10113-015-0843-9).

¹⁸ Dumroese, R. K., M. I. Williams, J. A. Stanturf, and J. B. S. Clair. 2015. Considerations for restoring temperate forests of tomorrow: forest restoration, assisted migration, and bioengineering. *New Forests* 46:947–964. [10.1007/s11056-015-9504-6](https://doi.org/10.1007/s11056-015-9504-6).

¹⁹ Folke, C., S. Carpenter, B. Walker, M. Scheffer, T. Elmqvist, L. Gunderson, and C. S. Holling. 2004. Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annual Review of Ecology and Systematics* 35:211–244. [10.1146/annurev.ecolsys.35.021103.105711](https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.021103.105711).



résistantes aux perturbations (Brang *et al.*, 2014²⁰). Ainsi, des mesures « sans regret » possibles sont :

- Planter une diversité d'espèces locales pour la restauration écologique.
- Favoriser la diversité par la gestion (*e.g.* régime de feux, éclaircies dans un contexte forestier).

6C2.

Renforcer la redondance spatiale :

- Conserver, gérer ou restaurer des aires de grandes superficies.
- Conserver, gérer ou restaurer plusieurs sites simultanément.
- Favoriser la création de populations *ex situ*, *e.g.* zoos/banques de graines.

6C3.

Se préparer aux situations d'urgence en permettant des réponses rapides :

- Mieux se préparer à intervenir en cas d'événements imprévus tels que les feux de cimes en forêt, les inondations ou les cyclones.

2015²¹), de telles stratégies peuvent être envisagées dans certains contextes (par exemple, La sylviculture, (Brang *et al.*, 2014)):

- Augmenter une diversité d'espèces non-locales lors de restauration écologique si les espèces locales ont peu de chances de persister dans un contexte de changement climatique.

7. Favoriser la disponibilité d'habitats actuelle et future.

C. Mesures « sans regret »	D. Mesures « proactives »
<p style="text-align: center;">7C1. Protéger, gérer ou restaurer une diversité d'habitats actuels et futurs potentiels.</p> <p>Cibler les zones où le changement climatique devrait être de faible intensité est une approche sans regret. Une attention particulière est souvent accordée à la gestion ou à la restauration des habitats susceptibles de servir de « refuge climatique » (Keppel <i>et al.</i>, 2012)²²)</p>	

²⁰ Brang, P., et al. 2014. Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. *Forestry* 87:492–503. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpu018>.

²¹ Duveneck, M. J., and R. M. Scheller. 2015. Climate-suitable planting as a strategy for maintaining forest productivity and functional diversity. *Ecological Applications* 25:1653–1668. [10.1890/14-0738.1](https://doi.org/10.1890/14-0738.1).

²² Keppel, G., K. P. Van Niel, G. W. Wardell-Johnson, C. J. Yates, M. Byrne, L. Mucina, A. G. T. Schut, S. D. Hopper, and S. E. Franklin. 2012. Refugia: identifying and understanding safe havens for biodiversity under climate change. *Global Ecology and Biogeography* 21:393–404. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00686.x>.



<p style="text-align: center;">7C2.</p> <p>Faciliter la persistance des espèces en ciblant des sites a priori plus « résistants » au climat :</p> <ul style="list-style-type: none"> Protéger, gérer ou restaurer des zones résilientes au changement climatique <i>e.g.</i> les zones plus froides des aires de répartition des espèces (refuges climatiques), des zones non menacées par les inondations côtières. 	
---	--

8. Assister la dispersion vers les habitats adaptés et refuges isolés.

C. Mesures « sans regret »	D. Mesures « proactives »
<p style="text-align: center;">8C1.</p> <p style="text-align: center;">Modifier la connectivité du paysage.</p> <p>(Favoriser les flux naturels des gènes et des individus vers des « climats » / habitats plus propices en assurant une connectivité adéquate est l'action la plus largement proposée pour aider la biodiversité à s'adapter au changement climatique (12% des cas ; Heller et Zavaleta 2009 et >150 études dans Prober <i>et al.</i>, 2019 : <i>cf.</i> Fig 1). Ainsi :</p> <ul style="list-style-type: none"> Favoriser la connectivité écologique (reboisement, restauration des corridors, <i>etc.</i>). Réduire l'impact de la fragmentation artificielle du paysage. <p style="text-align: center;">8C2.</p> <p style="text-align: center;">Favoriser l'hétérogénéité spatiale :</p> <ul style="list-style-type: none"> Assurer la disponibilité et l'accessibilité de divers habitats aux espèces. 	<p style="text-align: center;">8D.</p> <p style="text-align: center;">Aider les espèces à atteindre et à s'établir dans des milieux appropriés en dehors de leur aire de répartition actuelle.</p> <p>A prendre en considération lorsqu'il est probable que la dispersion naturelle soit limitée à cause d'un paysage trop fragmenté (Oliver <i>et al.</i>, 2012²³):</p> <ul style="list-style-type: none"> Favoriser la colonisation assistée, la translocation d'espèces.

²³ Oliver, T. H., R. J. Smithers, S. Bailey, C. A. Walmsley, and K. Watts. 2012. A decision framework for considering climate change adaptation in biodiversity conservation planning. *Journal of Applied Ecology* 49:1247–1255. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12003>.



9. Atténuer les facteurs de stress non-climatiques

C. Mesures « sans regret »	D. Mesures « proactives »
<p style="text-align: center;">9C1.</p> <p style="text-align: center;">Contrôle d'invasions exotiques non-désirées.</p> <p>Le changement climatique ne représente qu'une des nombreuses pressions anthropiques sur la biodiversité et les écosystèmes. Ainsi, la réduction des facteurs de stress anthropiques non liés au climat est indispensable et peu risquée (« sans regret ») dans le sens où ces actions sont préconisées avec ou sans changement climatique. Il s'agit donc de renforcer la résistance des espèces et écosystèmes au changement climatique (Baron <i>et al.</i>, 2009²⁴).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des mesures axées sur les espèces, telles que la lutte biologique (un moyen de réduire les espèces exotiques envahissantes qui sont probablement des concurrentes ou des prédateurs des espèces indigènes (Driscoll <i>et al.</i> 2012²⁵). <p style="text-align: center;">9C2.</p> <p style="text-align: center;">Eviter/limiter la dégradation des milieux naturels :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limiter la salinisation, l'érosion, la sédimentation, l'augmentation des polluants. • Réintroduire des prédateurs ou d'autres espèces « clés de voute » pour restaurer l'équilibre des écosystèmes. 	<p style="text-align: center;">9D.</p> <p style="text-align: center;">Atténuer les facteurs de stress naturels pour aider les espèces ou écosystèmes à persister face au changement climatique :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atténuer l'impact des maladies naturelles, des concurrents ou des prédateurs. • Apport artificiel de nourriture aux animaux afin de compenser les effets du stress climatique.

²⁴ Baron, J. S., L. Gunderson, C. D. Allen, E. Fleishman, D. McKenzie, L. A. Meyerson, J. Oropeza, and N. Stephenson. 2009. Options for national parks and reserves for adapting to climate change. *Environmental Management* 44:1033–1042. [10.1007/s00267-009-9296-6](https://doi.org/10.1007/s00267-009-9296-6).

²⁵ Driscoll, D. A., A. Felton, P. Gibbons, A. M. Felton, N. T. Munro, and D. B. Lindenmayer. 2012. Priorities in policy and management when existing biodiversity stressors interact with climate-change. *Climatic Change* 111:533–557. [10.1007/s10584-011-0170-1](https://doi.org/10.1007/s10584-011-0170-1).

IV. Hiérarchisation des mesures

Les auteurs des deux études ont compté le nombre de fois où chaque mesure apparaît ou est citée dans la littérature (cf. Fig. 1). Sur 473 études dans Prober *et al.* (2019), la recommandation la plus suggérée par les scientifiques est **l'amélioration de la connectivité du paysage** afin de permettre la dispersion des animaux vers les habitats propices à la réalisation de leur cycle vital. Les recommandations les moins citées sont celles qui comportent une notion de « pari » sur l'avenir, et concernent les **approches d'ingénieries** (Fig. 1). Concernant l'étude de Heller et Zavaleta (2009), selon leur hiérarchisation de recommandations, l'amélioration de la connectivité est également la mesure la plus largement citée (Tableau 2).

Fig.1 : Nombre d'études proposant chaque type de mesure sur les 473 études rassemblées par Prober *et al.* 2019.

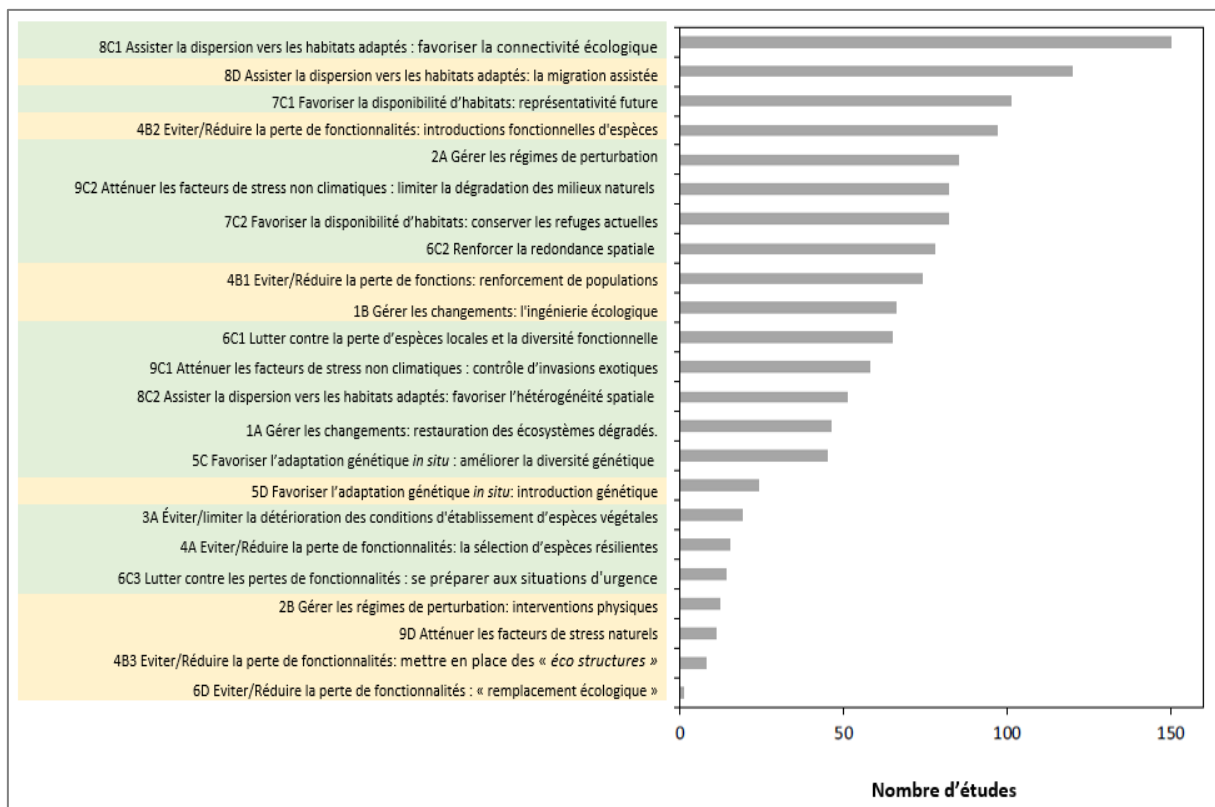


Tableau 2 : Liste des 10 recommandations les plus citées dans la littérature d'après Heller et Zavaleta (2009).

Rang	Recommandation	Nombre d'articles
1	<ul style="list-style-type: none"> « Augmenter la connectivité du paysage » : concevoir des corridors, limiter les barrières à la dispersion, établir les réserves à proximité les unes des autres, faire du reboisement, etc. 	24
2	<ul style="list-style-type: none"> « Intégrer le changement climatique dans les plans de gestion » 	19
3	<ul style="list-style-type: none"> « Atténuer d'autres menaces à la biodiversité » : espèces envahissantes, fragmentation, pollution, etc. 	17
4	<ul style="list-style-type: none"> « Étudier les réponses physiologiques, comportementales, et démographiques des espèces aux changements climatiques ». « Pratiquer une gestion proactive pour sécuriser des populations » (translocations d'espèces). 	15
5	<ul style="list-style-type: none"> « Augmenter le nombre de Réserves naturelles » 	13
6	<ul style="list-style-type: none"> « Améliorer la coordination inter-institutions et inter-régions » 	12
7	<ul style="list-style-type: none"> « Augmenter et maintenir les programmes d'inventaire dans les réserves ». « Pratiquer la gestion adaptative ». « Protéger de vastes zones, augmenter la taille des réserves ». 	11
8	<ul style="list-style-type: none"> « Créer et gérer des zones tampons autour des réserves ». 	10
9	<ul style="list-style-type: none"> « Créer des réseaux de réserves écologiques de grandes réserves, reliées par de petites réserves, disposées en pas japonais ». « Restaurer davantage les terres humides, les rivières et l'hétérogénéité du paysage ». « Atténuer les pratiques d'utilisation des terres pour favoriser l'hétérogénéité du paysage ». 	8
10	<ul style="list-style-type: none"> « Adopter une perspective régionale et à long terme dans la planification, la modélisation et la gestion ». « Étudier la répartition actuelle et historique des espèces ». « Étudier la dispersion des espèces et l'utilisation de l'espace, le flux de gènes, les taux de migration ». 	7

V. Conclusions

Il apparaît donc que certains types de mesures d'intervention dominent largement la littérature : les mesures dénommées ici « **sans regret** », telles que le **maintien/l'amélioration de la connectivité**, visant à **renforcer la capacité des espèces et des écosystèmes à persister ou à s'adapter (catégorie C) ont bénéficié d'environ trois fois plus de réflexion dans la littérature que toute autre type d'intervention** (ce qui ne signifie pas *nécessairement* que ce sont celles qui fonctionnent le mieux, mais ce sont en tous cas celles qui stimulent le plus la curiosité des scientifiques).

La littérature scientifique sur les mesures d'intervention visant les **mesures « proactives »** s'est multipliée au cours des dernières années, le nombre d'articles citant ces types de mesures allant de 49 à 77 par an depuis 2011 (Prober *et al.* 2019). **Deux types de mesures « proactives » figurent parmi les mesures de gestion les plus fréquemment suggérées : la translocation sous forme de migrations assistées et d'introductions** (cf. 4B1-2 et fig. 1). Cependant, de telles interventions manquent encore de retours d'expériences et devraient être menées avec prudence (Prober *et al.* 2019).

Par ailleurs, il existe encore **peu de données empiriques issues du terrain**. La plupart des idées d'intervention sont tirées de la théorie plutôt que de l'expérience du terrain, y compris pour la connectivité, concept stimulant intellectuellement dans le monde académique mais trop peu éprouvé par des mises en pratique. On constate ainsi que 42 % des propositions sont fondées sur la théorie, les connaissances d'experts et/ou la littérature, 27% sont basés sur la simulation ou la modélisation, et **seulement 9% des propositions s'appuient explicitement sur les données de terrain** (Prober *et al.* 2019).

Néanmoins, **les mesures « sans regret »** continuent d'être les réponses au changement climatique les plus souvent citées : elles sont souvent préférées par les gestionnaires de réserves, car logiquement perçues comme « moins risquées » (Wilby *et al.* 2010²⁶ ; Hagerman *et al.* 2014²⁷). Reste à définir si ces types de mesures seront suffisants dans un contexte de changement climatique de plus en plus prégnant, ou si des mesures classiquement perçues comme « plus risquées » comme la translocation, s'avèreront pertinentes voire incontournables dans ce contexte.

²⁶ Wilby, R. L., et al. 2010. Evidence needed to manage freshwater ecosystems in a changing climate: Turning adaptation principles into practice. *Science of the Total Environment*. 408: 4150–4164. [10.1016/j.scitotenv.2010.05.014](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.05.014)

²⁷ Hagerman, S. M., and T. Satterfield. 2014. Agreed but not preferred: expert views on taboo options for biodiversity conservation, given climate change. *Ecological Applications* 24:548–559. <https://doi.org/10.1890/13-0400.1>

BIBLIOGRAPHIE

- I. Abella, S. R., W. W. Covington, P. Z. Fule, L. B. Lentile, A. J. S. Meador, and P. Morgan. 2007. Past, present, and future old growth in frequent-fire conifer forests of the Western United States. *Ecology and Society* 12:16. <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art16/>.
- II. Baron, J. S., L. Gunderson, C. D. Allen, E. Fleishman, D. McKenzie, L. A. Meyerson, J. Oropeza, and N. Stephenson. 2009. Options for national parks and reserves for adapting to climate change. *Environmental Management* 44:1033–1042. [10.1007/s00267-009-9296-6](https://doi.org/10.1007/s00267-009-9296-6).
- III. Beechie, T., et al. 2013. Restoring salmon habitat for a changing climate. *River Research and Applications* 29:939–960. <https://doi.org/10.1002/rra.2590>.
- IV. Brang, P., et al. 2014. Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. *Forestry* 87:492–503. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpu018>.
- V. Capon, S. J., et al. 2013. Riparian ecosystems in the 21st century: hotspots for climate change adaptation? *Ecosystems* 16:359–381. <https://www.jstor.org/stable/23501465>
- VI. Chmura, D. J., P. D. Anderson, G. T. Howe, C. A. Harrington, J. E. Halofsky, D. L. Peterson, D. C. Shaw, and J. B. St Clair. 2011. Forest responses to climate change in the northwestern United States: ecophysiological foundations for adaptive management. *Forest Ecology and Management* 261:1121–1142. <http://pnwtirc.forestry.oregonstate.edu/forest-responses-climate-change-northwestern-united-states-ecophysiological-foundations-adaptive>.
- VII. Colloff, M. J., M. D. Doherty, S. Lavorel, M. Dunlop, R. M. Wise, and S. M. Prober. 2016. Adaptation services and pathways for the management of temperate montane forests under transformational climate change. *Climatic Change* 138:267–282. <http://dx.doi.org/10.1007/s10584-016-1724-z>.
- VIII. Driscoll, D. A., A. Felton, P. Gibbons, A. M. Felton, N. T. Munro, and D. B. Lindenmayer. 2012. Priorities in policy and management when existing biodiversity stressors interact with climate-change. *Climatic Change* 111:533–557. [10.1007/s10584-011-0170-1](https://doi.org/10.1007/s10584-011-0170-1).
- IX. Dumroese, K., Williams, M., Stanturf, J. St. Clair, B. 2015. Considerations for restoring temperate forests of tomorrow: Forest restoration, assisted migration, and bioengineering. *New Forests*. 46: 947-964. [10.1007/s11056-015-9504-6](https://doi.org/10.1007/s11056-015-9504-6).
- X. Duveneck, M. J., and R. M. Scheller. 2015. Climate-suitable planting as a strategy for maintaining forest productivity and functional diversity. *Ecological Applications* 25:1653–1668. [10.1890/14-0738.1](https://doi.org/10.1890/14-0738.1).
- XI. Fady, B., J. Cottrell, L. Ackzell, R. Alia, B. Muys, A. Prada, and S. C. Gonzalez-Martinez. 2016. Forests and global change: what can genetics contribute to the major forest management and policy challenges of the twenty-first century? *Regional Environmental Change* 16:927–939. [10.1007/s10113-015-0843-9](https://doi.org/10.1007/s10113-015-0843-9).
- XII. Folke, C., S. Carpenter, B. Walker, M. Scheffer, T. Elmqvist, L. Gunderson, and C. S. Holling. 2004. Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annual Review of Ecology and Systematics* 35:021103. [10.1146/annurev.ecolsys.35.021103.105711](https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.021103.105711).
- XIII. Hagerman, S. M., and T. Satterfield. 2014. Agreed but not preferred: expert views on taboo options for biodiversity conservation, given climate change. *Ecological Applications* 24:548–559. <https://doi.org/10.1890/13-0400.1>
- XIV. Hagerman, S. M., and T. Satterfield. 2014. Agreed but not preferred: expert views on taboo options for biodiversity conservation, given climate change. *Ecological Applications* 24:548–559. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24834740>.

- XV. Heller, N. E., and E. S. Zavaleta. 2009. Biodiversity management in the face of climate change: a review of 22 years of recommendations. *Biological Conservation* 142:14–32. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.10.006>.
- XVI. IPCC, 2007b. *Climate Change 2007 – Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge.
- XVII. Keppel, G., K. P. Van Niel, G. W. Wardell-Johnson, C. J. Yates, M. Byrne, L. Mucina, A. G. T. Schut, S. D. Hopper, and S. E. Franklin. 2012. Refugia: identifying and understanding safe havens for biodiversity under climate change. *Global Ecology and Biogeography* 21:393–404. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00686.x>.
- XVIII. Lin, B. B., and B. Petersen. 2013. Resilience, regime shifts, and guided transition under climate change: examining the practical difficulties of managing continually changing systems. *Ecology and Society* 18:28. <https://www.ecologyandsociety.org/vol18/iss1/art28/>.
- XIX. Manning, P. 1993. *Afoot in the South: walks in the natural areas of North Carolina*. Winston-Salem, N.C. : J.F. Blair.
- XX. Ministère de la Transition écologique et solidaire. 2019. Eviter, Réduire, et Compenser les impacts sur l'environnement. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/eviter-reduire-et-compenser-impacts-sur-lenvironnement>.
- XXI. Oliver, T. H., R. J. Smithers, S. Bailey, C. A. Walmsley, and K. Watts. 2012. A decision framework for considering climate change adaptation in biodiversity conservation planning. *Journal of Applied Ecology* 49:1247–1255. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12003>.
- XXII. Prober, S. M., et al. 2012. Facilitating adaptation of biodiversity to climate change: a conceptual framework applied to the world's largest Mediterranean-climate woodland. *Climatic Change* 110:227–248. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-011-0092-y>; <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-011-0092-y>.
- XXIII. S. M. Prober, V. A. J. Doerr, L. M. Broadhurst, K. J. Williams, and F. Dickson. 2019. Shifting the conservation paradigm: a synthesis of options for renovating nature under climate change. *Ecological Monographs*. 89(1):e01333. <https://doi.org/10.1002/ecm.1333>
- XXIV. Van Oppen, M., Oliver, K., Putnam, H., Gates, R. 2015. Building coral reef resilience through assisted evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 112:2307–2313. [10.1073/pnas.1422301112](https://doi.org/10.1073/pnas.1422301112).
- XXV. Wilby, R. L., et al. 2010. Evidence needed to manage freshwater ecosystems in a changing climate: Turning adaptation principles into practice. *Science of the Total Environment*. 408: 4150–4164. [10.1016/j.scitotenv.2010.05.014](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.05.014)



Le projet LIFE NaturAdapt vise à intégrer, en innovant sur la base des ressources existantes, les enjeux du changement climatique dans la gestion des espaces naturels protégés européens. Prévu sur 5 ans (2018-2023), il est coordonné par Réserves Naturelles de France, en s'appuyant sur un processus d'apprentissage collectif dynamique avec neuf autres partenaires. Il se structure autour de trois grands axes : l'élaboration d'outils et de méthodes opérationnels à destination des gestionnaires pour élaborer un diagnostic de vulnérabilité au changement climatique et un plan d'adaptation ; le développement et l'animation d'une communauté d'experts et de praticiens de l'adaptation dans les espaces naturels ; l'activation de tous les leviers nécessaires pour la mise en œuvre concrète de l'adaptation. Les différents outils seront expérimentés sur six réserves partenaires du projet, puis revus et testés sur 15 autres sites avant d'être déployés aux échelles nationale et européenne.

Coordinateur du projet



Contact : naturadapt-rnf@espaces-naturels.fr 03.80.48.91.00

Partenaires engagés dans le projet



Financeurs du projet



The NaturAdapt project has received funding from the LIFE Programme of the European Union