

2

Les observatoires de biodiversité participatifs

Nous examinons ici l'intérêt scientifique et sociétal des observatoires participatifs de biodiversité, impliquant un grand nombre d'observateurs non professionnels dans des suivis à vaste échelle spatiale et de longue durée.

La puissance d'observation atteinte apporte une qualité inégalée dans la caractérisation de la biodiversité, de sa dynamique, par la description de la composition d'un grand nombre de communautés vivantes, animales ou végétales, de leurs variations spatiales et temporelles.

Ces données offrent de nouvelles perspectives scientifiques en sciences de la conservation, par la qualité de la caractérisation des effets anthropiques sur la biodiversité. En permettant de comprendre et anticiper ces effets, l'analyse scientifique de ces données renforce l'implication des observateurs, ouvrant ainsi la voie à un cercle vertueux entre recherche, observation et action.

Introduction

Pour freiner l'érosion actuelle de la biodiversité, il s'agit d'en comprendre les mécanismes de variation, de déterminer l'effet des différentes pressions anthropiques directes (par exemple, pratiques agricoles, changement d'usage des terres) et indirectes (par exemple, changement climatique) exercées par les sociétés, l'efficacité de différentes politiques en réponse à ces pressions (protection des espaces, changements des pratiques agricoles)...

Au-delà des espèces menacées, c'est l'ensemble de la biodiversité, la nature dite commune, qui nous entoure, qui n'a pas été remarquée pour ses qualités agronomiques, pharmacologiques,

ou parce qu'elle est proche de l'extinction — qui est confrontée à l'impact croissant des sociétés humaines sur la biosphère et aux changements globaux, et doit donc être l'objet de ces observations et de ces analyses.

Cette nature commune est composée de communautés, ou ensemble d'individus de différentes espèces interagissant sur un même site, et qu'il s'agit donc de caractériser. Ces communautés sont définies à différents niveaux d'intégration. Le regroupement le plus exhaustif est la biocénose — rassemblant toutes les communautés de l'écosystème, et sa dynamique dépend, résulte de la dynamique des communautés situées à un niveau plus fin d'intégration. C'est notamment le groupe fonctionnel, ou ensemble des espèces ayant une fonction comparable au sein d'un écosystème, répondant de manière comparable aux facteurs environnementaux; ainsi, au sein de la végétation, on peut distinguer espèces ligneuses et herbacées, au sein de chaque groupe les espèces pouvant être distinguées selon leurs affinités vis-à-vis des pollinisateurs, des nutriments...

La composition en espèces de ces différentes communautés permet de déterminer leurs caractéristiques fonctionnelles, leur diversité, définie selon différents critères (*cf. supra*), donc de comprendre leur réponse aux changements globaux. Ces observations, synthétisées sous forme d'indicateurs et de scénarios, offrent la possibilité d'une analyse multidisciplinaire, participative, des relations entre l'homme et la biodiversité. Nous examinerons les principes d'organisation des observatoires participatifs apportant ces connaissances.

Les observatoires de biodiversité

Une grande puissance d'observation est nécessaire pour caractériser les réponses de la biodiversité aux changements globaux, à travers la caractérisation de la réponse des communautés. Les dispositifs impliqués dans de tels observatoires de biodiversité doivent avoir une ambition comparable à ce qui existe dans le domaine du climat ou de l'économie, dans la couverture spatiale et temporelle, le nombre de variables suivies.

L'effort d'observation peut porter en priorité sur l'intensité des observations locales, par site, ou sur le nombre de sites suivis. Cela

correspond à deux grands types d'observatoires de biodiversité, que nous désignerons respectivement par observatoires locaux et extensifs (Couvet *et al.*, 2011).

Les observatoires locaux. Ils comprennent un petit nombre de sites dont les caractéristiques environnementales sont supposés représentatives, de nombreuses variables étant recueillies, pour différents types de communautés de la biocénose aux populations, en passant par les groupes fonctionnels. L'analyse des interactions entre ces communautés, leur environnement, doit permettre d'accéder aux mécanismes fins du fonctionnement de l'écosystème local (Pennisi, 2010). Les inférences issues de ces observations sont à l'origine de nombreux connaissances et concepts en écologie des écosystèmes.

Une faiblesse de ce type de dispositif est la multiplicité des facteurs d'impact directs et indirects, notamment humains, intervenant et interagissant localement, entraînant que les résultats sur quelques sites sont difficilement extrapolables aux milieux non étudiés, donc à l'essentiel de l'espace géographique dont l'état reste largement ignoré.

La mise en commun des données d'études locales menées indépendamment permet d'augmenter le nombre de sites suivis, de mieux couvrir l'espace. On a pu ainsi, à l'échelle de la biosphère, caractériser les variations morphologiques, phénologiques ou physiologiques des espèces, leur variation à l'échelle des biomes (Wright *et al.*, 2004). En revanche, ce regroupement peut difficilement permettre de caractériser les variations spatio-temporelles de composition des communautés. L'hétérogénéité des données, par les espèces observées, les sites et les méthodes d'observation, les périodes de collecte, limite le nombre de comparaisons possibles, nécessaire à la mise en évidence des patrons de variation spatiale.

Observatoires et suivis extensifs

Caractériser la variation spatiale de la biodiversité à large échelle demande un dispositif standardisé d'observation sur un grand nombre de sites, que nous appellerons observatoires extensifs.

Parmi les dispositifs automatiques pouvant remplir ce rôle, la télé-détection permet une caractérisation grossière des écosystèmes, des types d'habitat (par exemple, Corine Land Cover), mais pas d'accéder à la composition en espèces des communautés, donnée essentielle pour comprendre leur dynamique. De manière générale, peut-être à l'exception des communautés microbiennes, il existe actuellement peu de groupes taxonomiques pour lesquels des automates ou des combinaisons d'automates permettent à la fois d'identifier et de dénombrer les espèces, donc de décrire la composition des communautés. L'intervention d'observateurs humains, en nombre commensurable avec le nombre d'échantillons collectés et suivis est donc nécessaire.

Les observatoires participatifs. En l'absence d'un nombre suffisant de professionnels pouvant mener ces observations répétées sur un grand nombre de sites, les écologues font appel à l'ensemble du public. Définie comme la collaboration entre une équipe de chercheurs et un réseau de non-professionnels, œuvrant sur des thématiques de recherche variées, la science participative semble la plus à même de procéder au suivi standardisé de la biodiversité sur un grand nombre de sites. Elle a fait ses preuves dans le domaine, étant à la source des atlas de biodiversité et du suivi de communautés entières sur des espaces et des laps de temps considérables, décrivant la réponse de l'ensemble des oiseaux européens aux changements climatiques des deux dernières décennies (Gregory *et al.*, 2009). Elle mobilise actuellement près de 50 000 observateurs à l'échelle européenne en biodiversité, organisés en près de 400 réseaux différents (Schmeller *et al.*, 2009).

Observatoires participatifs et macroécologie

Ces observatoires participatifs, échantillonnant de nombreux sites répartis sur un vaste territoire, reposant sur des réseaux de non professionnels permettent de caractériser l'état et la dynamique de la biodiversité, d'explorer les corrélations entre variables biologiques et abiotiques collectées.

LES OBSERVATOIRES DE BIODIVERSITÉ PARTICIPATIFS

La qualité des données dépend de la standardisation du protocole, sur l'ensemble du territoire surveillé, maintenu au fil du temps. La puissance et la précision des analyses augmentent avec le nombre de points d'observation, tandis que les incertitudes liées au hasard s'estompent, selon la loi des grands nombres.

Les variables choisies doivent être porteuses d'information significative sur l'état de la biodiversité. Il faut donc pour le moins déterminer l'identité, l'abondance, la phénologie ou d'autres variables descriptives des espèces/taxons peuplant ces sites. Nous examinerons plus loin les perspectives ouvertes par l'étude de l'abondance.

Caractéristiques du protocole	Apports scientifiques
grand nombre de sites échantillonnés	évaluation de l'impact de facteurs variant dans l'espace, selon différentes échelles, du local au global
suivi régulier dans le temps	évaluation de l'impact de facteurs variant dans le temps (climat, pratiques humaines...)
standardisation des méthodes	comparaison des caractéristiques des espèces, des communautés, des écosystèmes, dans l'espace et dans le temps (phénologie, abondances des espèces avec un effort normalisé d'observation)
grand nombre d'espèces suivies	identification des mécanismes impliqués, par comparaison des espèces selon leurs caractéristiques écologiques, évolutives

Tableau 1. Conditions maximisant les possibilités d'analyse scientifique des données issues des observatoires participatifs.

En résumé, il doit mettre en œuvre (tableau 1) :

- un vaste réseau d'observateurs ;
- un plan de recherche bien conçu et clairement expliqué aux observateurs (quelles variables mesurer, quand, comment et pourquoi?) ;
- un protocole de collecte simple et précis, répété dans le temps,

un observatoire participatif permet une analyse approfondie des

variations spatiales et temporelles de la biodiversité sur l'ensemble du territoire exploré.

Macroécologie

En examinant les variations d'abondance des espèces et leurs causes, les observatoires participatifs contribuent à l'écologie scientifique dans une de ses conceptions originelles, à savoir l'étude des mécanismes régissant la distribution des espèces dans l'espace et dans le temps et des mécanismes responsables (Krebs, 2001) ~~mais~~ incluse dans des conceptions plus large, ~~notamment~~ comme « l'étude des interactions organisatrices entre entités physiques, biologiques et anthroposociales » (Morin, 1980). En fait, la description de ces distributions se situe au cœur de la macro-écologie (Kerr *et al.*, 2001), la biogéographie relevant plutôt des échelles géographiques larges.

Aires de distribution des espèces et atlas de biodiversité. Les atlas de biodiversité, cartographiant à un instant donné les aires de distribution des espèces, sont un cas particulier d'observatoire participatif, les données généralement collectées étant souvent la présence/absence des espèces. Ils mettent en évidence les gradients de diminution de la diversité avec la latitude, permettent de comparer des richesses spécifiques, le cosmopolitisme des espèces, et ainsi d'évaluer l'endémisme, donc identifier des points chauds de biodiversité, qui pourraient être des régions à préserver en priorité (Orme *et al.*, 2005). Ces données montrent que le nombre d'espèces cosmopolites augmente avec l'évapotranspiration (ETP), que les limites de leurs aires de distribution sont bien corrélées aux températures. Chez les oiseaux, le nombre d'espèces endémiques, à aire de distribution restreinte, augmente avec la fragmentation des milieux (Rahbek *et al.*, 2007), tandis que leurs limites de distribution sont plutôt associées aux précipitations et au relief, informations importantes pour anticiper les effets des changements climatiques en cours (*cf. supra*).

La mesure de l'abondance des espèces faite par un nombre croissant d'observatoires participatifs fournit des informations sup-

plémentaires sur ces aires de distributions. Elle permet d'examiner l'hypothèse d'abondance plus élevée d'une espèce au cœur de son aire, la relation entre abondance et aire de distribution (les espèces cosmopolites seraient plus abondantes), de décrire la forme (dissymétrie, aplatissement...) de ces distributions, et surtout les réponses de ces paramètres aux changements globaux (Couvet *et al.*, 2011).

Caractéristiques fonctionnelle des communautés. Connaissant la composition spécifique des communautés, on peut en inférer leurs caractéristiques fonctionnelles, définies comme la moyenne des caractères fonctionnels des espèces, pondérée par leur abondance. Correspondant aux critères d'identification des groupes fonctionnels (*cf. infra*), les caractères fonctionnels sont nombreux : taille des individus, longévité, la taille des ailes chez les espèces volantes, poids sec des feuilles chez les végétaux... On distingue les caractères affectant le fonctionnement des écosystèmes (traits d'effet) et les caractères déterminant leurs capacités de réponses aux changements globaux, aux perturbations (traits de réponse), en général plus proches des traits d'histoire de vie, cycle de vie, mode de dispersion, etc. (Lavorel et Garnier, 2002, Naeem et Wright, 2003.) La valeur moyenne de ces caractères fonctionnels a donc une importance majeure, reflétant l'état des services écosystémiques, ou fonctions des écosystèmes dont dépend l'homme (MEA, 2005).

Ces caractères sont fortement soumis à sélection. Leur valeur moyenne peut ne pas varier entre communautés occupant des environnements comparables, malgré des compositions en espèces très différentes, suggérant un filtre environnemental intense, résultant de la sélection (Messier *et al.*, 2010). Les effets de ce filtre dans des communautés de fin de succession illustrent une notion moderne du climax, état d'équilibre d'une communauté, s'attachant à la valeur moyenne de caractères fonctionnels, plutôt qu'à la composition spécifique de la communauté (Couvet et Teyssède, 2010).

On peut ainsi calculer un indice mesurant la spécialisation des espèces à leur habitat, puis un indice de spécialisation des communautés, et examiner ses relations avec divers facteurs environnementaux. Les observatoires participatifs permettent de déterminer

les variations de ce taux de spécialisation, ou encore d'un indice thermique évaluant les préférences thermiques des espèces, variations qui peuvent être liées à des effets anthropiques (*cf. supra*).

Distribution des diversités des communautés

Les observatoires participatifs contribuent à l'étude des relations entre différents types de diversité, fonctionnelle, infra et interspécifique, leur distribution spatiale et temporelle au sein d'un site, d'un paysage, d'une région, sujet d'importance majeure pour comprendre et anticiper les réponses de la biodiversité aux changements globaux, choisir des sites à préserver en priorité.

Diversité fonctionnelle. Au-delà de la valeur moyenne, la diversité fonctionnelle des communautés ou diversité des caractères fonctionnels des individus qui les composent détermine leur résilience face aux changements globaux. Pour comprendre et prédire la distribution de ce type de diversité, les conséquences de ses variations, il faudrait distinguer différents niveaux de diversité fonctionnelle.

La diversité fonctionnelle à l'échelle d'une communauté regroupant plusieurs groupes fonctionnels dépend du nombre de groupes, de leur fréquence relative. Au sein d'un groupe fonctionnel, elle correspond à une diversité latente, des traits de réponse plutôt que des traits d'effets (*cf. infra*) estimant les capacités de réponse de ce groupe aux changements globaux. En d'autres termes, la coexistence d'espèces redondantes, ou plutôt pseudo-redondantes, représenterait une diversité fonctionnelle latente, non exprimée dans les conditions environnementales actuelles, mais d'importance majeure dans d'autres conditions, en permettant l'adaptation des communautés à travers la réponse de certaines espèces.

Pour chaque caractère fonctionnel, donc diversité, on peut distinguer diversités infra-spécifique, au sein des espèces, et/ou interspécifique.

Relation entre diversité fonctionnelle et diversité spécifique. La diversité fonctionnelle devrait jouer un rôle majeur et plus direct que la diversité des espèces (spécifique) dans le fonctionnement des écosystèmes, en permettant leur adaptation aux changements

LES OBSERVATOIRES DE BIODIVERSITÉ PARTICIPATIFS

globaux, mais elle dépend du caractère considéré. La connaissance de la diversité spécifique permettrait d'inférer la distribution des différents types de diversité fonctionnelle, si l'on sait inférer leur mode de covariation.

D'un point de vue théorique, deux facteurs démographiques ont une influence prépondérante et identique sur ces deux types de diversité : le nombre d'individus et l'isolement des communautés (tableau 2). En d'autres termes, ces deux diversités devraient avoir des patrons de distribution proches lorsque les variations démographiques et/ou les effets aléatoires majorent les effets de la sélection. Ce pourrait être le cas par exemple lorsque l'on compare des communautés variant par la taille, l'isolement, ou lorsque l'on compare des communautés de petite taille, isolées, occupant des paysages fragmentés.

Type de facteur	augmente la diversité	diminue la diversité
Impact sur tous les caractères	spéciation (pour les espèces) mutation (pour la diversité génétique) immigration (dépend de l'isolement des communautés)	hasard (augmente quand le nombre d'individus des communautés diminue)
Impact sur les caractères sélectionnés	compétition entre individus	filtre environnemental

Tableau 2. Impact de quatre types de facteurs sur les diversités fonctionnelle, spécifique et génétique, selon qu'ils ont un impact positif ou négatif, qu'ils interviennent sur les caractères soumis à sélection ou sur l'ensemble des caractères.

Si les facteurs théoriques déterminant leur covariation sont identifiés (tableau 2), l'importance de chacun, leur corrélation in-situ, restent à déterminer. Les observatoires participatifs peuvent mettre en évidence leurs patrons de variations, leurs covariations spatiales et temporelles. À large échelle spatiale, dans les communautés d'oiseaux françaises, on constate de larges discordances spatiales

entre ces deux types de diversité (Devictor *et al.*, 2010). Observée sur quelques communautés végétales, la corrélation entre ces deux types de diversités est en moyenne positive (Mayfield *et al.*, 2010). Cette divergence pourrait être due aux différences d'échelles, plus larges dans le cas des observatoires participatifs, et/ou de traits biologiques considérés.

Amplitude des diversités spécifique et génétique. La diversité spécifique et, en deçà, génétique des communautés (dite génospécifique) détermine leur capacité d'adaptation aux changements de l'environnement, d'autant plus que la perte d'espèces et de gènes sont des événements irréversibles à l'échelle des temps historiques. Ces deux diversités sont en quelque sorte garantes de la diversité fonctionnelle, leur niveau relatif déterminant l'importance de chacune dans la résilience des communautés.

L'importance relative de ces deux types de diversité pourrait être comparable, particulièrement au sein d'un groupe fonctionnel, des espèces ayant des valeurs moyennes identiques, au moins pour certains caractères. Ainsi, dans les communautés d'arbres en milieu tropical humide, diversités infra et interspécifique ont des amplitudes comparables pour deux caractères d'importance fonctionnelle majeure chez les végétaux, la masse surfacique et le poids sec des feuilles (Messier *et al.*, 2010). Ceci amène à s'écarter d'une vision typologique de l'espèce, la variabilité d'un caractère au sein d'une espèce pouvant majorer la différence entre espèces.

D'un point de vue théorique, la théorie neutre de la diversité moléculaire (Kimura, 1982) et la théorie neutre de la biodiversité (Hubbel, 2001), anticipent que diversités spécifique et génétique devraient augmenter toutes deux avec le nombre d'individus dans une communauté et diminuer avec son isolement. Répondant de la même manière à ces deux facteurs d'importance majeure, ces deux diversités devraient donc être positivement corrélées. La synergie dans la sélection diversifiante de ces deux types de diversité devrait avoir le même effet. La diversité des espèces fournit une diversité d'adaptations possibles au sein de chaque espèce. Inversement, la diversité génétique au sein de chaque espèce alimente une diver-

sité d'interactions possibles avec les autres espèces, favorisant la diversité spécifique (Vellend et Geber, 2008).

Le niveau relatif de ces deux diversités dépendra aussi de facteurs sélectifs intervenant seulement sur un type de diversité. La résistance aux maladies devrait favoriser les espèces d'effectif restreint – moindre propagation possible au sein de l'espèce –, donc la diversité spécifique (Vellend et Geber, 2008). Inversement la dépression de consanguinité favorisera la diversité génétique, et devrait amener la disparition locale des espèces de faible effectif, donc une diminution de la richesse, voire de la diversité, spécifique.

L'importance de ces différentes forces détermine les relations entre ces deux types de diversités. Leur corrélation devrait ainsi être négative lorsque l'on compare des communautés de taille et d'isolement comparables. En effet, le niveau global de diversité spécifique et génétique étant constant, dans la mesure où il dépend des deux paramètres précédents, une augmentation de l'une se fera aux dépens de l'autre (tableau 2).

Les observatoires participatifs devraient être une source précieuse d'information sur ces relations, déterminer les patrons, en inférer les facteurs explicatifs. Néanmoins, déterminer la diversité génétique suppose que les individus puissent être caractérisés, mesurés, voire analysés, ce qui n'est par exemple pas le cas actuel avec les suivis d'oiseaux et de papillons.

Observatoires participatifs et relations entre sciences et société

Le recours à des observateurs non professionnels pourrait être considéré comme un pis-aller, palliant l'absence d'automates ou de professionnels à même d'effectuer les observations, mais fournissant des connaissances en macroécologie nécessaires aux spécialistes pour comprendre l'état et la dynamique de la biodiversité.

De fait, on observe des formes d'échanges plus complexes. Les relations qui s'établissent entre laboratoires et observateurs peuvent être un échange à bénéfice réciproque pour les deux parties, ouvrant des perspectives dans les relations entre sciences et société. Au-delà d'une simple courtoisie vis-à-vis des observateurs,

cet échange contribue à la fois à l'extension du réseau et à la qualité des données, en stimulant la motivation des observateurs.

Pour parvenir à un tel échange, les laboratoires doivent fournir des informations sur l'état de la nature à même d'intéresser les observateurs. Devant motiver les observateurs non professionnels, caractériser l'impact que les sociétés ont sur la distribution des espèces, la composition des communautés, semble un objectif pragmatique.

Une telle entreprise scientifique exige des connaissances :

- a) statistiques, afin d'analyser cette masse de données ;
- b) conceptuelles, afin de parvenir à mettre en valeur ce nouveau type de données, sous une forme intelligible et novatrice. Elle demande la mise en relation des données venant de disciplines, d'horizons différents, notamment lorsqu'il s'agit de construire des scénarios, et de faire le lien entre recherche de pointe et préoccupations sociétales.

Les indicateurs de biodiversité

Le devenir des différentes diversités, fonctionnelle, spécifique et génétique, est d'importance majeure, mais de compréhension complexe, peu accessible aux non spécialistes. La signification des variations des caractères fonctionnels (*cf. infra*) pourrait être plus perceptible pour les non spécialistes. Aussi, pour présenter les résultats des analyses de l'organisation des communautés aux observateurs, aux gestionnaires et aux décideurs, les écologues quantifient et synthétisent les données sous forme d'indicateurs de biodiversité, résumés d'information sur l'état moyen de la biodiversité dans certaines conditions (type d'habitat, protection, politique agricole...) à un instant donné, qui peuvent être suivis au fil des ans (*cf. supra*).

Ces indicateurs sont des outils de synthèse, de communication et de concertation entre les scientifiques — écologues, économistes, anthropologues et sociologues —, acteurs et gestionnaires de la biodiversité. Ils doivent permettre d'évaluer l'impact de différentes pressions anthropiques, l'efficacité de diverses politiques (Couvet *et al.*, 2008b). Parce que les informations qui intéressent les différents acteurs et usagers de l'environnement ne sont pas les mêmes,

différents indicateurs sont élaborés, afin d'évaluer des effets diffus, peu accessibles par l'observation locale et/ou l'expérimentation.

Mise en évidence des effets diffus des pratiques humaines. De nombreuses pressions s'exerçant sur la biodiversité et résultant des pratiques humaines, ont un effet diffus, de faible intensité locale mais étendu dans l'espace et dans le temps. L'omniprésence de telles pressions pourrait conduire à une altération significative de la biodiversité, la perte de certaines composantes. Ce pourrait être le cas de l'utilisation répétée de produits chimiques, parfois de faible toxicité (tels certains pesticides vis-à-vis de certains groupes taxonomiques), ou des changements climatiques généralisés à la biosphère, légitimant les préoccupations actuelles autour de ces pressions.

Des études locales permettent difficilement de mettre en évidence ces effets dont l'amplitude locale peut être comparable au bruit de fond, i.e. des variations locales liées au hasard, ou aux facteurs non étudiés. De telles études amèneraient à conclure de manière erronée à l'absence d'effet, situation qui serait rencontrée dans le cas de l'évaluation environnementale de l'impact des pratiques agricoles (Couvét *et al.*, 2011).

La mesure de ces effets diffus requiert par conséquent un dispositif d'observation puissant, intégrant des données collectées sur un grand nombre de sites, force des observatoires participatifs. Ces derniers permettent ainsi de mettre en évidence une relation significative entre l'utilisation de certains pesticides et le déclin de quelques oiseaux communs, à l'échelle du Canada (Mineau *et al.*, 2005), la causalité restant néanmoins à établir.

Différents niveaux d'organisation biologiques, espèces, communautés... peuvent être affectés par ces effets diffus. Tamponnant de nombreux effets aléatoires mais aussi idiosyncratiques des espèces, la communauté pourrait être un niveau privilégié de mise en évidence de ces effets diffus, et est à ce titre un niveau d'organisation biologique privilégié dans les analyses des données de ces observatoires (*cf.* Devictor, 2008b pour l'effet spatial généralisé des changements climatiques). Nous allons examiner quelques exemples d'estimation de ces effets diffus à l'aide d'indicateurs.

Impacts de la fragmentation et de la perturbation des habitats. L'indicateur « Oiseaux communs » par habitat met ainsi en évidence que les espèces les plus en déclin en France sont les spécialistes, celles qui sont inféodées à un petit nombre d'habitats (Julliard *et al.*, 2004). L'indice de spécialisation des communautés d'oiseaux varie avec le degré de perturbation et de fragmentation des habitats : les communautés des habitats stables, peu fragmentés, sont riches en espèces spécialistes, tandis que celles des habitats perturbés rassemblent des espèces généralistes (Devictor *et al.*, 2008a). Ces travaux suggèrent que l'indice de spécialisation des communautés pourrait être utilisé comme indicateur de qualité des habitats en gestion de l'environnement.

Une déclinaison particulière, l'indicateur « Oiseaux spécialistes des milieux agricoles », montrant un déclin accentué des espèces spécialistes de ces habitats, résultat comparable dans les autres pays de l'OCDE, révélant une difficulté dans les relations entre agriculture et biodiversité, a été adopté par la Communauté européenne comme un de ces douze indicateurs majeurs de développement durable (www.eurostat.org). Il reste largement à déterminer sa sensibilité à différentes pratiques humaines.

Réponse de la biodiversité aux changements climatiques. L'échelle large des changements climatiques en cours permet de formuler des prédictions sur certaines réponses des communautés, telles qu'un déplacement moyen des espèces vers les latitudes et altitudes plus élevées, et/ou un avancement de leur période de reproduction (phénologie, *cf.* Thomas *et al.*, 2004, Huntley *et al.*, 2006).

Une révision régulière de ces atlas permettra de recouper ces prédictions théoriques. Les variations spatiales et temporelles d'abondance des espèces documentées par les observatoires participatifs fournissent une évaluation du déplacement du barycentre de leurs distributions (Devictor *et al.*, 2008b), déplacement qui a l'avantage d'être mesurable pour toutes les espèces — le déplacement des limites des aires de distribution, information apportée par les atlas, n'est observable que pour les espèces en marge d'aire, restriction significative en France métropolitaine, riche en espèces cosmopolites.

On peut alors développer des indicateurs de réponse des communautés aux changements globaux, comparant le rythme de réponse des espèces par rapport à celui de ces changements, montrant un retard de la réponse de la biodiversité (Devictor *et al.*, 2008b).

Scénarios de biodiversité

Descriptions simplifiées mais plausibles du devenir de la biodiversité, les scénarios établissent une gamme de possibilités futures, déroulant les dynamiques qui pourraient résulter de différentes options initiales. L'objectif est de faciliter la comparaison de leurs effets en maximisant le contraste entre les états futurs (MEA, 2005). Ce ne sont donc pas des prévisions, l'objectif étant de faciliter l'adoption de politiques proactives peu coûteuses au présent, dont l'avantage ou le coût de la non-adoption est important à moyen terme.

En estimant l'effet de politiques futures, les scénarios sont complémentaires des indicateurs, qui estiment les effets des politiques passées et présentes. Nécessitant un grand nombre de données, qui peuvent être apportées par les observatoires participatifs, ils peuvent ainsi permettre d'évaluer l'effet qu'auraient différentes pratiques agricoles, mesures agroenvironnementales, OGM, si elles étaient généralisées (Butler *et al.*, 2007), l'impact des effets diffus, en s'appuyant sur des corrélations entre pratiques humaines et états des communautés.

La synthèse sous forme d'indicateurs des principaux facteurs agissant sur la dynamique des populations, communautés et écosystèmes devrait faciliter l'élaboration de modèles mathématiques de fonctionnement de ces systèmes écologiques, nécessaires au déploiement de ces scénarios. À l'instar des scénarios du Millennium Ecosystem Assessment (2005), ces modèles peuvent être appliqués aux données actuelles sur la biodiversité recueillies par les observatoires participatifs pour anticiper sa dynamique selon certains scénarios politiques et socioéconomiques. Ils contribuent notablement à la formalisation des interactions complexes existant entre mécanismes écologiques, économiques, sociaux, politiques et anthropologiques, et dont l'ensemble détermine la dynamique de la biodiversité.

Gestion adaptative des écosystèmes : contribution des indicateurs et scénarios. La dynamique de la biodiversité, les impacts de l'homme à différentes échelles sont complexes et difficiles à appréhender pour les spécialistes comme pour les acteurs de l'environnement. Indicateurs et scénarios de biodiversité sont des outils majeurs de communication et d'aide à la décision sur la gestion des écosystèmes et de la biodiversité. En informant la société, en quantifiant des états de biodiversité, qui est un objet complexe, ils contribuent à affiner et actualiser les représentations que chacun a des enjeux environnementaux (Couvet et Teyssède, 2010).

Cette information devrait avoir un attrait majeur pour les citoyens car, quelle que soit leur activité, les observateurs et l'ensemble du public sont concernés par la transformation rapide des écosystèmes qu'ils habitent. Lorsqu'il s'agit d'utiliser ces informations pour parvenir à une gestion des écosystèmes qui ~~se fasse plus dans le sens de l'intérêt général~~, on parle de sciences participatives.

Par l'expérience de terrain qu'ils apportent, jointe au dialogue répété des observateurs avec les chercheurs et à leur réflexion sur les analyses, indicateurs et scénarios auxquels ils ont contribué, les observatoires participatifs de biodiversité apportent une information cruciale. Cette dernière pourrait être valorisée en contribuant à une gestion adaptative (Couvet et Teyssède, 2010), qui examine, remet en cause les mesures de gestion mises en place, à la lumière des résultats, de leur perception par les différentes parties prenantes. On peut alors parler d'une science citoyenne, qui suppose un dialogue entre parties prenantes, alimenté par l'information apportée par indicateurs et scénarios.

Ainsi, les premières analyses de l'Observatoire des papillons de jardins (OPJ) suggèrent que les papillons communs sont deux fois moins nombreux dans les jardins traités aux engrais et/ou pesticides que dans les jardins sans traitement. Si ce résultat se confirmait, ce qui suppose de tenir compte de biais plausibles, ces informations faciliteraient la construction de réponses. D'une part, les observateurs pourraient modifier leurs pratiques, générant une relation directe entre observation et action. Ils pourraient d'autre part diffuser l'information, proposer des mesures pour réduire l'usage des

engrais et pesticides au niveau local ou régional, prendre position sur les mesures proposées. Ce qui ouvre la possibilité de scénarios participatifs (Couvet *et al.*, 2008a).

En décrivant l'impact des citoyens sur les écosystèmes, ces connaissances contribuent à reconnecter les citoyens avec la nature, favorise leur participation à la gestion des écosystèmes (Miller, 2006), peut éclairer leurs positions sur les politiques envisagées, sectorielles ou intégratrices.

Conclusion

La science participative fournit de puissants moyens d'observation, permettant ainsi de documenter la réponse des espèces et des communautés aux changements climatique, les variations spatio-temporelles des différentes composantes de la diversité. Ces connaissances contribuent à l'identification des priorités en préservation de la biodiversité, à la hiérarchisation de l'impact des pratiques humaines notamment.

Ces études demandent aux chercheurs de comprendre, analyser et répondre aux demandes sociétales, de communiquer clairement les résultats aux différentes parties prenantes. Il s'agit de comprendre les problématiques liées aux relations entre l'homme et la nature, et de manière plus générale de bien appréhender les relations entre sciences et société.

Ces conditions étant remplies, les résultats replacés dans un cadre participatif peuvent alimenter un cercle vertueux entre recherche et observation. La publication des résultats dans des revues scientifiques internationales est supposée garantir la rigueur des conclusions. Les analyses tenant compte des mécanismes de fonctionnement de la biodiversité, des facteurs déterminant sa dynamique, doivent en renforcer la pertinence. Ces deux qualités, rigueur et pertinence, doivent augmenter la crédibilité des résultats, faciliter leur utilisation éclairée en préservation de la biodiversité. Les données résultant de cette motivation supplémentaire amène en retour l'amélioration des analyses.

LES PRATIQUES DE L'OBSERVATION

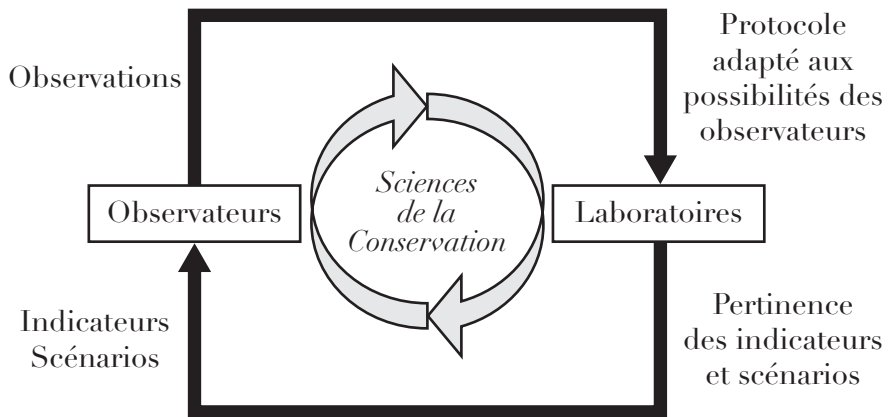


Figure. Échanges entre les laboratoires et les observateurs. À gauche ce qui est échangé, à droite les caractéristiques de ces échanges que doivent peaufiner les laboratoires afin d'établir un cercle vertueux *via* les sciences de la conservation

En d'autres termes, si la rigueur scientifique et la composante participative des observatoires participatifs pouvaient paraître opposées initialement dans leur logique, leurs objectifs, *a posteriori* elles peuvent converger, et ainsi se renforcer, à travers les sciences de la conservation (figure).

Denis COUVET et Anne TEYSSÈDRE
(UMR7204, MNHN-CNRS-UPMC)

Références

- BUTLER SIMON J., VICKERY Juliet A. et NORRIS Ken, "Farmland Biodiversity and the Footprint of agriculture", *Science*, 315(5810), 2007, p. 381-384.
- COUVET, Denis, JIGUET, Frédéric, JULLIARD, Romain, LEVREL, Harold et TEYSSÈDRE, Anne, «Enhancing citizen contributions to biodiversity science and public policy», *Interdisciplinary Science Reviews*, 33(1), 2008, p. 95-103.
- COUVET, Denis, JIGUET, Frédéric, JULLIARD, Romain, LEVREL, Harold et TEYSSÈDRE, Anne, « Indicateurs et observatoires de biodiversité », *Biosystema*, 25, 2008, p. 83-90.
- COUVET, Denis et TEYSSÈDRE, Anne, *Écologie et biodiversité*, Belin, 2010.

LES OBSERVATOIRES DE BIODIVERSITÉ PARTICIPATIFS

- COUVET, Denis, DEVICTOR, Vincent, JIGUET, Frédéric et JULLIARD, Romain, “Scientific contributions of extensive biodiversity monitoring”, *Comptes Rendus Biologies*, 334(5), 2011, p. 370-377.
- DEVICTOR, Vincent, JULLIARD, Romain, CLAVEL, Joanne, JIGUET, Frédéric, LEE, Alexandre et COUVET, Denis, “Functional biotic homogenization of bird communities in disturbed landscapes”, *Global Ecology and Biogeography*, 17(2), 2008, p. 252-261.
- DEVICTOR, Vincent, JULLIARD, Romain, COUVET, Denis et JIGUET, Frédéric, “Birds are tracking climate warming, but not fast enough”, *Proceedings of the Royal Society B*, 275(1652), 2008, p. 2743-2748.
- DEVICTOR, Vincent, MOUILLOT, David, MEYNARD, Christine, JIGUET, Frédéric, THUILLER, Wilfried et MOUQUET, Nicolas, “Spatial mismatch and congruence between taxonomic, phylogenetic and functional diversity: the need for integrative conservation strategies in a changing world”, *Ecology Letters*, 13(8), 2010, p. 1030-1040.
- GREGORY, Richard D., WILLIS, Stephen G., JIGUET, Frédéric, VOŘÍŠEK, Petr, KLVAŇOVÁ, Alena, VAN STRIEN, ARCO, HUNTLEY, Brian, COLLINGHAM, Yvonne C., COUVET, Denis et GREEN, Rhys E., “An Indicator of the Impact of Climatic Change on European Bird Populations”, *PLoS ONE*, 4(3): e4678, 2009.
- JULLIARD, Romain, JIGUET, Frédéric et COUVET, Denis, “Common birds facing global changes: what makes a species at risk?”, *Global Change Biology*, 10(1), 2004, p. 148-154.
- HUBBELL, Stephen P., *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*, Princeton University Press, 2001.
- HUNTLEY, Brian, COLLINGHAM, Yvonne C., GREEN, Rhys E., HILTON, Geoffrey M., RAHBK, Carsten et WILLIS, Stephen G., “Potential impacts of climatic change upon geographical distributions of birds”, *Ibis*, 148(s1), 2006, p. 8-28.
- KERR, Jeremy T., KHAROUBA, Heather M. et CURRIE, David J., “The Macroecological Contribution to Global Change Solutions”, *Science*, 316 (5831), 2007, p. 1581-1584.
- KREBS, Charles J., *Ecology*, Benjamin Cummings, 2001.
- KIMURA, Motoo, *The Neutral Theory of Molecular Evolution*, Cambridge University Press, 1982.
- LAVOREL, Sandra et GARNIER, Éric, “Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail”, *Functional Ecology*, 16, 2002, p. 545-556.

- MAYFIELD, Margaret M., BONSER, Stephen P., MORGAN, John W., AUBIN, Isabelle, McNAMARA, Sean et VESK, Peter A., "What does species richness tell us about functional trait diversity? Predictions and evidence for responses of species and functional trait diversity to land-use change", *Global Ecology and Biogeography*, 19(4), 2010, p. 423-431.
- MESSIER, Julie, MCGILL, Brian J. et LECHOWICZ, Martin J., "How do traits vary across ecological scales? A case for trait-based ecology", *Ecology Letters*, 13(7), 2010, p. 838-848.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA), *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*, Island Press, 2005.
- MILLER, James R., "Restoration, reconciliation, and reconnecting with nature nearby", *Biological Conservation*, 127, 2006, p. 356-361.
- MINEAU, Pierre, DOWNES, Konnie M., KIRK, David A., BAYNE, Erin et CSIZY, Myriam, "Patterns of bird species abundance in relation to granular insecticide use in the Canadian prairies", *Ecoscience*, 12(2), 2005, p. 267-278.
- NAEEM, Shahid et WRIGHT, Justin P., "Disentangling biodiversity effects on ecosystem functioning: deriving solution to a seemingly insurmountable problem", *Ecology Letters*, 6(6), 2003, p. 567-579.
- ORME C. David L. *et al.*, "Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat", *Nature*, 436, 2005, p. 1016-1019.
- PENNISI, Elizabeth, "A Groundbreaking Observatory to Monitor the Environment", *Science*, 328(5977), 2010, p. 418-420.
- POOL, Robert et ESNAYRA, Joan, *Ecological monitoring of genetically modified crops: A Workshop Summary*, The National Academies Press.
- RAHBEK, Carsten, GOTELLI, Nicholas J., COLWELL, Robert K., ENTSMINGER, Gary L., RANGEL, Thiago F. et GRAVES, Gary R., "Predicting continental-scale patterns of bird species richness", *Proceedings of the Royal Society B*, 274(1607), 2007, p. 165-174.
- SCHMELLER, Dirk S. *et al.*, "Advantages of Volunteer-Based Biodiversity Monitoring in Europe", *Conservation Biology*, 23(2), 2009, p. 307-316.
- THOMAS, Chris D. *et al.*, "Extinction risk from climate change", *Nature*, 427, 2004, p. 145-148.
- VELLEND, Mark et GEBER, Monica A., "Connections between species diversity and genetic diversity", *Ecology Letters*, 8(7), 2005, p. 767-781.
- WRIGHT, Ian J. *et al.*, "The worldwide leaf economics spectrum", *Nature*, 428, 2004, p. 821-827.