Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Bundesamt für Umwelt BAFU
Office fédéral de l'environnement OFEV
Ufficio federale dell'ambiente UFAM
Federal Office for the environment FOEN

Diversité des espèces dans les paysages

L'indicateur «Diversité des espèces dans les paysages (Z7)» est l'un des indicateurs centraux du MBD. Il comptabilise les espèces de plantes vasculaires, d'oiseaux nicheurs et de papillons diurnes présentes dans les paysages suisses. Le nombre d'espèces présentes sur les surfaces d'échantillonnage d'un kilomètre carré de l'indicateur dépend de divers facteurs: en plus de modèles de distribution et de facteurs physiques tels que la géologie, le relief et le climat, l'exploitation des sols détermine également la distribution des espèces. Plus les habitats d'un paysage sont variés (prairies, forêts ou champs) et de qualité, plus les espèces à y vivre sont nombreuses. La qualité de ces habitats joue aussi un rôle essentiel.

La comparaison du nombre d'espèces dans le Jura et sur le Plateau montre à quel point l'homme influence la diversité et la qualité des habitats: la biodiversité maximale des surfaces d'échantillonnage est presque identique dans ces deux régions, dont le potentiel naturel est par conséquent comparable. Le nombre moyen d'espèces par surface d'échantillonnage est toutefois plus élevé dans le Jura que sur le Plateau suisse. En ce qui concerne les papillons diurnes, les différences sont telles que même les surfaces du Jura plutôt pauvres en espèces en abritent toujours presque autant que la surface moyenne du Plateau suisse. Ces chiffres démontrent que l'exploitation intensive du Plateau a déjà provoqué la disparition de nombreux habitats précieux. Dans cette région, les espèces animales et végétales qui dépendaient de ces habitats ont disparu. Dans les paysages fortement marqués par l'homme, une valeur élevée ou tout du moins croissante de l'indicateur Z7 est par conséquent souhaitée.

Des données concernant l'évolution des trois groupes d'espèces étudiés sont désormais disponibles. Les résultats montrent qu'au cours des dix dernières années, la diversité des espèces de plantes vasculaires a augmenté dans les paysages suisses. Les espèces végétales qui ont le plus progressé sont celles des zones chaudes, résistant bien à la sécheresse et aux perturbations. Quelques néophytes telles que la Vergerette annuelle (*Erigeron annuus s.l.*) et l'Ailante glanduleux (*Ailanthus altissima*) ont également nettement progressé. En ce qui concerne les papillons diurnes, dans certaines régions (Plateau et versant nord des Alpes), le nombre d'espèces a progressé au moins à court terme. La progression observée ne correspond probablement pas encore à une tendance à long terme. Pour ce qui est des oiseaux nicheurs, leur diversité dans les paysages est dans l'ensemble demeurée constante au cours des dernières années.

Les résultats de cet indicateur ne représentant cependant qu'un aspect partiel de la biodiversité et ne se basant que sur trois groupes d'espèces choisies, les valeurs de l'indicateur Z7 doivent être étudiées en liaison avec d'autres données telles que la composition des biocénoses dans les différents habitats (indicateur Z12) ou l'évolution des différentes espèces (indicateur Z8).

État: mai 2015

Sommaire

Évolution de la diversité des espèces: synthèse……3
Évolution de la diversité des espèces en Suisse……3
Évolution de la diversité des espèces dans les régions……5
Évolution de la diversité des espèces dans les étages supérieurs……17
État de la diversité végétale……19
État de la diversité d'oiseaux nicheurs……20
État de la diversité des papillons diurnes……21
Diversité sur les surfaces d'échantillonnage……22
Aperçu des informations supplémentaires en annexe……25
Importance de l'indicateur pour la biodiversité……25
Définition de l'indicateur……26
Méthode de calcul……26
Informations complémentaires……27

Tableaux et informations complémentaires, cf. annexe

Annexe X: «Influence du nombre d'espèces de papillons diurnes par l'afflux de papillons migrateurs»
Annexe Y: «Quels papillons diurnes indiquent une diversité élevée de papillons diurnes?»
Annexe Z: «Cartes de diversité des espèces»
Annexe 1: chiffres relatifs aux illustrations 10, 11 et 12

Évolution de la diversité des espèces: synthèse

L'indicateur Z7 a pour objectif de documenter l'évolution de la diversité des espèces de plantes vasculaires, d'oiseaux nicheurs et de papillons diurnes sur des portions de paysage de 1 km^2. Les données recueillies jusqu'à présent sur les plantes vasculaires indiquent que leur diversité progresse dans plusieurs régions de Suisse. Une progression pour les régions biogéographiques «Plateau», «Alpes centrales» ainsi que pour l'ensemble de la Suisse est statistiquement avérée. Sur le versant sud des Alpes, la progression du nombre d'espèces observée au cours des premières années s'est pour l'heure atténuée.

Au cours des 10 dernières années, la diversité des papillons diurnes a également progressé sur le versant nord des Alpes et sur le Plateau. En raison d'importantes variations annuelles de ce groupe d'espèces, cette tendance ne peut pas encore être extrapolée sur le long terme. Au niveau du pays tout entier, le nombre d'espèces n'a pas évolué.

Dans l'ensemble de la Suisse et dans la plupart des régions biogéographiques, le nombre d'espèces d'oiseaux nicheurs n'a pas évolué de manière significative au cours des 10 dernières années. La diversité d'oiseaux nicheurs n'a progressé que dans les Alpes centrales.

Pour la Suisse, pays montagneux, la prise en compte des étages supérieurs comprenant les régions alpines au-dessus de la limite des forêts dans les Alpes et dans une partie du Jura[1] (cf. tab. 3) est particulièrement importante. Les écosystèmes alpins sont considérés comme particulièrement sensibles et pourraient par conséquent – par exemple en raison du changement climatique – connaître des changements majeurs au cours des prochaines décennies. Une progression du nombre d'espèces de plantes vasculaires a été effectivement constatée, tandis que la situation des oiseaux nicheurs et des papillons diurnes semble être stable.

Les tendances observées jusqu'à présent sont commentées plus en détail ci-dessous. Les tableaux suivants indiquent les tendances actuelles sur 10 ans du nombre moyen d'espèces des trois groupes d'espèces étudiés. Toutes les valeurs mesurées au cours des années 2005 à 2014 ont été prises en compte. Les graphiques 1, 2, 5 et 6 montrent l'évolution sur l'ensemble de la période de mesure depuis 2001.

En ce qui concerne l'évaluation du développement de la biodiversité, il convient de noter qu'en plus du nombre d'espèces recensées, les différences de composition des biocénoses dans les différents lieux contribuent à la biodiversité. Cette réalité est prise en compte dans l'indicateur du MBD «Diversité des biocénoses (Z12)». Selon les premières évaluations, la diversité des biocénoses de plantes vasculaires dans les paysages suisses est en recul. En d'autres termes, la composition végétale tend à s'homogénéiser. La diversité des biocénoses d'oiseaux nicheurs progresse différemment selon les régions, tandis qu'aucune tendance claire ne se dégage encore pour les papillons diurnes.

Évolution de la diversité des espèces en Suisse

Tab. 1: Évolution du nombre d'espèces en Suisse 2005–2014

	Plantes vasculaires	*Oiseaux nicheurs*	*Papillons diurnes*
Suisse	↗	→	→

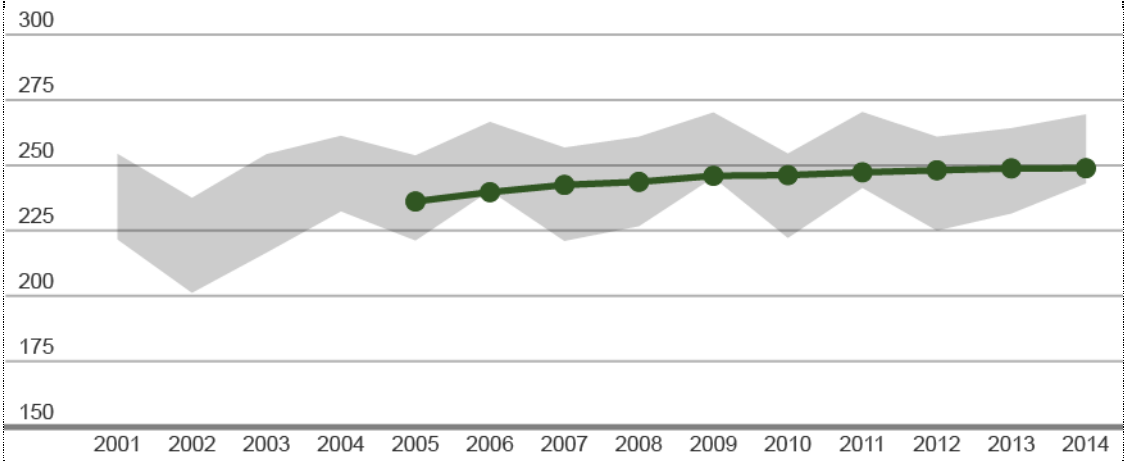
© MBD (indicateur Z7). Source: Relevés du MBD. État: mai 2015

[1] *Les «étages supérieurs» sont définis dans l'Atlas de distribution des ptéridophytes et des phanérogames de la Suisse de Welten & Sutter (éditions Birkhäuser, Bâle, 1982). Il s'agit des portions du territoire suisse situées au-dessus de la limite des forêts. Certaines surfaces du Jura correspondent à cette définition même si, à proprement parler, elles ne sont pas situées dans l'étage alpin.*

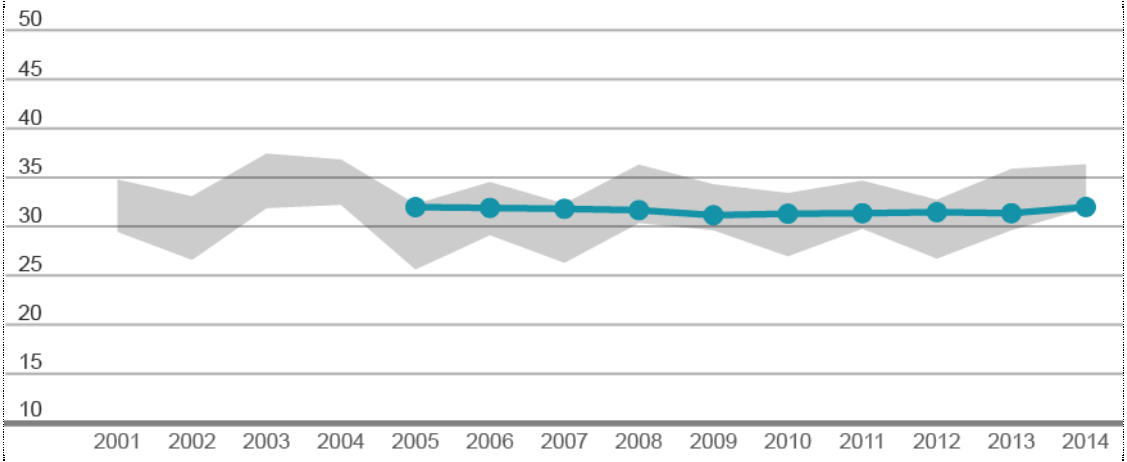
Graphique 1: Évolution du nombre d'espèces en Suisse 2001–2014

Nombre moyen d'espèces sur des surfaces d'échantillonnage d'un kilomètre carré: médiane sur 5 ans et taux de fiabilité de 95% des moyennes annuelles (surface grise). La moyenne sur 5 ans (pointillés de couleur) se réfère aux cinq dernières années.

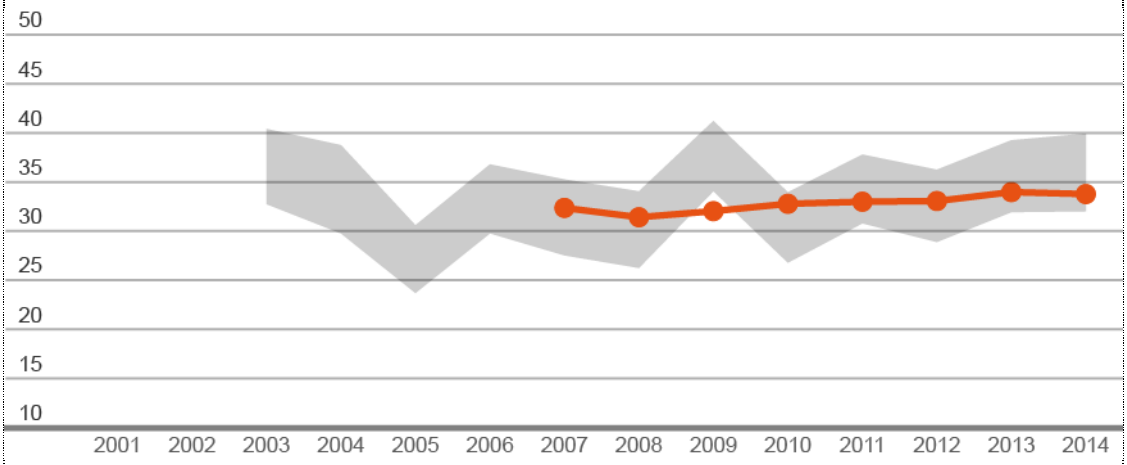
Plantes vasculaires



Oiseaux nicheurs



Papillons diurnes



© MBD (indicateur Z7). Source: relevés du MBD. État: mai 2015

*Les papillons diurnes ne sont recensés que depuis 2003

Évolution de la diversité des espèces dans les régions

Tab. 2: Évolution du nombre d'espèces dans les régions 2005–2014

	Plantes vasculaires	*Oiseaux nicheurs*	*Papillons diurnes*
Jura	→	→	→
Plateau	↗	→	↗
Versant nord des Alpes	→	→	↗
Alpes centrales	↗	↗	→
Versant sud des Alpes	→	→	→

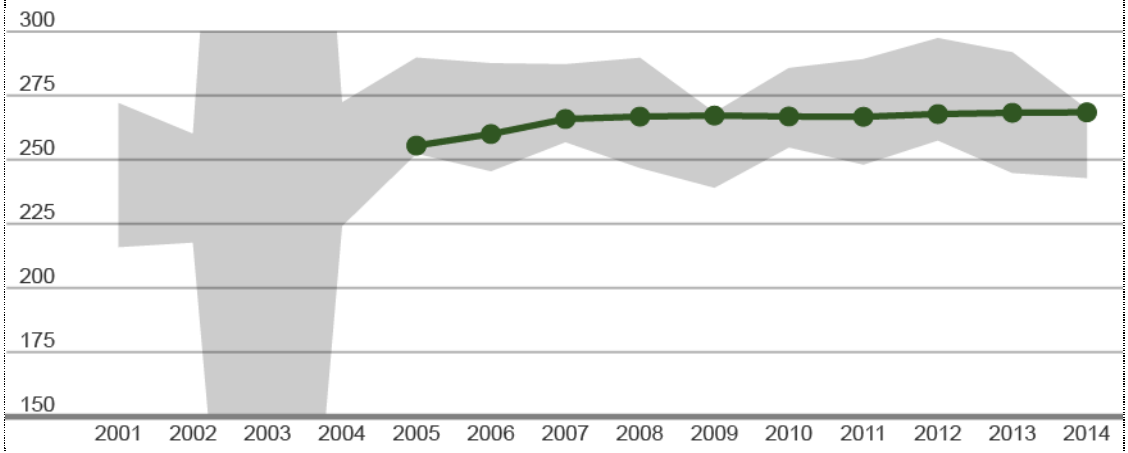
© MBD (indicateur Z7). Source: relevés du MBD. État: mai 2015

Plantes vasculaires

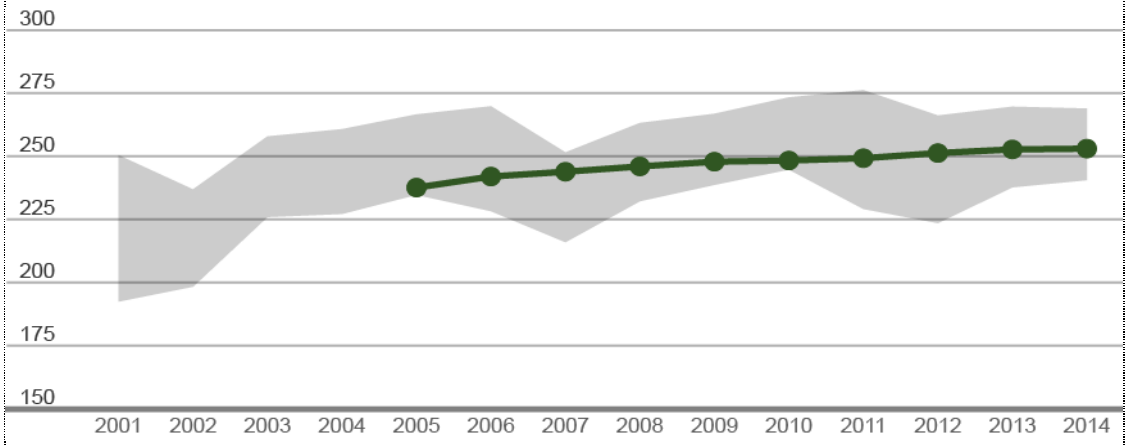
Graph. 2a: Évolution du nombre d'espèces de plantes vasculaires dans les régions 2001-2014

Nombre moyen d'espèces sur des surfaces d'échant. d'un kilomètre carré: médiane sur 5 ans et taux de fiabilité de 95% des moyennes annuelles (surface grise). La moyenne sur 5 ans (pointillés verts) se réfère aux cinq dernières années. *Le très large intervalle de confiance dans le Jura en 2003 est dû à une couverture exceptionnellement limitée des échantillons.*

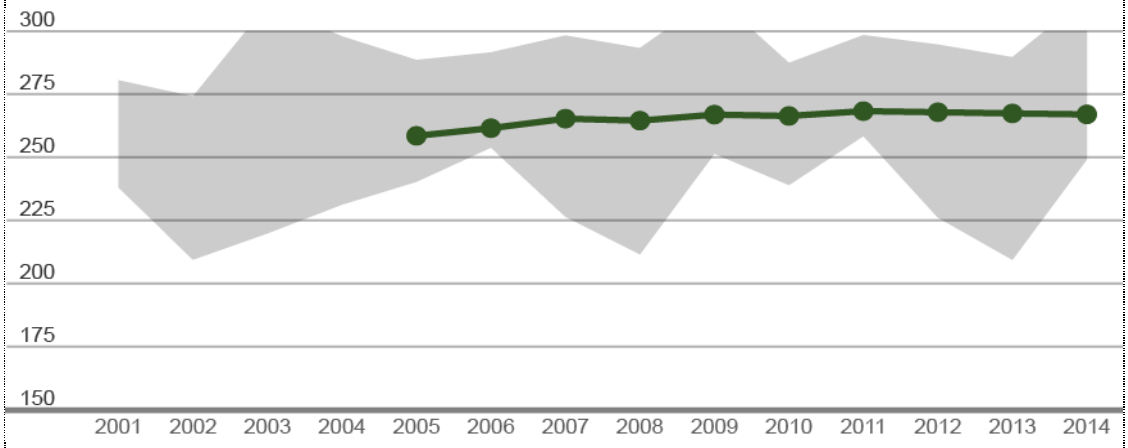
Jura



Plateau



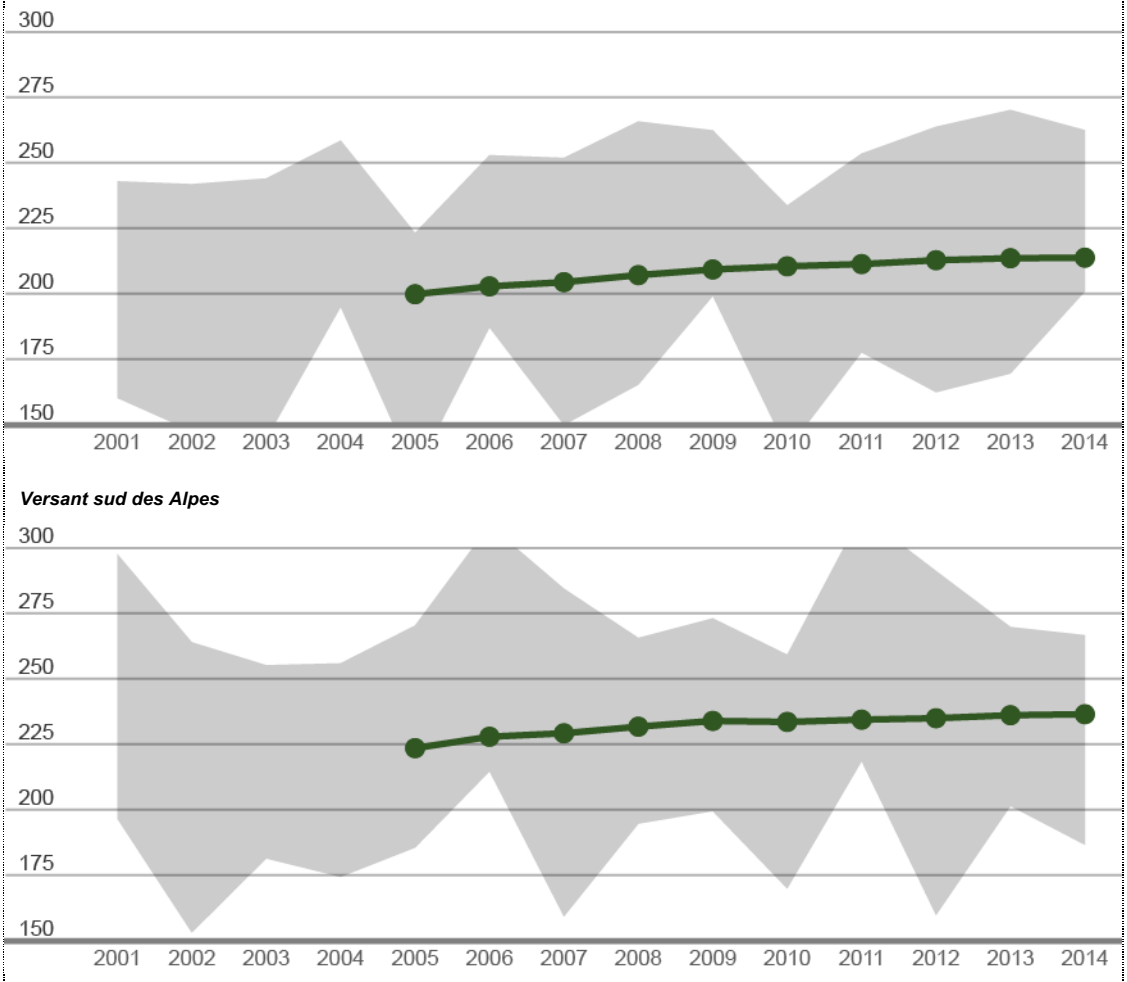
Versant nord des Alpes



© MBD (indicateur Z7). Source: relevés du MBD. État: mai 2015

Graph. 2 b: Évolution du nombre d'espèces de plantes vasculaires dans les régions 2001–2014

Nombre moyen d'espèces sur des surfaces d'échantillonnage d'un kilomètre carré: médiane sur 5 ans et taux de fiabilité de 95% des moyennes annuelles (surface grise). La moyenne sur 5 ans (pointillés verts) se réfère aux cinq dernières années.



© MBD (indicateur Z7). Source: relevés du MBD. État: mai 2015

Commentaires sur les plantes vasculaires

- De manière générale, la colonisation d'une surface d'échantillonnage de 1 km^2 par une espèce végétale indique que ladite espèce a progressé sur une distance relativement grande. L'indicateur Z7 permet ainsi de suivre les changements intervenus au niveau des aires de répartition géographique. Il se distingue en cela de l'indicateur Z9 «Diversité des espèces dans les habitats» qui réagit surtout à court terme aux variations de fréquence des espèces de plantes vasculaires à l'intérieur des habitats.
- Parmi les espèces de plantes, une progression du nombre d'espèces peut être observée sur les paysages du Plateau, des Alpes centrales ainsi que dans l'ensemble de la Suisse. Les espèces de plantes qui se sont le plus propagées au cours des dix dernières années appartiennent à différents groupes écologiques (guildes). Le groupe des plantes rudérales de moyenne et basse altitude est celui qui compte le plus d'espèces ayant tendance à se propager. Il s'agit surtout d'espèces de plantes à cycle de vie court qui germent, fleurissent, répandent de nombreuses semences et meurent en une à deux années. C'est sûrement la raison pour laquelle ces espèces se répandent plus vite que d'autres dans le paysage et que leur progression est déjà visible au bout de 10 ans. Comme exemple

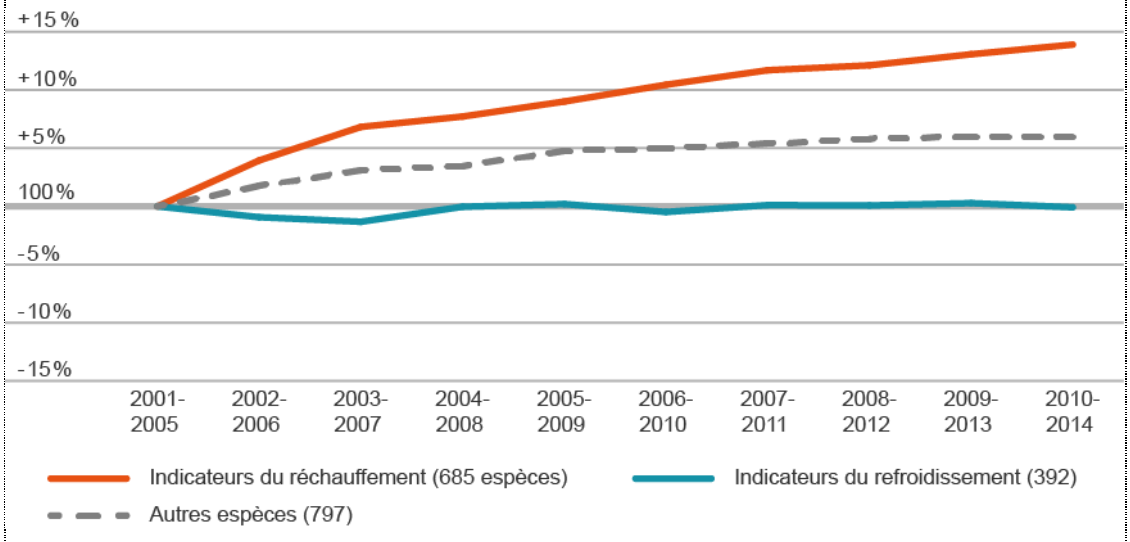
de ces espèces, on peut citer – spécialement sur le Plateau – la Petite éragrostide (*Eragrostis minor*), la Setaria pumila (*Setaria pumila*) ou le Pourpier (*Portulaca oleracea*).

- Une évaluation spéciale du MBD a montré que, dans les paysages des zones de basse altitude de Suisse, les plantes vasculaires thermophiles et résistantes à la sécheresse étaient surreprésentées (graph. 3, cf. également Bühler, 2012). Au moins durant les 30 dernières années, la plupart des stations météorologiques de Suisse ont effectivement constaté une diminution des précipitations hivernales et printanières et une hausse des températures moyennes (http://www.meteoschweiz.admin.ch/).
- Les néophytes ont plus progressé que les autres groupes d'espèces. Cette progression n'explique toutefois pas à elle seule l'augmentation des espèces dans l'indicateur Z7. Les néophytes ne représentent qu'environ 3 pour cent de toutes les observations d'espèces de plantes vasculaires de l'indicateur Z7. Parmi les néophytes, depuis 2001, ce sont les espèces thermophiles qui ont le plus progressé. Les espèces néophytes thermophiles ayant le plus tendance à se propager sont notamment le Panic capillaire (*Panicum capillare*), la Vergerette annuelle (*Erigeron annuus s.l.*) et l'Ailante glanduleux (*Ailanthus altissima*). Cette progression peut tout à fait être liée au réchauffement climatique (Bühler, 2012).
- Alors que l'indicateur Z9 «Diversité des espèces dans les habitats» fait apparaître une hausse de la distribution altitudinale moyenne des plantes alpines typiques dans les étages supérieurs, l'indicateur Z7 ne rend pas compte d'une telle tendance au niveau des paysages (Roth et al., 2014). Dans les paysages alpins, le microclimat varie fortement en fonction du relief – ce sur de petites zones. Cela permet aux espèces dérangées par le climat de trouver à proximité de nouvelles niches adaptées (Scherrer & Körner, 2011).

Évolution dans le temps des indicateurs du réchauffement et du refroidissement

Graph. 3: Évolution dans le temps des indicateurs du réchauffement et du refroidissement, plantes vasculaires (2001-2014)

Évolution du nombre moyen d'indicateurs du refroidissement (valeur d'indicateur pour température ≤ 2; d'après Landolt et al., 2010), d'indicateurs du réchauffement (valeur d'indicateur pour température ≥ 4) et des autres espèces (valeurs d'indicateur entre 2 et 4). Le nombre moyen d'espèces des cinq premières années (2001-2005) correspond à 100%.

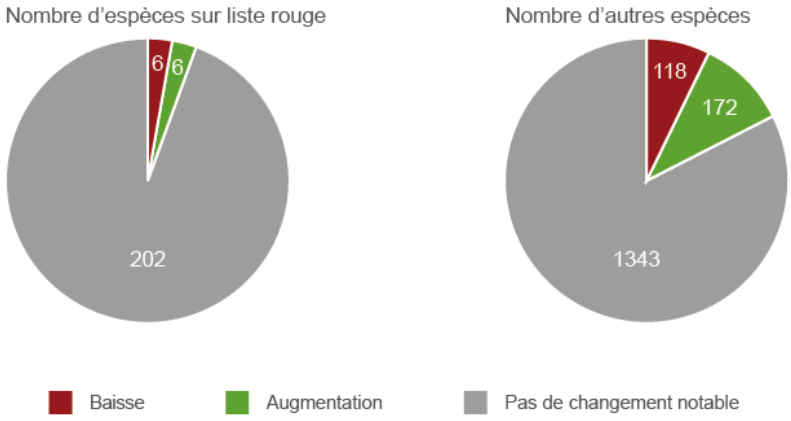


© MBD (indicateur Z7). Source: relevés du MBD 2001-2014. État: mai 2015

Évolution des espèces sur liste rouge

Graph. 4: Évolution des espèces sur liste rouge, plantes vasculaires (2005-2014)

Part des espèces de plantes vasculaires observées en Suisse par le MBD avec une évolution nettement positive, négative ou non exhaustive de la répartition. L'exhaustivité de l'évolution de la répartition est évaluée au moyen de la méthode de l'indicateur «Effectifs d'espèces largement répandues (Z8)». Sont considérées comme espèces sur liste rouge les espèces des catégories «au bord de l'extinction», «en danger» ou «vulnérables».



© MBD (indicateur Z7). Source: relevés du MBD 2005-2014. État: mai 2015

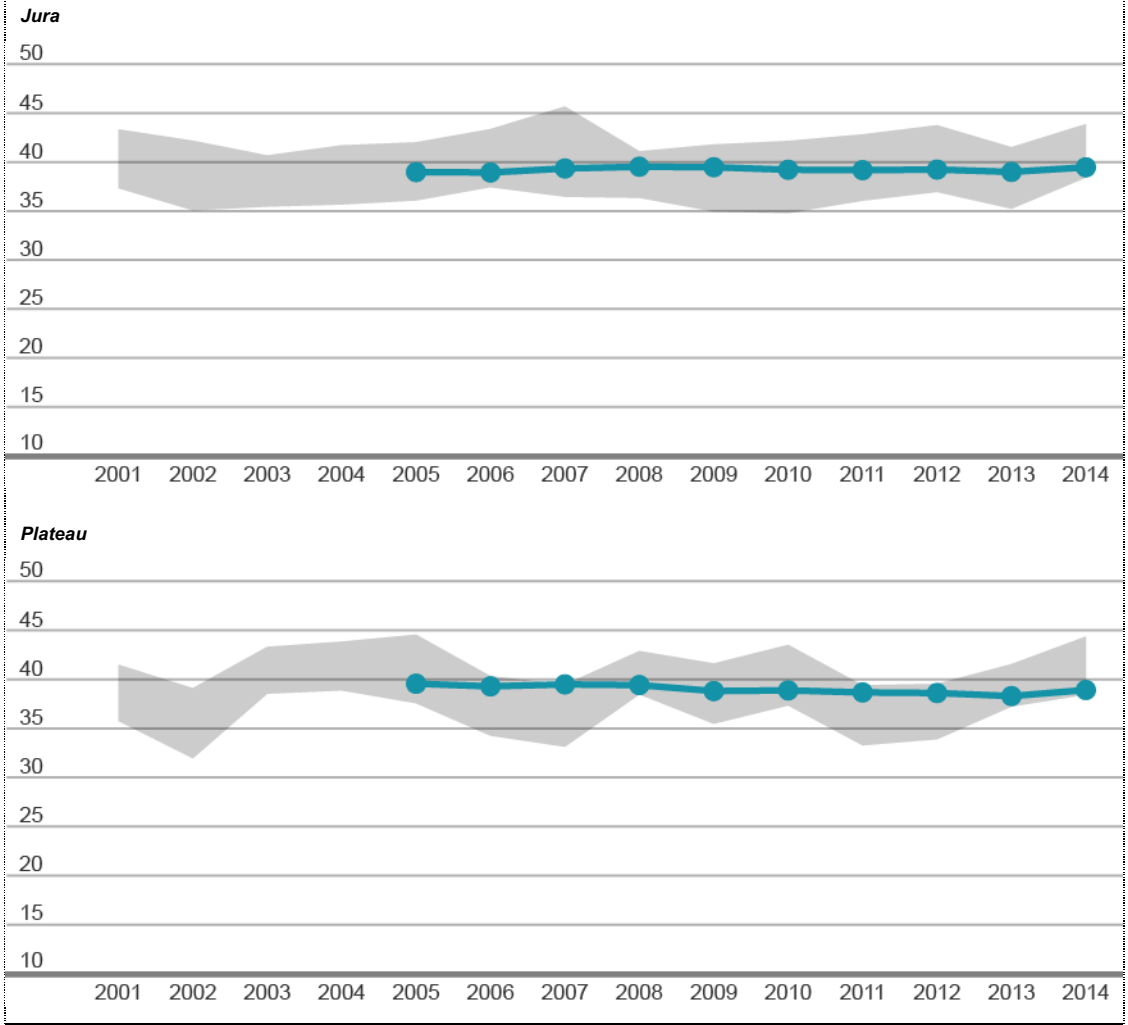
Commentaire

- L'indicateur Z7 s'intéresse en premier lieu à l'évolution à long terme des espèces fréquentes et largement répandues. Dans le cadre des relevés à grande échelle sur le terrain, des espèces rares et même menacées de la liste rouge ne cessent d'être recensées. Le nombre d'observations ne suffit pas à fournir des indications fiables sur l'évolution de certaines espèces rares. L'évolution de toutes les espèces sur liste rouge recensées reflète cependant une tendance intéressante: dans les différents paysages, les plantes vasculaires sur liste rouge progressent et régressent environ dans les mêmes proportions (graph. 4). Pour l'ensemble des espèces, celles dont la répartition progresse sont en revanche nettement plus nombreuses que celles dont la répartition régresse. Le bilan s'avère moins positif pour les espèces de la liste rouge.

Oiseaux nicheurs

Graph. 5a: Évolution du nombre d'espèces d'oiseaux nicheurs dans les régions 2001–2014

Nombre moyen d'espèces sur des surfaces d'échantillonnage d'un kilomètre carré: médiane sur 5 ans et taux de fiabilité de 95% des moyennes annuelles (surface grise). La moyenne sur 5 ans (pointillés bleus) se réfère aux cinq dernières années.

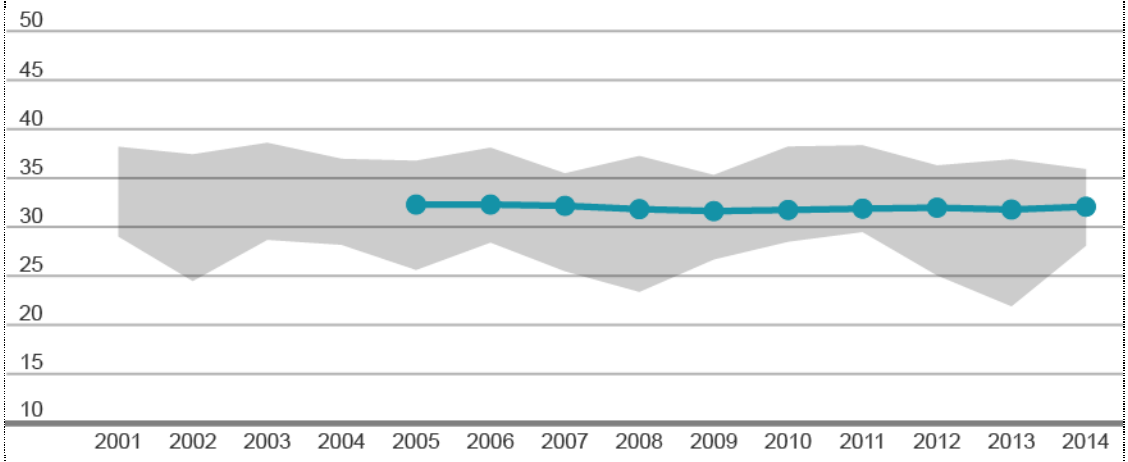


© MBD (indicateur Z7). Source: relevés du MBD. État: mai 2015

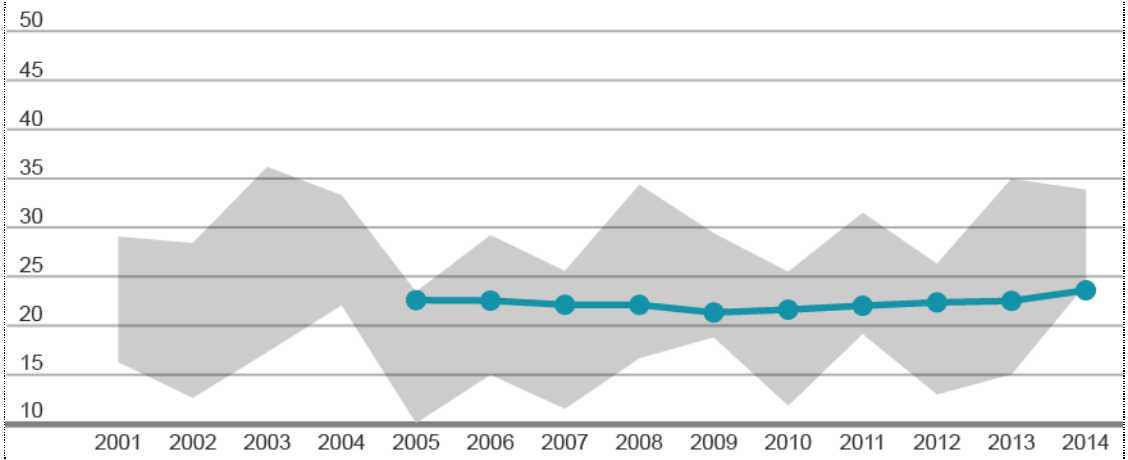
Graph. 5 b: Évolution du nombre d'espèces d'oiseaux nicheurs dans les régions 2001–2014

Nombre moyen d'espèces sur des surfaces d'échantillonnage d'un kilomètre carré: médiane sur 5 ans et taux de fiabilité de 95% des moyennes annuelles (surface grise). La moyenne sur 5 ans (pointillés bleus) se réfère aux cinq dernières années.

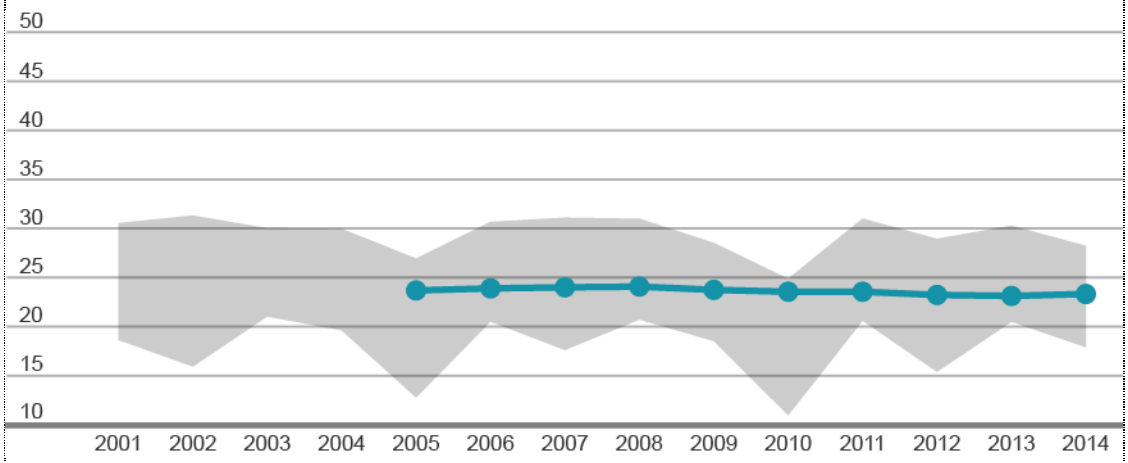
Versant nord des Alpes



Alpes centrales



Versant sud des Alpes



© MBD (indicateur Z7). Source: relevés du MBD. État: mai 2015

Commentaires sur les oiseaux nicheurs

- Bien que chez les oiseaux nicheurs, le nombre moyen d'espèces par kilomètre carré soit constant, la répartition de certaines espèces varie de manière significative (voir l'indicateur «Effectifs d'espèces largement répandues (Z8)»): le Grimpereau des bois (*Certhia familiaris*) enregistre la plus forte progression (plus 15 pour cent). Par rapport au premier relevé, le Milan royal (*Milvus milvus*) a beaucoup progressé. Depuis 2008, ses effectifs se sont cependant stabilisés. Cette progression est extrêmement réjouissante, car la préservation et la promotion du Milan royal en Suisse sont une priorité nationale (OFEV, 2011). Dans les pays limitrophes, une baisse des effectifs de ce rapace est observée. Avec 22 surfaces supplémentaires (plus 9 pour cent), la Grive draine (*Turdus viscivorus*) progresse elle aussi fortement. La Grive musicienne (*Turdus philomelos*) enregistre elle aussi une progression avec 23 surfaces supplémentaires (plus 8 pour cent).
- Avec 15 surfaces abandonnées, l'Hirondelle de fenêtre (*Delichon urbicum*) enregistre le plus fort recul (moins 16 pour cent). Avec chacun 14 surfaces abandonnées, le Martinet noir (*Apus apus*) et le Cassenoix moucheté (*Nucifraga caryocatactes*) sont nettement moins répandus qu'il y a quelques années (moins 16 pour cent).
- Le recul du nombre moyen d'espèces d'oiseaux nicheurs constaté au cours des dernières années sur le Plateau s'est atténué au point de ne plus être statistiquement détectable. La Grive litorne (*Turdus pilaris*), qui a reflué au début du 21^{e} siècle avant de progresser de nouveau légèrement au cours des dernières années, illustre bien cette tendance.
- Dans les Alpes centrales, le nombre d'espèces d'oiseaux nicheurs par kilomètre carré a progressé de manière significative au cours des dix dernières années. Près de deux tiers des espèces sont aujourd'hui plus répandues qu'il y a dix ans. Le Chocard à bec jaune (*Pyrrhocorax graculus*), le Grimpereau des bois (*Certhia familiaris*) et le Tarin des aulnes (*Carduelis spinus*) enregistrent les plus fortes progressions avec chacun au moins 10 kilomètres carrés supplémentaires.
- Un cinquième des surfaces MBD est étudié chaque année. Des tranches annuelles différemment riches en espèces entraînent par conséquent des fluctuations des valeurs annuelles, qui se répètent par cycles de 5 ans. Les effectifs des espèces d'oiseaux varient en outre naturellement d'année en année.
- Le Swiss Bird Index SBI rend compte de l'évolution du paysage aviaire suisse. Cet indice est calculé depuis 1990 par la station ornithologique suisse. Contrairement à l'indicateur du MBD «Diversité des espèces dans les paysages», le SBI prend également en compte la densité des territoires des oiseaux nicheurs à l'intérieur des surfaces d'échantillonnage.

Papillons diurnes

Graph. 6a: Évolution du nombre d'espèces de papillons diurnes dans les régions 2003–2014

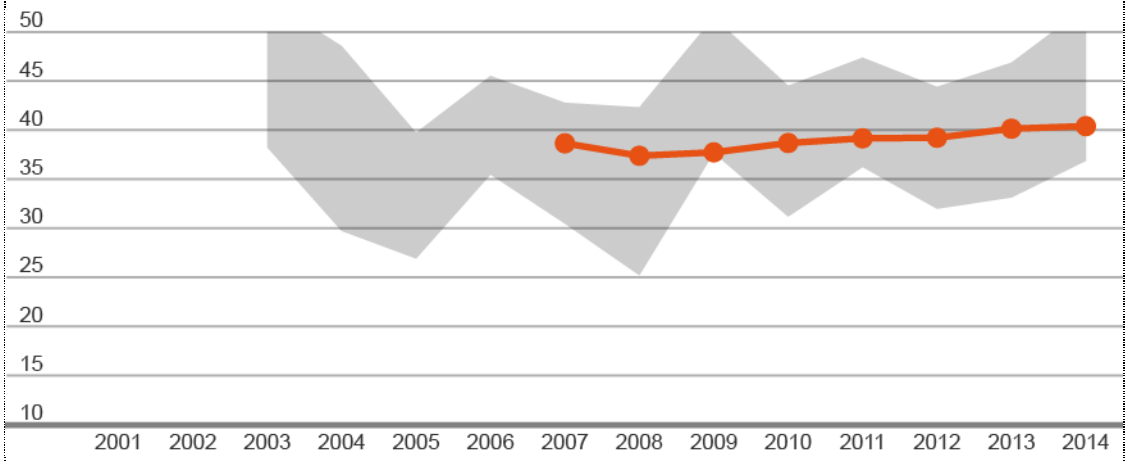
Nombre moyen d'espèces sur des surfaces d'échantillonnage d'un kilomètre carré: médiane sur 5 ans et taux de fiabilité de 95% des moyennes annuelles (surface grise). La moyenne sur 5 ans (pointillés orange) se réfère aux cinq dernières années.

© MBD (indicateur Z7). Source: relevés du MBD. État: Mai 2015

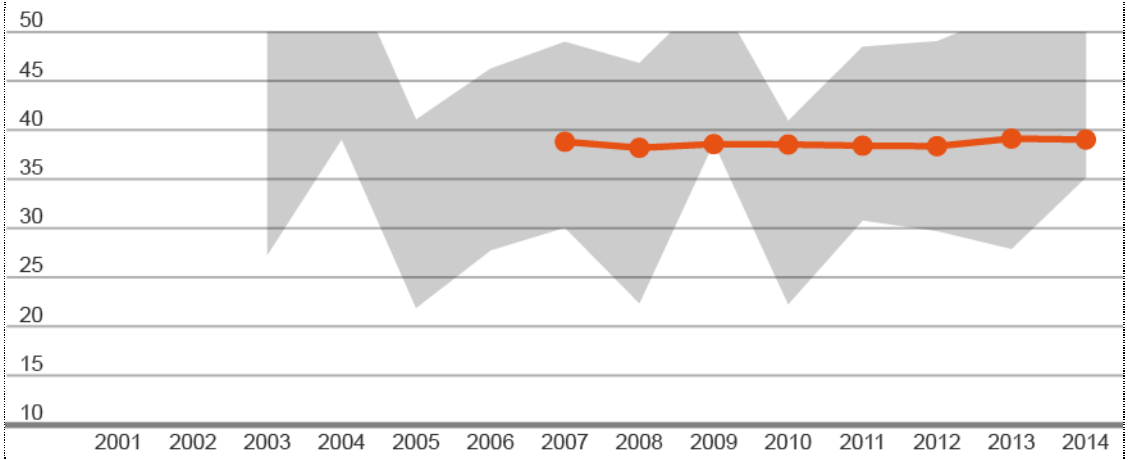
Graph. 6 b: Évolution du nombre d'espèces de papillons diurnes dans les régions 2003–2014

Nombre moyen d'espèces sur des surfaces d'échantillonnage d'un kilomètre carré: médiane sur 5 ans et taux de fiabilité de 95% des moyennes annuelles (surface grise). La moyenne sur 5 ans (pointillés orange) se réfère aux cinq dernières années.

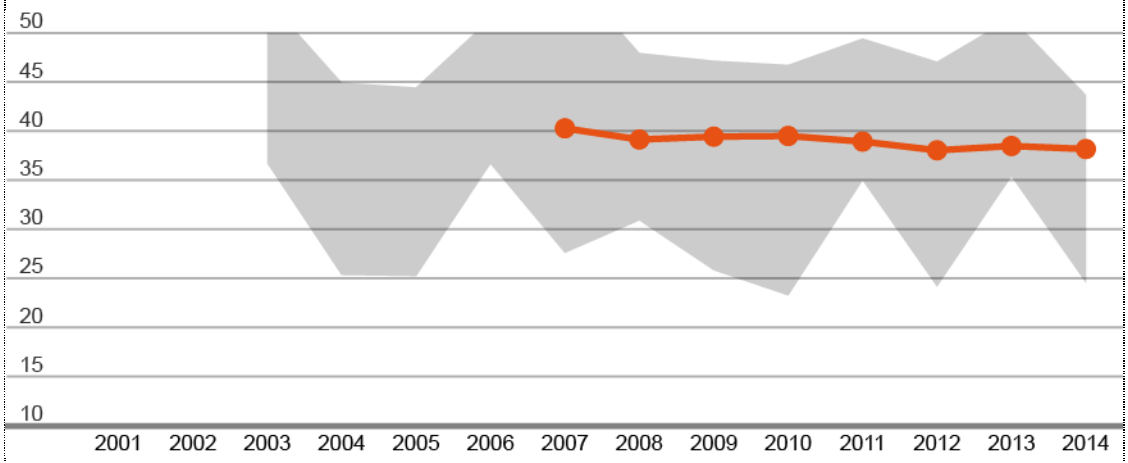
Versant nord des Alpes



Alpes centrales



Versant sud des Alpes



© MBD (indicateur Z7). Source: relevés du MBD. État: Mai 2015

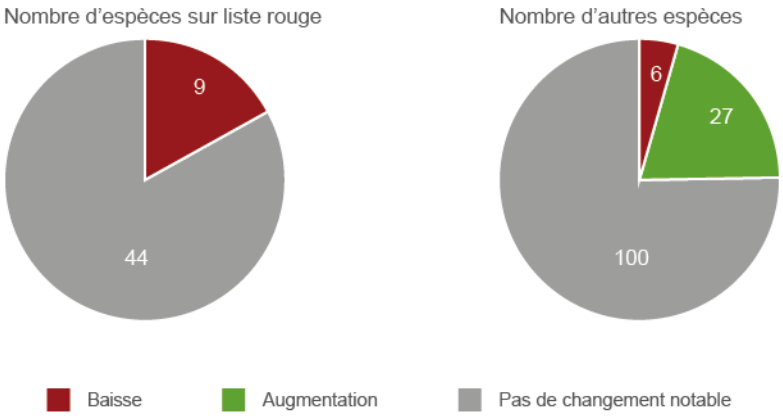
Commentaires sur les papillons diurnes

- Au cours des dix dernières années, le nombre d'espèces de papillons diurnes n'a pas progressé dans les paysages suisses. Il a en revanche progressé dans les régions biogéographiques du Plateau et, dans une moindre mesure, du versant nord des Alpes (tableau 2).
- Il est possible que les changements de ces dix dernières années n'illustrent pas une tendance à long terme. Si l'on tient compte des douze années d'échantillonnage (le MBD recense les papillons diurnes depuis 2003), les changements ne sont significatifs ni pour l'ensemble de la Suisse ni pour les différentes régions. En revanche, pour la période d'observation habituelle de 10 ans de l'indicateur Z7, une progression se dessine du fait de la non-prise en compte des valeurs record de l'année caniculaire 2003 et de la prise en compte de l'année 2013, au cours de laquelle les papillons diurnes ont enregistré une progression supérieure à la moyenne.
- La croissance du nombre d'espèces de papillons diurnes sur le Plateau et sur le versant nord des Alpes est un phénomène général qui ne peut être réduit à certains groupes d'espèces écologiques (guildes) ou même à certaines espèces. Les «gagnants» sont aussi bien les bénéficiaires de la nouvelle donne climatique que de nombreuses espèces typiques des prairies, des forêts, ainsi que quelques ubiquistes et quelques papillons migrateurs.
- L'exemple du versant sud des Alpes montre également que les changements observés à court terme chez les papillons diurnes ne correspondent pas forcément à une tendance sur le long terme. Sur les 12 années de recensement des papillons diurnes par le MBD, on constate une diminution du nombre moyen d'espèces. Extrêmement sèche et à ce titre exceptionnellement favorable aux papillons diurnes, 2003, qui marque le début des mesures, s'avère une année décisive. Si l'on ne considère que les dix dernières années – c'est-à-dire sans 2003 – on ne relève aucune évolution de la diversité des espèces de papillons diurnes sur le versant sud des Alpes.
- Les effectifs de 42 espèces ont évolué de manière significative au cours des dix dernières années. Il s'agit pour l'essentiel d'augmentation d'effectifs. Seules 15 espèces ont vu leurs effectifs diminuer. Il est encore trop tôt pour dire si ces changements reflètent une tendance à long terme.
- Parmi les espèces en forte progression se trouvent entre autres deux lycénidés thermophiles étroitement apparentés: l'Azuré du trèfle (*Cupido argiades*) et l'Azuré de la faucille (*Cupido alcetas*). Depuis 2003, ces deux espèces en provenance de Suisse romande ont proliféré sur le Plateau et dans les régions de basse altitude du Jura. La Zygène de la filipendule (*Zygaena filipendulae*), une espèce typique des prairies pauvres en nutriments, a également nettement progressé.
- Les populations de papillons diurnes sont plus sensibles aux influences environnementales, p. ex. aux précipitations annuelles, que les populations des espèces aviaires ou végétales. Le caractère positif ou négatif de la tendance observée entre deux années de relevés dépend par conséquent pour beaucoup de l'environnement et des conditions de vie des papillons diurnes. Il est probable que pour certains papillons diurnes, des tendances durables et pertinentes pour l'évolution de la biodiversité ne se dessineront qu'à long terme.

Évolution des espèces sur liste rouge et des espèces prioritaires au niveau national

Graph. 7: Évolution des espèces sur listes rouges, papillons diurnes (2005-2014)

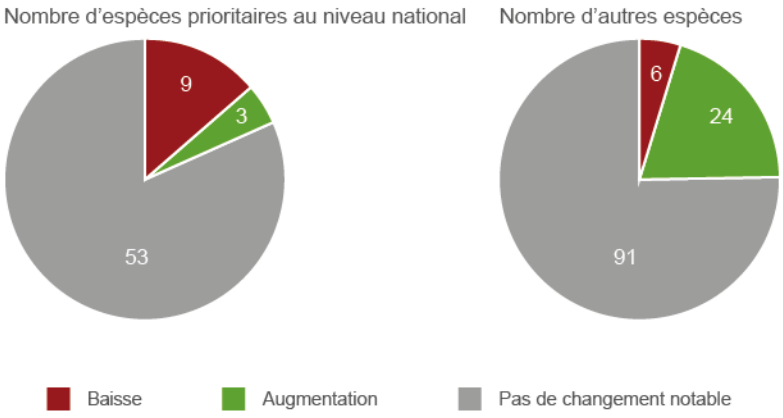
Part des espèces de papillons diurnes observées en Suisse par le MBD avec une évolution nettement positive, négative ou non exhaustive des effectifs. L'exhaustivité de l'évolution des effectifs est évaluée au moyen de la méthode de l'indicateur «Effectifs d'espèces largement répandues (Z8)». Sont considérées comme espèces sur listes rouges les espèces des catégories «au bord de l'extinction», «en danger» ou «vulnérables»



© MBD (indicateur Z7). Source: relevés du MBD 2005-2014. État: mai 2015

Graph. 8: Évolution des espèces prioritaires au niveau national, papillons diurnes (2005-2014)

Part des espèces de papillons diurnes observées en Suisse par le MBD avec une évolution nettement positive, négative ou non exhaustive des effectifs. L'exhaustivité de l'évolution des effectifs est évaluée au moyen de la méthode de l'indicateur «Effectifs d'espèces largement répandues (Z8)». Sont considérées comme espèces prioritaires au niveau national les espèces des catégories 1 à 4 d'après la liste des espèces prioritaires pour la conservation au niveau national, état 2010.



© MBD (indicateur Z7). Source: relevés du MBD 2005-2014. État: mai 2015

Commentaire

- Une grande partie des espèces de papillons diurnes qui progressent actuellement sont fréquentes et largement répandues (cf. aussi l'indicateur «Effectifs d'espèces largement répandues (Z8)»). Si l'on ne considère que les espèces de papillons diurnes menacées selon le classement dans la liste rouge suisse, on observe un recul significatif des effectifs de ce «groupe d'espèces» important en termes de protection de la nature. Il apparaît également que dans les groupes des espèces sur liste rouge et des

espèces prioritaires au niveau national, le nombre d'espèces qui régressent est nettement supérieur au nombre d'espèces qui progressent.

Évolution de la diversité des espèces dans les étages supérieurs

Tab. 3: Évolution du nombre d'espèces dans les étages supérieurs 2005–2014

	Plantes vasculaires	*Oiseaux nicheurs*	*Papillons diurnes*
Étages supérieurs	↗	→	→

© MBD (indicateur Z7). Source: Relevés du MBD. État: mai 2015

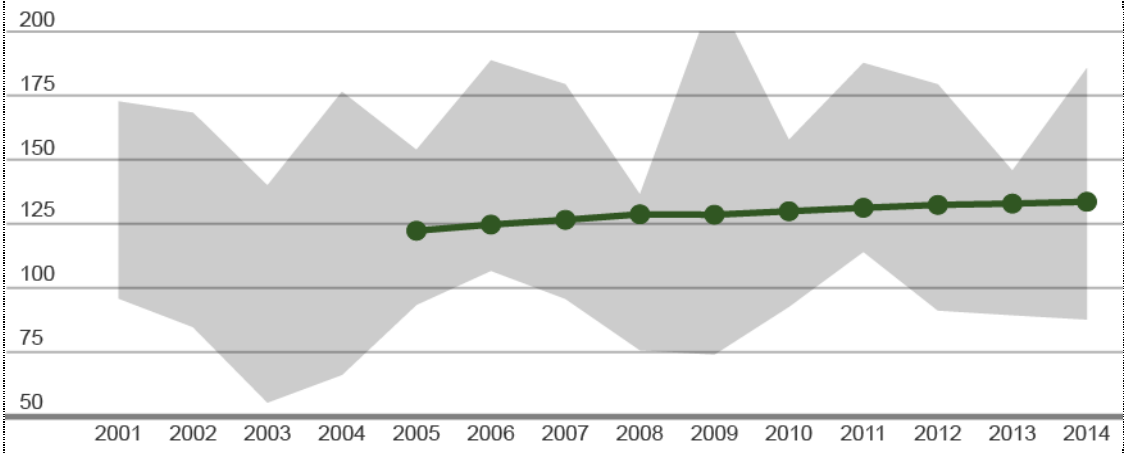
Commentaires sur les étages supérieurs

- Les écosystèmes alpins sont considérés comme particulièrement sensibles et pourraient par conséquent – par exemple en raison du changement climatique – connaître des changements majeurs au cours des prochaines décennies.
- Comme des évaluations spéciales du MBD le montrent, les espèces végétales thermophiles se répandent de plus en plus à haute altitude (cf. graph. 3 et Bühler, 2012). Ceci se reflète dans l'augmentation du nombre d'espèces dans les étages supérieurs.
- Dans les étages supérieurs, le nombre d'espèces d'oiseaux nicheurs et de papillons diurnes n'enregistre actuellement aucun changement significatif.

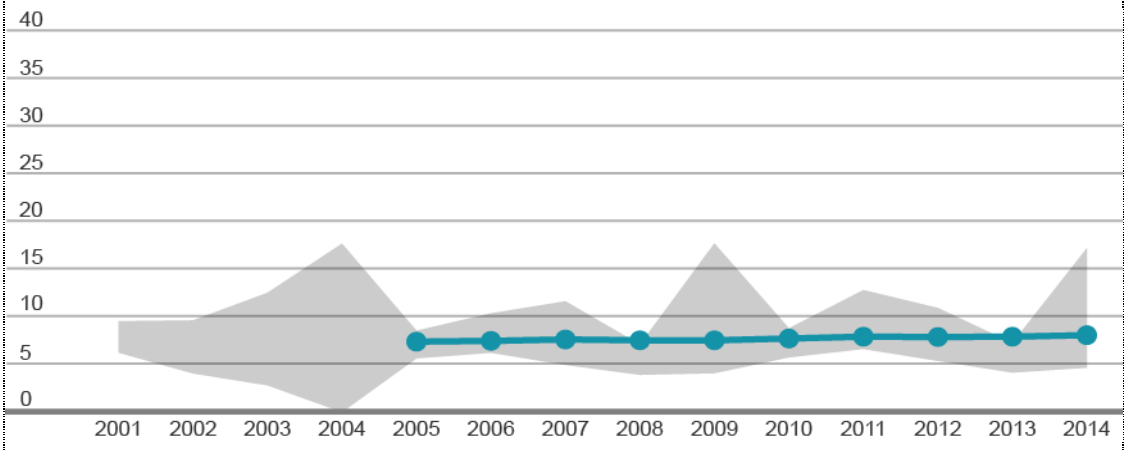
Graphique 9: Évolution du nombre d'espèces dans les étages supérieurs 2001*-2014

Nombre moyen d'espèces sur des surfaces d'échantillonnage d'un kilomètre carré: médiane sur 5 ans et taux de fiabilité de 95% des moyennes annuelles (surface grise). La moyenne sur 5 ans (pointillés de couleur) se réfère aux cinq dernières années.

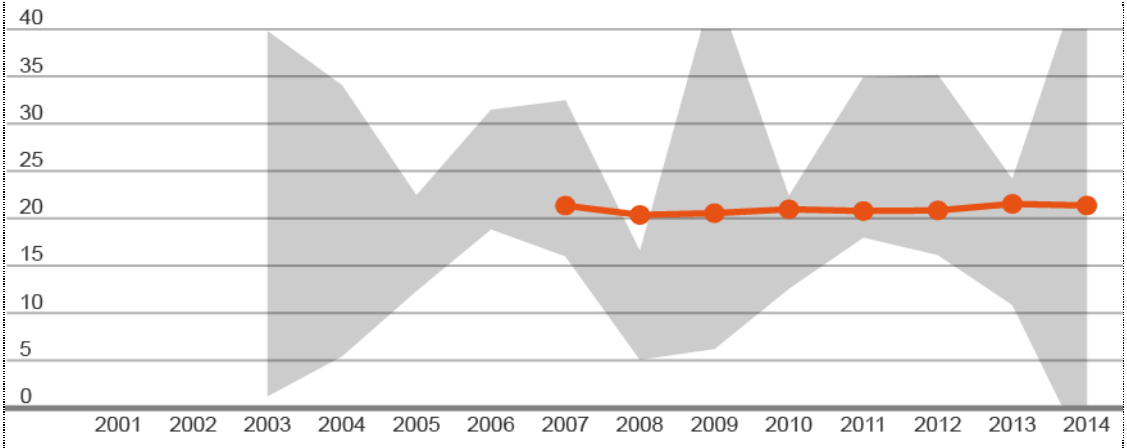
Plantes vasculaires



Oiseaux nicheurs



Papillons diurnes



© MBD (indicateur Z7). Source: relevés du MBD. État: mai 2015

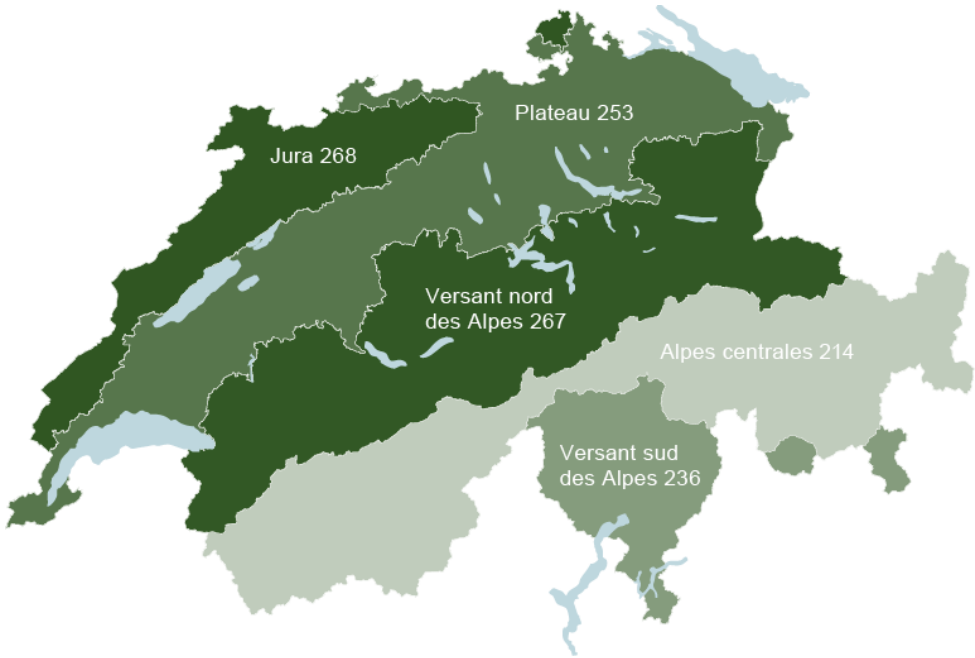
*Les papillons diurnes ne sont recensés que depuis 2013

État de la diversité végétale

La carte suivante recense le nombre moyen d'espèces de plantes vasculaires sur des transects de 2,5 km de long par kilomètre carré dans les différentes régions biogéographiques de Suisse[2]. Pour la Suisse, la valeur moyenne est de 249 espèces. Les surfaces les plus riches en espèces de plantes avec en moyenne plus de 265 espèces se trouvent dans le Jura et sur le versant nord des Alpes. Les surfaces d'échantillonnage situées dans les Alpes centrales sont celles sur lesquelles on a observé en moyenne le moins d'espèces.

Graph.10: Diversité de plantes vasculaires par régions (2010–2014)

Nombre moyen d'espèces de plantes vasculaires sur des transects de 2,5 km de long sur des surfaces d'échantillonnage d'un kilomètre carré dans les différentes régions biogéographiques de Suisse. Moyenne Suisse: 249



© MBD (indicateur Z7). Source: relevés du MBD 2010–2014. État: mai 2015

Commentaires

- Dans les Alpes centrales, le faible nombre moyen de 214 espèces de plantes vasculaires est dû au nombre comparativement élevé de surfaces d'échantillonnage pauvres en espèces dans les étages supérieurs. Les zones de basse altitude des Alpes centrales comportent par contre de nombreuses surfaces riches en espèces. Ainsi, plus de 350 espèces de plantes ont été observées sur plusieurs surfaces de basse altitude des cantons du Valais et des Grisons. Sur une surface du versant sud de la vallée du Rhône, on en a même relevé 395.
- Des données sur la fréquence et l'évolution de certaines espèces ainsi que d'autres informations sont disponibles dans l'indicateur «Effectifs d'espèces largement répandues (Z8)».
- Les données chiffrées complètes sont disponibles dans l'annexe 1.

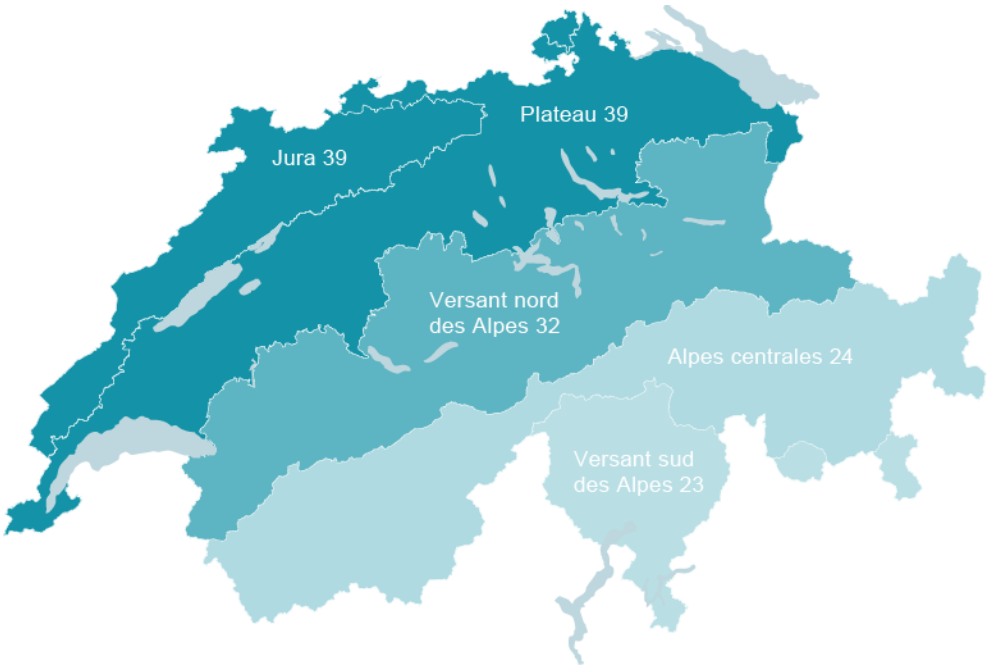
[2] *Régions d'après «Les régions biogéographiques de la Suisse» (Gonseth et al., 2001). Les Alpes centrales orientales et occidentales sont regroupées sous «Alpes centrales».*

État de la diversité d'oiseaux nicheurs

La carte suivante recense le nombre moyen d'espèces d'oiseaux nicheurs par kilomètre carré dans les différentes régions biogéographiques de Suisse.

Graph. 11: Diversité d'oiseaux nicheurs par régions (2010-2014)

Nombre moyen d'espèces d'oiseaux nicheurs sur des surfaces d'échantillonnage d'un kilomètre carré dans les différentes régions biogéographiques de Suisse. Moyenne Suisse: 32



© MBD (indicateur Z7). Source: relevés du MBD 2010-2014. État: mai 2015

Commentaires

- Le potentiel de diversité aviaire est nettement plus élevé sur le Plateau que ce que les faibles moyennes d'espèces recensées laissent supposer. Certaines surfaces d'échantillonnage, qui abritent plus de 50 espèces, confirment cette hypothèse. De nombreuses espèces d'oiseaux du pays de culture – par ex. la Chevêche d'Athéna (*Athene noctua*) et la Huppe fasciée (*Upupa epops*) – présentes sur le Plateau en 1950 en ont pour la plupart disparu.
- Au cours de la seconde moitié du 20^{e} siècle, le paysage s'est considérablement transformé, surtout dans les régions de plaine. Cette évolution, comme l'indique l'Atlas historique des oiseaux nicheurs (Knaus et al., 2011), a eu un impact négatif sur la diversité aviaire.
- Le Jura et le Plateau, avec chacun 39 espèces d'oiseaux nicheurs par kilomètre carré, sont nettement plus riches en espèces que les Alpes centrales ou le versant sud des Alpes. Dans ces régions, certaines valeurs extrêmes des surfaces de haute montagne entraînent un nombre moyen d'espèces bas.
- Des données sur la fréquence et l'évolution de certaines espèces ainsi que d'autres informations sont disponibles dans l'indicateur «Effectifs d'espèces largement répandues (Z8)».
- Les données chiffrées complètes sont disponibles dans l'annexe 1.

État de la diversité des papillons diurnes

La carte suivante recense le nombre moyen d'espèces de papillons par kilomètre carré dans les différentes régions biogéographiques de Suisse.

Graph. 12: Diversité de papillons diurnes par régions (2010-2014)

Nombre moyen d'espèces de papillons diurnes sur des transects de 2,5 km de long sur des surfaces d'échantillonnage d'un kilomètre carré dans les différentes régions biogéographiques de Suisse. Moyenne Suisse: 34

© MBD (indicateur Z7). Source: relevés du MBD 2010-2014. État: mai 2015

Commentaires

- Pour la Suisse, la valeur moyenne des espèces de papillons diurnes est de 34. Sur le Plateau, on recense en moyenne moitié moins d'espèces de papillons (22) que dans les Alpes. Avec en moyenne 30 espèces, le Jura occupe une position intermédiaire. Le versant nord des Alpes présente une biodiversité surprenante: la diversité moyenne des espèces y est la même que dans les Alpes centrales et du sud.
- Par rapport au reste de l'Europe, la richesse en papillons diurnes des Alpes suisses est exceptionnelle. Même dans les pays d'Europe du sud normalement plus riches en espèces, on ne trouve une telle richesse que dans certaines chaînes montagneuses des Pyrénées ou des Balkans. Parmi les rares pays disposant de données de transect comparables, seules les Pyrénées catalanes présentent des valeurs aussi élevées. La Suisse assume par conséquent une grande responsabilité dans la préservation de la diversité des papillons diurnes européens.
- Par rapport aux deux autres groupes d'espèces, la faible diversité des espèces de papillons est frappante sur le Plateau, où l'on trouve environ moitié moins d'espèces que dans les Alpes – même si certaines surfaces des étages les plus élevés des Alpes sont très pauvres en espèces.
- Sur le Plateau, soumis à une agriculture intensive, les habitats riches en espèces sont aujourd'hui très disséminés. Certaines surfaces d'échantillonnage, qui abritent plus de 30 espèces, présentent en revanche un potentiel bien supérieur. Il est en outre établi que de nombreuses espèces de papillons diurnes – par exemple l'Argus frêle (*Cupido minimus*) – autrefois très répandues sur le Plateau ne sont aujourd'hui plus que rarement observées.

- Le nombre étonnamment élevé d'espèces de papillons diurnes sur le versant nord des Alpes s'explique par la grande variété des sites secs et des habitats humides présents dans cette région et propices à la prolifération des papillons diurnes. Les prairies maigres des versants sud y alternent avec des pentes ruisselantes et de vastes bas marais. Dans l'interprétation, il faut toutefois tenir compte du fait que dans les Alpes centrales, la part de surfaces de haute montagne pauvres en espèces est plus élevée.
- Des données sur la fréquence et l'évolution de certaines espèces ainsi que d'autres informations sont disponibles dans l'indicateur «Effectifs d'espèces largement répandues (Z8)».
- Les données chiffrées complètes sont disponibles dans l'annexe 1.

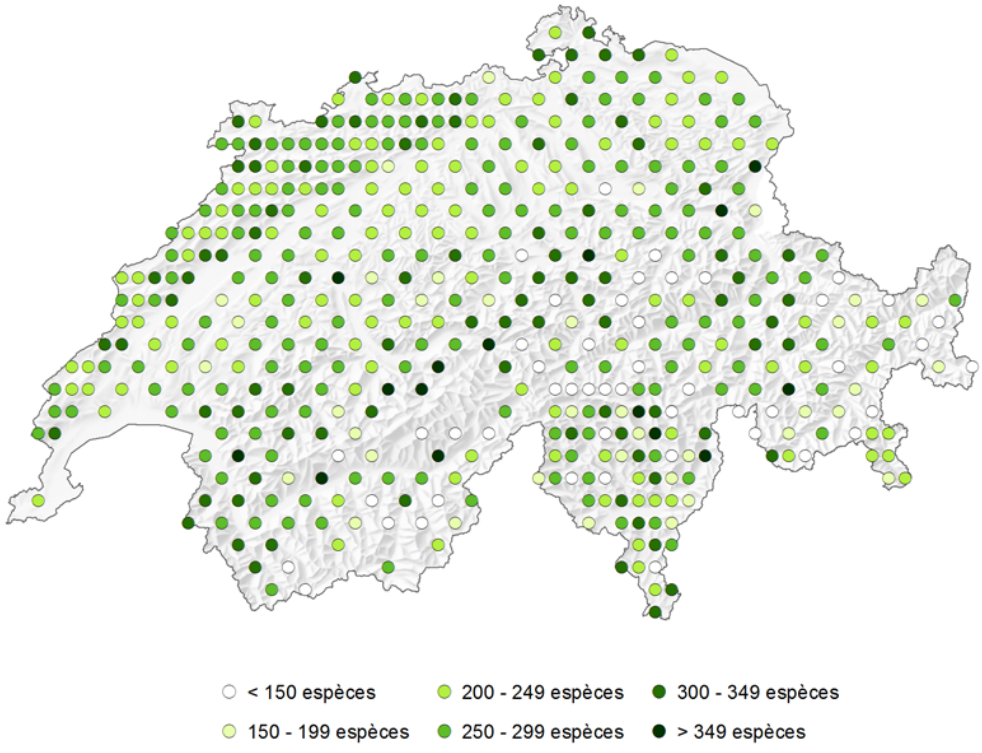
Diversité sur les surfaces d'échantillonnage

Les graphiques suivants montrent le nombre d'espèces recensées à l'aide de la méthode du MBD sur les surfaces d'échantillonnage du MBD. La position des surfaces d'échantillonnage dans le paysage est définie selon un quadrillage fixe. Les valeurs mesurées doivent par conséquent être interprétées avec précaution. La diversité des espèces d'un environnement donné ne peut être en particulier déduite de données isolées. Certains échantillons reflètent cependant bien les conditions régionales.

Comme la trame le suggère au premier coup d'œil, dans les Alpes, des carrés pauvres en espèces jouxtent des carrés très riches en espèces. Cette situation résulte des reliefs très marqués. Le Plateau et le Jura semblent en revanche beaucoup plus homogènes, même si l'on peut observer ça et là des carrés particulièrement riches ou pauvres en espèces.

Graph. 13: Diversité végétale sur les surfaces d'échantillonnage (2008–2012)

Nombre d'espèces de plantes vasculaires par kilomètre carré sur les surfaces d'échantillonnage du MBD étudiées



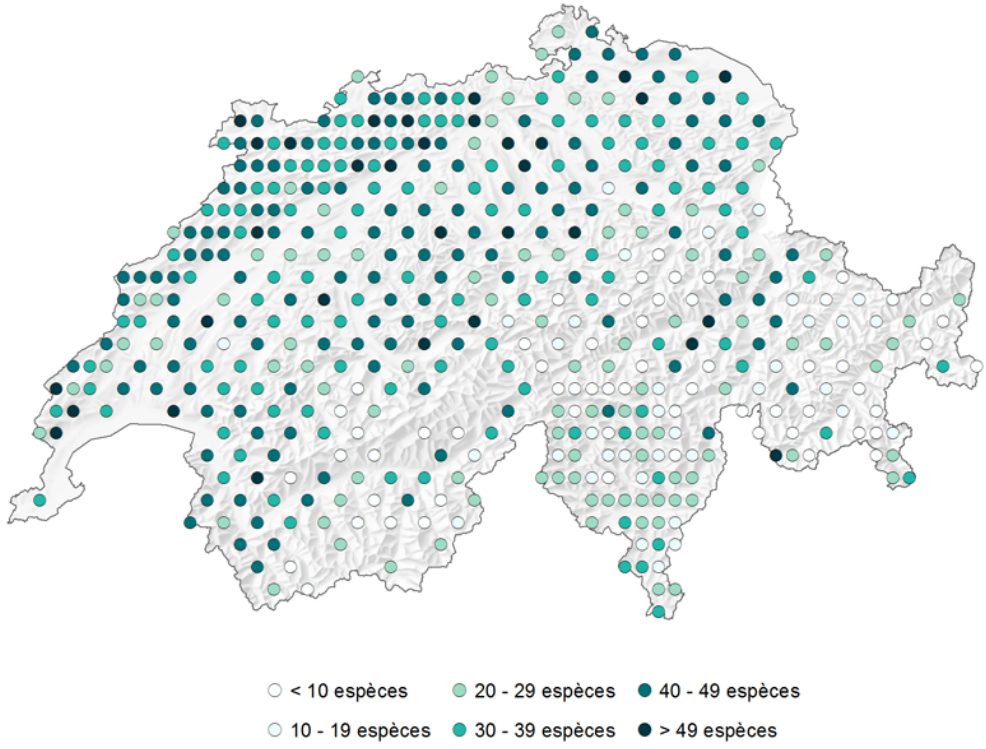
© MBD (indicateur Z7). Source: relevés du MBD. État: mai 2013

Commentaires

- Les surfaces les plus pauvres en espèces sont situées à l'étage alpin supérieur, à plus de 2500 mètres d'altitude. Ces surfaces présentent une proportion élevée de rochers, de glaciers ou de névés. Seul un nombre restreint d'espèces est capable de vivre sur des surfaces exposées à de telles conditions extrêmes.
- La plupart des espèces de plantes ont été observées sur des surfaces d'échantillonnage du versant nord des Alpes et du Valais. Les surfaces les plus riches en espèces se caractérisent par de fortes dénivellations et par une grande variété d'habitats sur un espace restreint.

Graph. 14: Diversité d'oiseaux nicheurs sur les surfaces d'échantillonnage (2008–2012)

Nombre d'espèces d'oiseaux nicheurs par kilomètre carré sur les surfaces d'échantillonnage du MBD étudiées



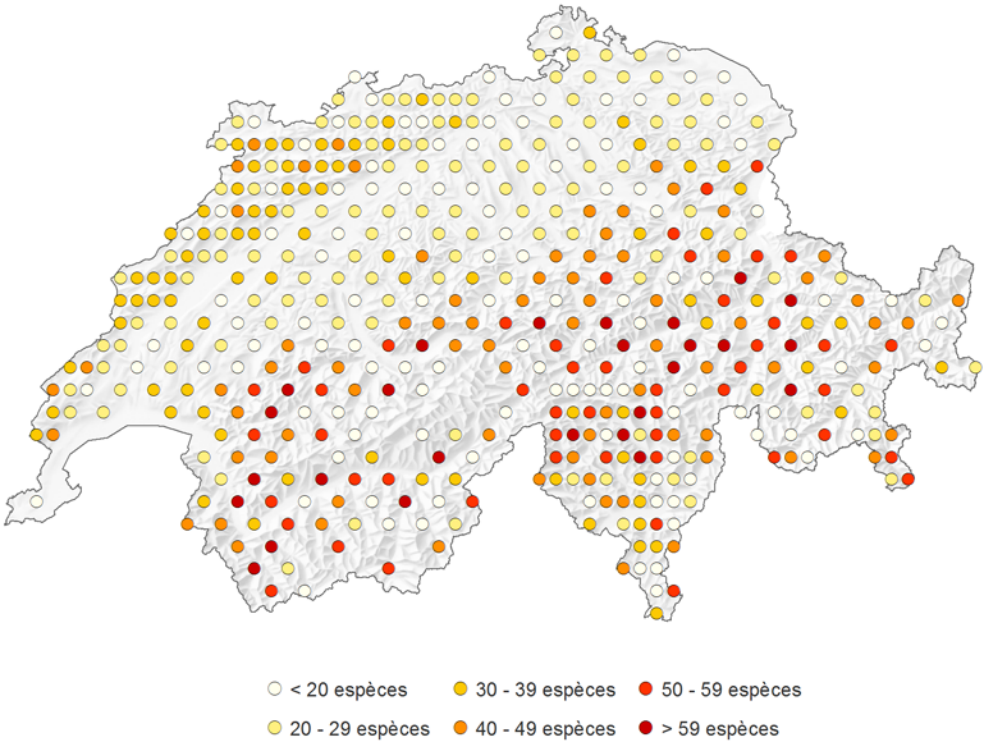
© MBD (indicateur Z7). Source: relevés du MBD. État: mai 2013

Commentaires

- Pour les oiseaux nicheurs, les points sombres indiquant un nombre élevé d'espèces se concentrent surtout dans le Jura et sur le Plateau, tandis que les points clairs dans les zones plus élevées indiquent un nombre d'espèces peu élevé.
- Une surface d'échantillonnage avec l'un des plus grands nombres d'espèces d'oiseaux nicheurs est située dans la vallée du Rhin antérieur (59 espèces). Cette surface se compose de prairies extensives, de haies, de bosquets, d'une partie de forêt alluviale et d'habitations. Les valeurs minimales du nombre d'espèces proviennent de surfaces d'échantillonnage de l'étage alpin supérieur ou de surfaces à forte composante lacustre.

Graph. 15: Diversité de papillons diurnes sur les surfaces d'échantillonnage (2008-2012)

Nombre d'espèces de papillons diurnes par kilomètre carré sur les surfaces d'échantillonnage du MBD étudiées



© MBD (indicateur Z7). Source: relevés du MBD. État: mai 2013

Commentaires

- Le nombre d'espèces recensées varie fortement. Les valeurs extrêmes enregistrées pour les papillons diurnes l'illustrent clairement: sur 17 des 464 surfaces traitées, moins de 10 espèces ont été recensées, et sur 27 surfaces, plus de 60 espèces.
- Le record – 77 espèces – est détenu par une surface du val de Bagnes. Les surfaces abritant moins de 10 espèces de papillons diurnes sont situées principalement sur le Plateau (y compris dans les zones d'habitation) ainsi que dans les étages supérieurs des Alpes.
- Par rapport aux deux autres groupes d'espèces, la prééminence de surfaces pauvres en espèces de papillons diurnes est frappante sur le Plateau. Cette particularité fait que la richesse moyenne en espèces y est de moitié inférieure à celle des Alpes.
- 94 pour cent de toutes les espèces de papillons diurnes occurrentes en Suisse ont été recensées. Les papillons diurnes sont extrêmement mobiles. Ainsi, des espèces ont été observées qui en fait se reproduisent en dehors du secteur de transect.

Informations complémentaires

Les échantillonnages systématiques et standardisés du MBD garantissent une couverture représentative de la Suisse et permettent des analyses qui, avec des ensembles de données moins étayés, seraient impossibles. C'est pourquoi l'examen des données globales disponibles a porté sur différents points.

Influence du nombre d'espèces de papillons diurnes par l'afflux de papillons migrateurs
Lors des bonnes années, les papillons migrateurs sont observés massivement dans le cadre des saisies du Z7. Dans quelle mesure les papillons migrateurs influencent-ils les données du MBD?
> Davantage à ce sujet dans l'annexe X.

Quels papillons diurnes indiquent une diversité élevée de papillons diurnes?

Quelles espèces de papillons diurnes sont typiques des zones pauvres en espèces et quelles autres espèces apparaissent régulièrement dans les habitats très riches en espèces? Parmi tous les papillons diurnes, la Zygène de la Carniole (*Zygaena carniolica*) indique une très grande diversité de papillons: partout où ce papillon a été observé, les collaborateurs du MBD ont recensé au moins 37 autres espèces, et même 57 en moyenne!
> Davantage à ce sujet dans l'annexe Y.

Cartes de diversité des espèces
La répartition de la richesse en espèces en Suisse peut être estimée à partir de modèles mathématiques à l'aide des données du MBD. Contrairement aux cartes des régions ci-dessus, les modèles de prévision informatiques traduisent une diversité prenant en compte le relief, l'exploitation du terrain et les conditions climatiques.
> Davantage à ce sujet dans l'annexe Z.

Importance de l'indicateur pour la biodiversité

Divers facteurs influencent la biodiversité des surfaces Z7 d'un kilomètre carré chacune. Le modèle de répartition biogéographique ainsi que certains facteurs physiques, comme le relief, la géologie et le climat, déterminent le potentiel naturel. Les régions des versants nord et sud des Alpes présentent par nature un grand potentiel. Les grandes variations d'altitude et le relief marqué de ces régions génèrent une multitude d'habitats qui abritent un nombre tout aussi important d'espèces. Il n'est donc pas étonnant que les valeurs les plus élevées du nombre d'espèces de plantes vasculaires et de papillons diurnes aient été trouvées sur les surfaces étudiées des versants nord et sud des Alpes.

Plus les activités humaines accaparent de surfaces, plus la biodiversité est fonction de la nature et de l'intensité de l'exploitation du sol. Pour preuve, les valeurs relevées dans le Jura et le Plateau suisse: les valeurs maximales sont presque identiques pour ces deux régions, dont le potentiel naturel est donc comparable. Toutefois, les valeurs moyennes du Jura sont plus élevées que celles du Plateau suisse. En ce qui concerne les papillons diurnes, les différences sont telles que même les surfaces du Jura plutôt pauvres en espèces en abritent toujours presque autant que la surface moyenne du Plateau suisse. Ces chiffres démontrent que l'exploitation intensive du Plateau a déjà provoqué la disparition de nombreux habitats précieux. Les espèces animales et végétales qui dépendaient de ces habitats ont disparu.

La diversité spécifique dans les paysages (Z7) dépend de la quantité et de la qualité des habitats: plus les habitats d'un paysage sont diversifiés (prairies, forêts ou champs), plus les espèces à y vivre sont nombreuses. Toutefois, la qualité des habitats joue aussi un rôle essentiel. Il est ainsi important de noter si une surface étudiée abrite seulement des prairies riches ou aussi des prairies maigres. En règle générale, il est positif que les valeurs Z7 soient élevées ou augmentent.

Les surfaces Z7 à faible biodiversité se distinguent principalement des surfaces à forte biodiversité par l'absence d'habitats moyennement fréquents, comme les prairies maigres. Lorsque ce type d'habitat fait défaut, les espèces qui y vivent, telles que la Sauge des prés (*Salvia pratensis*) ou le Demi-deuil (*Melanargia galathea*), ne trouvent plus d'autres habitats. Les espèces les plus courantes et les plus répandues sont présentes dans presque toutes les surfaces Z7 et sont beaucoup moins sensibles aux changements. Les espèces très rares ne sont pas très pertinentes pour la valeur Z7, car elles ne vivent que rarement et occasionnellement sur les surfaces étudiées par le MBD.

Étant donné que l'indicateur Z7 analyse les variations de la biodiversité, les modifications d'exploitation et les catastrophes naturelles, comme l'ouragan Lothar en 1999 ou la canicule de l'été 2003, l'influencent directement.

En ce qui concerne l'évaluation du développement de la biodiversité, il convient de noter qu'en plus du nombre d'espèces recensées, les différences de composition des biocénoses contribuent à la biodiversité. Cette réalité est prise en compte dans l'indicateur du MBD «Diversité des biocénoses (Z12)».

Définition de l'indicateur

Évolution de la diversité spécifique moyenne chez certains groupes d'espèces sur des surfaces d'échantillonnage de 1 km^2.

La dimension des surfaces d'échantillonnage couvre un kilomètre carré pour tous les groupes d'espèces étudiés, les peuplements correspondants étant inventoriés selon des méthodes standardisées. Le réseau d'échantillonnage forme une grille régulière couvrant toute la Suisse à partir d'un point choisi au hasard. Afin de permettre des constats sur les petites régions, des surfaces supplémentaires ont également été fixées dans les régions Jura et Sud des Alpes. Au total, le réseau d'échantillonnage compte 519 surfaces. Près de 30 surfaces – surtout en haute montagne – n'ont pas pu être étudiées du fait qu'elles sont inaccessibles. Les experts du MBD n'ont également pas sondé les surfaces entièrement couvertes par des glaciers ou par des lacs. Dans l'évaluation, les glaciers sont considérés comme n'abritant par définition aucune espèce, tandis que les surfaces lacustres ne sont pas évaluées.

Z7 est calculé sur l'ensemble de la Suisse, mais aussi en fonction des principales régions biogéographiques. Certaines remarques sont également possibles pour «les étages supérieurs» (zones situées au-dessus de la limite des forêts), ainsi que pour d'autres portions du territoire couvrant une importante superficie. Jusqu'à présent, les relevés concernent les plantes vasculaires (depuis 2001), les oiseaux nicheurs (2001) et les papillons diurnes (2003).

Méthode de calcul

Les experts du MBD ont développé pour chaque catégorie d'espèces une méthode de relevé la moins onéreuse possible fournissant des résultats facilement reproductibles et les plus représentatifs possible du kilomètre carré étudié. Les peuplements de plantes vasculaires et de papillons diurnes sont répertoriés sur un transect de 2,5 km de long, lequel suit autant que faire se peut les chemins existants. Le tracé des transects, le nombre des passages effectués (selon le niveau d'altitude, une à deux excursions pour les plantes vasculaires et quatre à sept excursions pour les papillons diurnes) et les intervalles temporels entre les passages sont fixés précisément pour chaque surface d'échantillonnage. Lorsqu'il n'y a pas de chemin, les biologistes de terrain marquent l'itinéraire du transect sur le terrain et le transcrivent sur un plan. Toutes les espèces dont on a constaté la présence sont saisies à l'ordinateur directement sur place. Le niveau de saisie constant sur les transects standardisés permet une bonne reconnaissance des évolutions, même si toutes les espèces présentes sur une surface d'un kilomètre carré ne sont pas trouvées. La méthode a prouvé son efficacité dès les premières années d'exploitation. Ainsi, sur les

quelque 200 espèces de papillons diurnes prises en compte dans le MBD, 189 ont été recensées au moins une fois sur les transects du MBD. Ceci alors même que le MBD ne couvre que 0,3 pour mille de la surface de la Suisse. Ce résultat est à la fois surprenant et réjouissant: la plupart des espèces sont apparemment encore suffisamment répandues pour qu'il ne soit pas nécessaire de recourir à des recherches spéciales pour établir leur présence. L'échantillonnage méthodique de la Suisse réalisé dans le cadre du MBD a permis de répertorier des zones isolées et normalement peu étudiées.

La grille d'échantillonnage rigide du MBD oblige ses collaborateurs à rechercher des papillons diurnes même dans des zones supposées pauvres en espèces. Une espèce était apparemment passée longtemps entre les mailles du filet: le Nacré noirâtre (*Boloria thore*). Cette espèce jusqu'à présent classée rare et fortement menacée a été observée sur 7 pour cent des surfaces alpines du MBD. Grâce à leur représentativité, les données du MBD permettent de constater le degré d'occurrence des espèces et son évolution au cours du temps. Les données du MBD sur les papillons diurnes sont par conséquent un élément important de l'estimation du degré de menace dans la liste rouge.

À la différence d'avec les plantes et les papillons diurnes, les ornithologues ont inventorié les oiseaux nicheurs non pas sur un transect, mais sur l'ensemble de la surface d'échantillonnage et ont dérogé à ce principe uniquement pour des zones inaccessibles. Dans ces cas-là, ils ont répertorié les zones non traitées sur une carte. Les ornithologues parcourent les surfaces d'échantillonnage à une heure matinale durant une période déterminée, et ce, deux à trois fois selon l'altitude. La méthode et les relevés correspondants sont adaptés en fonction du programme de monitoring des oiseaux nicheurs répandus réalisé par la Station ornithologique suisse de Sempach.

Le bureau de coordination du MBD contrôle en permanence la qualité du relevé et de l'évaluation des données brutes. Entre autres mesures, environ dix pour cent des surfaces sont examinés à deux reprises à des fins de contrôle de qualité. La comparaison des résultats permet de déterminer précisément la fiabilité et par conséquent la pertinence des données recueillies.

Pour déterminer l'évolution de la diversité des espèces au cours des 10 dernières années, le MBD utilise des modèles linéaires généralisés et mixtes (GLMM). Les GLMM sont fréquemment utilisés pour le calcul de tendances temporelles, car ils sont extrêmement flexibles et peuvent être adaptés à chaque structure de données. Les GLMM utilisés prennent particulièrement en compte les fluctuations annuelles de la diversité des espèces et l'effet de l'échantillonnage annuel. Les fluctuations annuelles peuvent être par exemple influencées par les conditions météorologiques et refléter de fausses tendances. Le fait que chaque année seul un cinquième des surfaces d'échantillonnage du MBD est visité est également pris en compte par les GLMM. Le MBD ne risque ainsi pas, sur la base de la répartition, de rapporter des progressions ou des reculs erronés.

Informations complémentaires

Personne de contact pour l'indicateur Z7

Matthias Plattner, plattner@hintermannweber.ch, tél. +41 (0)61 717 88 84

Autres indicateurs sur ce thème

> Effectifs d'espèces largement répandues (Z8): données concernant la fréquence des différentes espèces.

> Diversité des biocénoses (Z12): Informations détaillées sur la composition des espèces.

> Diversité des espèces dans les habitats (Z9): Informations détaillées sur la diversité des habitats.

Autres sources d'information

> http://www.vogelwarte.ch. Le site Internet de la Station ornithologique de Sempach contient notamment des informations sur le Monitoring des oiseaux nicheurs répandus et le Swiss Bird Index SBI.

Bibliographie

> OFEV, 2011: Liste des espèces prioritaires au niveau national. Espèces prioritaires pour la conservation au niveau national, état 2010. Série OFEV L'environnement pratique n° 1103. Office fédéral de l'environnement, Berne. 132 p.

> Bühler, C., 2012: Traces du changement climatique dans la végétation? MBD Facts n° 4, Office fédéral de l'environnement, Berne.

> Gonseth, Y.; Wohlgemuth, T.; Sansonnens, B.; Buttler, A., 2001: Les régions biogéographiques de la Suisse – Explications et division standard. Cahier de l'environnement n° 137. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage Berne. 48 pages.

> Knaus, P.; Graf, R.; Guélat, J.; Keller, V.; Schmid, H.; Zbinden, N., 2011: Historischer Brutvogelatlas. Die Verbreitung der Schweizer Brutvögel seit 1950. Atlas historique des oiseaux nicheurs. La répartition des oiseaux nicheurs de Suisse depuis 1950. Station ornithologique suisse de Sempach. 336 p.

> Landolt, E.; Bäumler, B.; Erhardt, A.; Hegg, O.; Klötzli, F.; Lämmler, W.; Nobis, M.; Rudmann-Maurer, K.; Schweingruber, F.H.; Theurillat, J.P., 2010: Flora Indicativa: Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen. Haupt Verlag, Berne, 378 p.

> Nobis, M.; Brose, H., 2013: Différentes évolutions de la diversité végétale. MBD Facts n° 6, Office fédéral de l'environnement, Berne.

> Pearman, P.; Weber, D., 2007: Common species determine richness patterns in biodiversity indicator taxa. Biological Conservation 138: 109–119.

> Roth, T.; Plattner, M.; Amrhein, V., 2014: Plants, Birds and Butterflies: Short-Term Responses of Species Communities to Climate Warming Vary by Taxon and with Altitude. PLoS ONE 9(1): e82490.

> Scherrer, D.; Körner, C., 2011: Topographically controlled thermal-habitat differentiation buffers alpine plant diversity against climate warming. Journal of Biogeography 38: 406–416.

> Van Swaay, C.; Warren, M. (eds.), 2003: Prime Butterfly Areas in Europe. National Reference Centre for Agriculture, Nature and Fisheries, Wageningen (NL). 700 p.

> Wohlgemuth, T.; Nobis, M.P.; Kienast, F.; Plattner, M., 2008: Modelling vascular plant diversity at the landscape scale using systematic samples. Journal of Biogeography 35, 1226–1240.

Ces informations se fondent sur le document allemand 1260_Z7_Basisdaten_2014_v1 du 2 octobre 2015.